

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

DETEKCE PATOGENNÍCH BAKTERIÍ V ODPADNÍCH VODÁCH

Dana Baudišová, Andrea Benáková

Klíčová slova

odpadní voda – patogenní bakterie – koaguláza pozitivní stafylokoky – *Campylobacter* spp. – salmonely – *Listeria monocytogenes*

Souhrn

V surové a biologicky čištěné odpadní vodě z 12 čistíren odpadních vod různých velikostí byly detekovány vybrané patogenní bakterie, které mohou přímo způsobovat onemocnění člověka (*Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., koaguláza pozitivní stafylokoky a *Listeria monocytogenes*). Kromě výše uvedených patogenů byly stanoveny kultivačními metodami indikátory fekálního znečištění (fekální koliformní bakterie, *Escherichia coli* a intestinální enterokoky). Přestože počty patogenních bakterií v odtocích (bez dočištění) nejsou vysoké (maximálně řádově jednotky v ml), většinou byly běžně detekovány. Toto je významné především v případě termotolerantních bakterií rodu *Campylobacter*, kdy k infekci člověka postačuje velmi nízká dávka (řádově stovka ktj). Biologické čištění snižuje jejich počty zhruba o dva řády, což je obdobné jako v případě indikátorů fekálního znečištění.

Úvod

V minulosti již bylo dostatečně prokázáno, že biologické čištění odpadních vod snižuje počty fekálních bakterií zhruba o 2–3 řády, tj. o více než 98 % (Baudišová, 2011). Stanovení bakteriálních indikátorů fekálního znečištění je již v řadě zemí běžnou součástí kontrol odtoků z ČOV a pozornost výzkumu se postupně přesouvá k přímému stanovení patogenních mikroorganismů. Z tohoto úhlu jsou ve světě nejvíce prozkoumání parazitární prvoci, jako jsou např. *Giardia lamblia* a *Cryptosporidium* spp., přičemž bylo zjištěno, že jejich výskyt v odpadních vodách většinou nekoreluje s výskytem indikátorových mikroorganismů (von Bonsdorff et al., 2002; Rose et al., 2004). Výzkumem redukce salmonel se zabývali Koivunen et al. (2003). Zjištěná redukce byla 94–99,9 % (salmonely nebyly detekovány až v objemu 100 ml). Patogenní bakterie rodu *Campylobacter* byly detekovány v surové odpadní vodě v množstvích 10^2 – 10^5 ktj/ml, primární sedimentace snížila jejich počet o více než 78 % (Stelzer et al., 1991). Nejvyšší účinnost jejich redukce byla zjištěna po aktivaci, neboť bakterie rodu *Campylobacter* jsou velmi citlivé na přítomnost kyslíku (jsou mikroaerofilní). Wéry et al. (2009) studovali chování patogenních a indikátorových bakterií v městských čistírnách odpadních vod pomocí kvantitativní polymerázové řetězové reakce (qPCR). Zjistili, že během procesů aktivace přežívají lépe patogeny *Salmonella* spp. a *Campylobacter* spp. než indikátorová bakterie *E. coli*.

Metodika

Byla analyzována surová a biologicky čištěná odpadní voda ve dvanácti čistírnách odpadních vod různých velikostí (od méně než 500 EO po více než 100 000 EO). Čistírny jsou uvedeny anonymně, vzestupně podle velikosti. Byly odebírány prosté vzorky, mikrobiologické analýzy byly provedeny do 18 hodin po odběru. Do celkového hodnocení byly brány výsledky odtoků z biologického stupně, nikoliv po dalším dočištění (pokud existovalo). Zároveň byly vyřazeny výsledky během vysokých průtoků v období jarního tání. Ještě by bylo vhodné uvést, že surová odpadní voda na ČOV 7 je tvořena z 50 % průmyslovými odpadními vodami. U této ČOV byly také výsledky z jednoho odběru vyřazeny – odstávka linky.

Byly stanoveny indikátory fekálního znečištění (fekální koliformní bakterie, *Escherichia coli* a enterokoky) a patogenní bakterie – salmonely, termofilní campylobaktery, koaguláza pozitivní stafylokoky a *Listeria monocytogenes*. Pro doplnění byly stanoveny celkové počty bakterií.

Fekální koliformní bakterie a *E. coli* byly stanoveny metodou podle

ČSN 75 7835 (membránová filtrace, mFC médium 24 hodin při 44 °C, konfirmace na základě β -D-glukuronidázy), enterokoky byly stanoveny metodou podle ČSN EN ISO 7899-2 (membránová filtrace a kultivace na agaru Slanetz-Bartley 48 hodin při 36 °C, konfirmace na žluč aeskulinovém agaru). Metody stanovení patogenních mikroorganismů jsou uvedeny u každého zvlášť (viz „Výsledky stanovení patogenních mikroorganismů“). Celkové počty bakterií byly stanoveny pomocí barvení DAPI (koncentrace pracovního roztoku 1 μ g/ml, inkubace 5 minut ve tmě při teplotě laboratoře). Detekované bakterie pak byly zobrazeny pomocí fluorescenčního mikroskopu Olympus BX41.

Výsledky stanovení celkových počtů bakterií a indikátorů fekálního znečištění

Celkové počty bakterií se v surové odpadní vodě pohybovaly v řádech 10^7 – 10^8 /ml, v biologicky čištěné odpadní vodě to bylo řádově 10^6 /ml. Výsledky stanovení indikátorů fekálního znečištění v odtocích ze studovaných ČOV vod jsou uvedeny v tabulce 1. Je uveden geometrický průměr výsledků, přestože rozdíly mezi jednotlivými odběry nebyly až tak významné (variační koeficient nepřesáhl 100 %). U ČOV 1 snížilo další dočištění (dvě následné stabilizační nádrže) počty fekálních bakterií až na hodnoty méně než 0,01 v ml (tj. méně než 1 ktj ve 100 ml). Z výsledků je patrné, že mikrobiální kontaminace odtoků z biologického čištění na jednotlivých ČOV se významně neliší.

Tabulka 1. Výsledky indikátorů fekálního znečištění fekálních koliformních bakterií (FC), *Escherichia coli* (ECOLI) a enterokoků (ENT) v odtocích z ČOV

| | Počet odběrů | FC (ktj/ml) | ECOLI (ktj/ml) | ENT (ktj/ml) |
|--------|--------------|-------------|----------------|--------------|
| ČOV 1 | 11 | 264 | 179 | 26 |
| ČOV 2 | 6 | 392 | 309 | 68 |
| ČOV 3 | 3 | 208 | 126 | 62 |
| ČOV 4 | 6 | 454 | 339 | 88 |
| ČOV 5 | 2 | 141 | 88 | 27 |
| ČOV 6 | 4 | 188 | 100 | 50 |
| ČOV 7 | 3 | 695 | 422 | 39 |
| ČOV 8 | 3 | 142 | 83 | 36 |
| ČOV 9 | 3 | 323 | 185 | 29 |
| ČOV 10 | 3 | 468 | 323 | 145 |
| ČOV 11 | 2 | 580 | 506 | 70 |
| ČOV 12 | 2 | 434 | 261 | 47 |

Výsledky stanovení patogenních mikroorganismů *Salmonely*

Druhy rodu *Salmonella* jsou gramnegativní, nesporující tyčinky z čeledi *Enterobacteriaceae*. Jedná se o primární střevní patogeny člověka, i když jejich virulence a patogenita může kolísat v širokém rozmezí. Salmonely byly detekovány v objemech 100 a 1 000 ml metodou podle TNV 75 7855 (tato norma dnes již neplatí, od dubna 2011 je nahrazena normou ČSN ISO 19250) zahrnující selektivní pomnožení (modifikované Rappaport Vassiliadisovo médium), kultivaci na XLD (xylose lysin deoxycholátové médium) a BGA (briliant green agar s fenolovou červení) a biochemickou konfirmaci.

Salmonely byly detekovány ve 33 % vzorků odtoků ze studovaných ČOV. Nejednalo se však přímo o *Salmonella* sv. Typhi či *Salmonella* sv. Paratyphi, způsobující tyfus, ale o další sérovary druhu *Salmonella enterica*, které mají nižší patogenní potenciál (oproti *S. Typhi* či *Paratyphi*). Stanovení salmonel ve vodách je poměrně komplikované, zejména vzhledem k vysokému obsahu doprovodné mikroflóry (zejména dalších bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*). Jde o stanovení kvalitativní, v předem daném objemu vzorku vody. Významný pokrok ve stanovení salmonel zatím nepřinesly

ani metody molekulární biologie (zejména polymerázová řetězová reakce – PCR), vzhledem k vysoké mezi detekce – až 1 000 ktj (jak uvádějí např. Cíchová a Prokšová, 2010). Negativní záchyt salmonel ve 100 ml vzorku zaznamenali i Koivunen et al. (2003). Badurová (2011) zkoumala mikrobiální kvalitu odtoků pěti čistíren v Moravskoslezském kraji a pozitivní záchyt salmonel prokázala pouze v necelých 4 % všech vzorků, a to pouze v jednom odběrovém roce, v dalším roce jejich výskyt již nepotvrdila.

Koaguláza pozitivní stafylokoky

Stafylokoky jsou grampozitivní koky tvořící shluky nebo hroznovité útvary. Patogenní kmeny produkují enterotoxin. Nejvýznamnějším patogenem z této skupiny je tzv. „zlatý stafylokok“ – *Staphylococcus aureus*. Je to komenzál kůže sliznic, ale při snížené imunitě může vyvolat hnisavé záněty kůže a orgánů, až vznik smrtelně probíhající sepse. Koaguláza pozitivní stafylokoky jsou problémem především u koupacích vod, kdy dochází k přímému kontaktu stafylokoků a sliznic koupajících se osob. Koaguláza pozitivní stafylokoky byly detekovány kultivací na Baird Parkerově agaru se žlutkem a telluritem (24 hodin při 36 °C), tvorba koagulázy byla ověřována testem s křaličí plazmou. *Staphylococcus aureus* byl konfirmován mikrotěstem Staphytest (Erba Lachema, Brno).

Surová odpadní voda obsahuje podle našich výsledků průměrně desítky až stovky ktj koaguláza pozitivních stafylokoků v 1 ml, biologicky čištěná odpadní voda zhruba o dva řády méně, podrobněji v tabulce 2 (u ČOV 3 a 6 nebyl testován přítok – surová odpadní voda, ČOV 2, 4 a 10 nebyly testovány vůbec). Eliminace koaguláza pozitivních stafylokoků biologickým čištěním se pohybovala od 97,6 % do 99,913 %, s průměrem 99,120 %. *Staphylococcus aureus* tvořil výrazně menší část (méně než 20 %) zachycených koaguláza pozitivních stafylokoků. Dočištění u ČOV 1 (dvě stabilizační nádrže) většinou snížilo počty koaguláza pozitivních stafylokoků až na hodnotu méně než 1 ktj ve 100 ml.

Tabulka 2. Průměrné hodnoty (geometrický průměr) koaguláza pozitivních stafylokoků a termofilních bakterií rodu *Campylobacter* v jednotlivých ČOV

| | Koaguláza pozitivní stafylokoky | | Termotolerantní <i>Campylobacter</i> | |
|--------|---------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| | přítok (ktj/ml) | odtok (ktj/ml) | přítok (ktj/ml) | odtok (ktj/ml) |
| ČOV 1 | 80 | 0,07 | 214 | 0,58 |
| ČOV 2 | – | – | 196 | 4,25 |
| ČOV 3 | – | 0,15 | – | 3,33 |
| ČOV 4 | – | – | 196 | 2,44 |
| ČOV 5 | 138 | 0,65 | 487 | 9,27 |
| ČOV 6 | – | 0,7 | – | 0,5 |
| ČOV 7 | 100 | 0,43 | 637 | 9 |
| ČOV 8 | 125 | 1,95 | 937 | 0,9 |
| ČOV 9 | více než 200 | 6 | 428 | 1,73 |
| ČOV 10 | – | – | více než 500 | 6 |
| ČOV 11 | 150 | 1,35 | – | 4 |
| ČOV 12 | 190 | 0,5 | 755 | 4 |

Termotolerantní bakterie rodu *Campylobacter*

Bakterie rodu *Campylobacter* (původně byly zařazované do rodu *Vibrio*) jsou malé, štíhlé spirálovité gramnegativní tyčky. Termotolerantní bakterie rodu *Campylobacter* jsou jedněmi z nejčastějších původců akutního průjemového onemocnění člověka a jsou jedny z mála bakterií, u kterých jsou v současné době ve vyspělých zemích popsány epidemie z vodního prostředí. Jedním z důvodů je nízká infekční dávka – k infekci člověka stačí stovky bakteriálních buněk (Stelzer et al., 1991).

Termotolerantní campylobacterie byly detekovány po membránové filtraci vzorků a kultivaci na CCDA (*Campylobacter* blood-free agar) médiu v mikroaerofilních podmínkách (24 hodin při 42 °C). Poté byly provedeny konfirmační testy (oxidáza a kataláza) a kmeny byly ověřeny mikroskopicky (fázový kontrast – typický pohyb). Vybrané izoláty byly dále ověřeny metodou fluorescenční in situ hybridizace (FISH), se sondou 5'-GCC CTA AGC GTC CTT CCA-3' (Poppert et al., 2008).

Surová odpadní voda obsahuje podle našich výsledků průměrně stovky ktj termofilních campylobacterů v 1 ml, biologicky čištěná odpadní voda zhruba o dva řády méně, podrobněji v tabulce 2 (u ČOV 3, 6 a 11 nebyl testován přítok – surová odpadní voda). Eliminace termofilních campylobacterů biologickým čištěním se pohybovala od 98,097 do 99,904 %, s průměrem 99,173 %. Dočištění u ČOV 1 (dvě stabilizační nádrže) většinou snížilo počty termotolerantních campylobacterů až na hodnotu méně než 1 ktj ve 100 ml.

Celkově bylo detekováno více termotolerantních campylobacterů než koaguláza pozitivních stafylokoků, a to jak v surové, tak v biologicky čištěné odpadní vodě. Konkrétní výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes je malá, grampozitivní tyčinka, která kolonizuje trávicí trakt člověka. S infekcí si většinou imunitní systém poradí, u oslabe-

ných jedinců se však listerie mohou šířit lymfatickými cestami až do mozku, kde mohou způsobit vážné onemocnění, někdy končící i smrtí. Vybrané potraviny (zejména mléčné výrobky) jsou pravidelně na přítomnost listerií kontrolovány, v současné době se dokonce tvoří standardizovaná norma na stanovení *Listeria monocytogenes* v čistírenských kalech.

Listeria monocytogenes byla stanovena kultivací na Aloa médiu (kultivace 48 hodin při 36 °C) a konfirmací na Rapid L. Mono agaru (Biorad). Analyzovány byly vzorky pouze z ČOV 2, 4 a 10. V surové odpadní vodě (přítok) byla *Listeria monocytogenes* detekována v množství řádově desítky ktj v ml (11, resp. 17 ktj/ml), pozitivní záchyt v odtocích (v objemu 1 ml) byl zaznamenán pouze jednorázově v období určitých technických problémů v souvislosti s táním sněhu.

Závěr

Přestože patogenní bakterie tvoří jenom zanedbatelnou část z celkové počtu bakterií (v surové odpadní vodě to bylo průměrně u koaguláza pozitivních stafylokoků 0,0003 %, u termotolerantních campylobacterů 0,001 %; v biologicky čištěné odpadní vodě 0,0001, resp. 0,0005 %), všechny byly běžně detekovány. V dalších pracích je nutné se zaměřit na zvýšení selektivity a citlivosti používaných metod, včetně zpřesnění identifikace metodami molekulární biologie. Dále by byl žádoucí výzkum výskytu patogenních bakterií v povrchových vodách.

Literatura

- Badurová, J. Mikrobiální znečištění vypouštěných odpadních vod městských čistíren. *VTEI*, 2011, roč. 53, č. 3, s. 17–19, příloha Vodního hospodářství č. 6/2011.
- Baudišová, D. Hygienicky významné mikroorganismy v odpadních vodách. *Vodní hospodářství*, 2011, č. 4, s. 141–143.
- Von Bonsdorff, CH., Maunula, L., Niemi, RM., Rihamhanen-Finne, R., Hänninen, ML., and Lahti, K. Hygienic risk assessment by monitoring pathogens in municipal sewage. *Wat. Sci. Technology: Water Supply*, 2(3), 2002, 23–28.
- Cíchová, M. a Prokšová, M. Použití metody real-time PCR na detekci *Salmonella* sp. v vodách. In 25. kongres Československé společnosti mikrobiologické s mezinárodní účastí. Program a abstrakty. Stará Lesná, Slovensko 15.–19. 9. 2010, eds. Papáková, D. et al., s. 91.
- Koivunen, J., Siitonen, A., and Heinonen-Tanski, H. Elimination of enteric bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units. *Water Research*, 37, 2003, 690–698.
- Poppert, S., Haas, M., Yildiz, T., Alter, T., Bartel, E., Fricke, U., and Essig, A. Identification of thermotolerant *Campylobacter* species by fluorescence *in situ* hybridization. *Journal of Clinical Microbiology*, 46(6), 2008, 2133–2136.
- Rose, JB., Farrah, SR., Harwood, VJ., Levine, AD., Lukasik, J., Menendez, P., and Scott, TM. Reduction of pathogens, indicator bacteria and alternative indicators by wastewater treatment and reclamation processes. Water Environmental Research Foundation, Final Report 2004, IWA Publishing.
- Stelzer, E., Jacob, J., and Schulze, E. Aspects of *Campylobacter* infections. *Zentbl. Mikrobiol.*, 146, 1991, 3–15.
- Wéry, N., Lhoutellier, C., Ducray, F., Delgenes, JP., and Godon, JJ. Behaviour of pathogenic and indicator bacteria during urban wastewater treatment and sludge composting, as revealed by quantitative PCR. 15th Health Related Water Microbiology Symposium, IWA, 31. 5.–5. 6. 2009, Naxos, Greece, p. 144–145.

Připraveno s podporou projektů MZP0002071101 a SP/2e7/229/07.

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Andrea Benáková, Ph.D.
VÚV TGM, v.v.i., Praha
dana_baudišova@vuv.cz, andrea_benakova@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Detection of pathogenic bacteria in waste water (Baudišová, D.; Benáková, A.)

Key words

waste water – pathogenic bacteria – coagulase positive bacteria – *Campylobacter* spp. – *salmonellae* – *Listeria monocytogenes*

Pathogenic bacteria (*Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., coagulase positive staphylococci, and *Listeria monocytogenes*) were detected in waste water in 12 waste water treatment plants of different sizes. Besides pathogens above mentioned, indicators of faecal pollution (faecal coliforms, *E. coli* and enterococci) were detected by cultivation methods. Although the counts of pathogens in treated waste water (without advanced treatment) were not high (maximally units cfu per ml), they were mostly positive detected. This is important mainly in the case of thermotolerant *Campylobacter* sp., because of very low infection dose (in order of hundreds bacteria). Biological treatment decreases the count of pathogens studied by 2 orders on average, which is similar as in the case of indicators of faecal pollution.

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ NUTRIENTŮ NA LABI

Pavel Balvín

Klíčová slova

nutrienty – matematické modelování – fytoplankton – model – Labe

Souhrn

Matematické modelování nutriente, kterým se článek zabývá, zahrnuje dva základní okruhy. Jde o modelování za účelem stanovení plošných a bodových zdrojů znečištění ve vlastním povodí a simulaci koncentrací, které se dostávají do toku, a dále pak o modelování nutriente a s tím spojených biologických procesů ve vlastním toku, využívající naměřené hodnoty, např. v bilančních profilech modelovaného toku a jeho přítoků.

Úkol byl řešen v rámci projektu VaV Antropogenní tlaky na stav půd, vodní zdroje a vodní ekosystémy v české části mezinárodního povodí Labe. Jedním z jeho dílčích úloh byl projekt zaměřený na matematické modelování nutriente na Labi. V počátcích projektu nebylo zcela jasno, zda bude problematika zaměřena na modelování nutriente v povodí, nebo přímo v toku. Další kroky byly tedy spojeny s rozhodovacím procesem, na jakou problematiku se zaměřit a jaký modelový nástroj v konečné fázi vybrat.

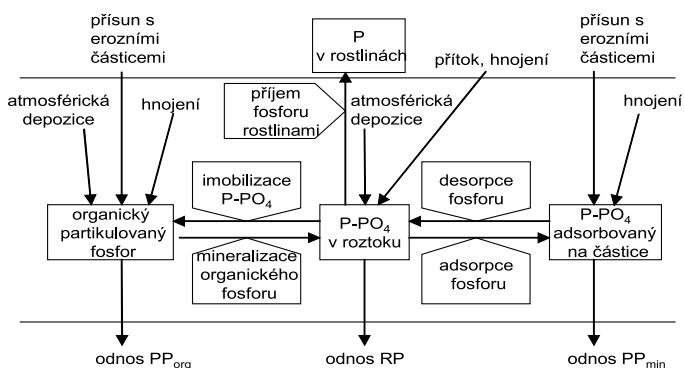
Úvod

Matematické modelování nutriente lze zjednodušeně rozdělit do dvou základních specifických problematik. Za prvé modelování za účelem stanovení plošných a bodových zdrojů znečištění ve vlastním povodí a simulace koncentrací, které se dostávají do toku. Za druhé pak modelování nutriente a s tím spojených biologických procesů ve vlastním toku, využívající naměřené hodnoty, např. v bilančních profilech modelovaného toku a jeho přítoků.

V rámci první jmenované problematiky bylo k těmto účelům v minulých letech použito mnoho modelových nástrojů. V první řadě to byly a jsou jednoduché bilanční modely vycházející především z naměřených dat v posuzovaném povodí. Dalšími modelovými nástroji jsou již podstatně složitější modelové systémy se značným počtem vstupních parametrů, které je nutno kalibrovat. Často to však není možné, jelikož nejsou k dispozici naměřené hodnoty, na nichž by bylo možné kalibraci provést. Použití obou typů modelů má své výhody i úskalí a vždy by se mělo rozhodovat na základě kvantity a kvality přístupných dat použitelných pro vlastní modelování. Bylo by jistě účelnější použít jednodušší bilanční model postavený na reálných měřených datech než složitý modelový nástroj s velkým množstvím vstupních parametrů, které je nakonec nutno „odborně“ odhadnout.

Modelování nutriente a biologických procesů ve vlastním toku je z pohledu uživatele podstatně exaktnější přístup založený obvykle na kombinaci dvou vzájemně propojených modulů, a to hydrodynamického modulu řešícího rychlosti proudění a hloubku vody a modulu kvality vody. Tento typ modelových nástrojů používá jako vstupy hodnoty okamžitých koncentrací v profilech vlastního toku nebo na jeho přítocích a dále pak údaje z klimatických stanic (teplota, radiace, sluneční záření atd.). Tyto vstupy jsou používány jako okrajové podmínky a mohou být získány z přímého měření (monitoring, vzorkovací kampaň), nebo jsou modelovány pomocí první řady modelových nástrojů modelujících procesy v povodí.

V roce 2007 byl započat projekt VaV MŽP ČR SP/2e7/229/07 **Antropogenní tlaky na stav půd, vodní zdroje a vodní ekosystémy v české části mezinárodního povodí Labe**. Jedním z jeho dílčích úkolů byl projekt zaměřený na matematické modelování nutriente na Labi.



Obr. 1. Schéma procesů a zásobníků fosforu simulovaných HSPF v jedné půdní vrstvě sedimentu povodí (modul PHOS)

Cílem této studie bylo vytvořit metodiku hodnocení zdrojů fosforu v povodí s použitím matematického modelování. Navržená metodika se skládala z vyhodnocení ve dvou následných stupních, a to nejprve pomocí relativně jednoduchého bilančního modelu zdrojů, retence a odnosu z povodí v ročním nebo víceletém kroku a následně pomocí dynamického modelu (HSPF) zahrnujícího srážko-odtokový vztah, procesy vyplavování fosforu z půdy a transport v říční síti. Sestavené modely byly použity ve scénářových studiích pro zjištění požadavku na snížení emisí z bodových a plošných zdrojů tak, aby byly dodrženy imisní standardy ve vybraných profilech říční sítě. Hodnocení bylo provedeno pro povodí dvou významných přítoků Vltavy – povodí Sázavy a Lužnice.

Výběr přístupu a vhodného modelového nástroje

Bylo nutno vycházet z dosavadních komplexních zkušeností v rámci ČR a rešerše zahraniční a tuzemské literatury. V rámci České republiky zde byly již zkušenosti z předchozích projektů – např. úkolu MZE ČR, který se zabýval problematikou fosforu v tocích povodí Sázavy a Lužnice a jeho zdrojů v období 1996–2004 [1].

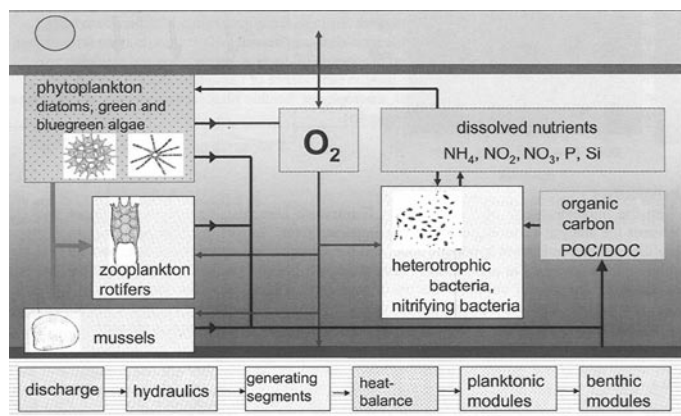
V rámci matematického modelování zde byl použit dynamický model HSPF [2], který je koncepční srážko-odtokový model s moduly umožňujícími simulaci odnosu látek z povodí a jejich přeměny v říční síti v pravidelném časovém intervalu (minuty až měsíce). Simulace probíhá v definovaných částech povodí a úsecích říční sítě, které sdružují oblasti s podobnými vlastnostmi a klimatickými podmínkami.

Pro účely modelu HSPF bylo použito rozdělení povodí Sázavy a Lužnice do subpovodí. Do modelu byly zapojeny moduly pro vodní bilanci propustných a nepropustných sedimentů (PWATER a IWATER), sněhovou pokrývku (SNOW), vlhkost v půdních horizontech (MSTL), odnos erozních částic (SEDMNT, SOLIDS) a odnos fosforu z povodí (PHOS – obr. 1). Říční síť byla v každém subpovodí rozdělena do dvou segmentů. První, horní představovaly potoky 1.–3. řádu podle Strahlera, druhý pak hlavní toky vyšších řádů. V segmentech říční sítě pracoval model HSPF s moduly transformace průtoku (HYDR), advekce simulovaných unášených látek (ADCALC), transportu erozních částic (SEDTRN), přeměny živin (NUTRX) a růstu fytoplanktonu (PLANK).

Z uvedených informací je patrné, že na simulacích se v rámci modelu HSPF podílí velké množství modulů a v rámci těchto modulů velké množství parametrů. Jejich velká otevřenost, ale zároveň komplexní složitost modelu nakonec vedly k tomu, že bylo od aplikace modelu, ale i přístupu z hlediska modelování nutriente v rámci procesů v povodí upuštěno. Posledním faktem bylo i rozhodnutí soustředit se v rámci projektu na modelování fytoplanktonu v samotném toku, což nasměrovalo i další rozhodovací proces.

S modelováním nutriente a fytoplanktonu v samotném toku byly v té době v ČR minimální zkušenosti [1]. Úsilí pro nalezení možného modelového nástroje se tedy soustředilo na analýzu zahraničních publikací se zaměřením na Evropu [3]. Výsledky zaujal simulační model Gerris a jeho kvalitativní modul Qsim (obr. 2), který byl vyvinut ve Spolkové republice Německo ve Federálním hydrologickém institutu se sídlem v Koblenzi [10]. V podmínkách SRN je model velmi úspěšně používán, a to především na všech splavněných tocích.

Matematický model Gerris je používán jako nástroj pro předpověď dynamického vývoje nutriente a fytoplanktonu ve vodních tocích. Model je založen na těsném propojení 1D hydrodynamického matematického modulu (Hydrax) řešícího základní hydraulické parametry ve vodním toku a kvalitativního modulu (Qsim) řešícího kvalitativní otázky, jako jsou kyslík, rozvoj fytoplanktonu, zooplanktonu a biologické procesy na dně koryta toku. Model je vhodný pro simulaci v jednoduchých, ne příliš členitých korytech a je schopen provádět simulaci v rozsahu komplikované říční sítě, kde se vyskytují různé proudové poměry. Jako základní výstupy poskytuje model



Obr. 2. Výpočetní struktura matematického modelu Qsim [10]

koncentraci nutrientů v jednotlivých příčných profilech říční sítě a biologickou variabilitu (biomasy řas) řešenou v komplexním říčním kontinuu.

Model byl a je vyvíjen pro potřeby Ministerstva dopravy SRN za účelem posouzení kvality vod v říčních úsecích, které jsou vzduťe vlivem výstavby hydrotechnických děl. V současné době je model používán na všech vodních cestách SRN. Současná verze Qsim 12.41 je výsledkem 25 let trvajícího vývoje a zkušeností z numerických aplikací z různých říčních systémů v Německu. Vývoj modelu pro potřeby v praxi garantuje jeho použitelnost i v podmínkách České republiky.

Jako finální modelový nástroj pro modelování byl vybrán matematický model Gerris (Qsim).

Model Gerris a jeho vstupy

Model Gerris [10] je založen na těsném propojení 1D hydrodynamického matematického modulu (Hydrax) řešícího základní hydraulické parametry ve vodním toku a kvalitativního modulu (Qsim). Pokud se pracuje s takto koncepčním modelem, jsou jako první vstupy požadovány příčné profily pro sestavení morfologie koryta.

Profily se zadávají formou souřadnicového systému: x (staničení), y (nadmořská výška). Do modelu je možno importovat situační mapové podklady, příčné profily však nelze zadávat v souřadném systému (např. JTSK). Vodní tok je možno rozdělit na nezávislé úseky nebo je propojit do vzájemně fungujících kaskád. V tom případě je nutno mít k dispozici údaje o jezových objektech a jednotlivé úseky vzájemně provázat pomocí nástrojů, které model nabízí. Vzhledem k tomu, že model byl vyvinut pro potřeby německých vodních cest, je možno do příčných profilů vkládat i geometrické parametry výhonů a následně za nimi pomocí modulu Qsim řešit biologické procesy. Na splavněných vodních tocích v ČR se však výhony vyskytují velice řídko a modelování biologických procesů za výhony nemá v současné době opodstatnění. V podstatě se jedná o klasickou přípravu dat pro 1D modelování známé např. ze studií odtokových poměrů.

Dalším krokem je vložení hydrologických okrajových podmínek – horní okrajová podmínka má formu zadaného průtoku a dolní okrajová podmínka formu úrovně hladiny pro zadaný průtok. Jelikož model řeší problematiku nutrientů v časovém horizontu, je nutné zadávat okrajové podmínky formou časových řad pro neustálé proudění. V případě, že je posuzovaný úsek definovaný kaskádou, což znamená, že je řešena soustava jezových zdřzí, pak je nutné zadávat dolní a horní okrajové podmínky formou časových řad pro každou kaskádu zvlášť.

Přítoky lze zadávat formou dalších okrajových podmínek, a to buď jako další časové řady, nebo konstantní hodnoty průtoku v čase (ČOV), pokud nejsou pro daný přítok nebo bodový zdroj časové řady k dispozici. Přítok je tedy v modelu definován jako další okrajová podmínka.

Pro potřeby modelu Qsim je nutno vložit data ze srážkoměrných stanic, které se většinou zadávají jako průměrné denní hodnoty. Jedná se např. o srážkové úhrny, globální radiaci, maximální teplotu vzduchu, minimální teplotu vzduchu, relativní vlhkost, rychlost větru, oblačnost, druh oblačnosti.

Z hlediska vstupů pro modelování kvality vody poskytuje model velké množství vstupních parametrů, které se zadávají jako okrajové podmínky nebo jako bilanční hodnoty v kontrolních profilech posuzovaného toku. Širokou škálu vstupních parametrů není nutno zadávat v plném rozsahu. Model předpokládá absenci některých vstupních parametrů, které si dopočítá sám.

Vstupní data pro kvalitativní část modelu jsou uvedena v *tabulce 1*.

Posuzovaný úsek Labe a dosavadní výsledky

Již od počátku bylo jasné, že posuzovaným tokem bude splavněný úsek Labe. Jelikož projekt byl řešen v těsné spolupráci s Federálním hydrologickým ústavem (BFG) v Koblenzi, bylo využito dosavadních zkušeností a výsledků. V předchozích projektech, které již proběhly na německé straně, byl zpracován a modelován úsek českého Labe v úseku Hřensko–Obříství se vstupními hydrologickými a kvalitativními daty pro rok 2003. Z tohoto důvodu byl využit již sestavený model a okrajové podmínky a dále bylo



Obr. 3. Přidaný úsek českého Labe v úseku Obříství–Srnojedy

Tabulka 1. Přehled vstupních parametrů modulu Qsim

| | |
|---------------------------|--|
| BSK ₅ (mg/l) | Si (mg/l) |
| CHSK (mg/l) | Chlorofyl-a (mg/l) |
| NH ₄ -N (mg/l) | Podíl rozsvívek |
| NO ₂ -N (mg/l) | pH |
| NO ₃ -N (mg/l) | m (mmol/l) |
| Ca (mg/l) | Heterotrofní nanobičkovec (jedinců/100 ml) |
| Nitrosomonas (mg/l) | Vodivost (μS/cm) |
| Nitrobakterie (mg/l) | Teplota vody |
| Rozpuštěný fosfor (mg/l) | Kyslík (mg/l) |
| P – celkový fosfor (mg/l) | Biomasa (mg/l) |

rozhodnuto prodloužit model z profilu Obříství až k profilu Srnojedy (*obr. 3*). Tento splavněný úsek se vyznačuje velkým počtem zdymadel, ale také přítoky (Jizera, Mrlina, Cidlina), které mohou hrát v modelování fytoplanktonu důležitou roli. Scénář roku 2003 má úskalí v podobě extrémně suchého roku s výskytem zimní povodně. Nicméně i přes tyto specifické podmínky doprovázené extrémem bylo rozhodnuto, že startovní výpočty budou provedeny pro rok 2003, jelikož značná část německého úseku Labe již byla pro tento scénář spočítána.

Výpočetní scénář pro rok 2003 byl sestaven v rozsahu od plavebního stupně Srnojedy až po profil Geest v Německu. Celý modelovaný úsek činí na české části Labe cca 243 ř. km a na německé cca 585 ř. km. Celkem bylo modelováno 828 ř. km na Labi. Model byl sestaven z jednotlivých příčných profilů, které byly na české straně získány od podniku Povodí Labe, s.p., které provedlo jejich vyřezání z digitálního modelu terénu (DMT). Digitální model terénu byl získán na základě ultrazvukového snímání dna toku, doplňujícího geodetického měření a mapových podkladů Zabaged. Vzhledem k tomu, že pro model jsou potřeba pouze příčné profily vlastního koryta toku a nikoliv jeho inundačního území, můžeme konstatovat, že získaná data mají vysokou přesnost. Příčné profily byly získány včetně jejich připojení na JTSK, ale použitý model neumí těchto formací v současné době ještě využít.

Hustota příčných profilů byla zvolena s ohledem na proměnlivost koryta toku v posuzovaném úseku. Vzhledem k tomu, že jde o splavněný úsek toku a proměnlivost morfologie koryta (šířka, hloubka, sklon svahů koryta) je v globálním měřítku minimální, byly příčné profily z DMT vyřezány po 500 metrech. Při výpočtech se tato hustota ukázala jako zcela dostačující.

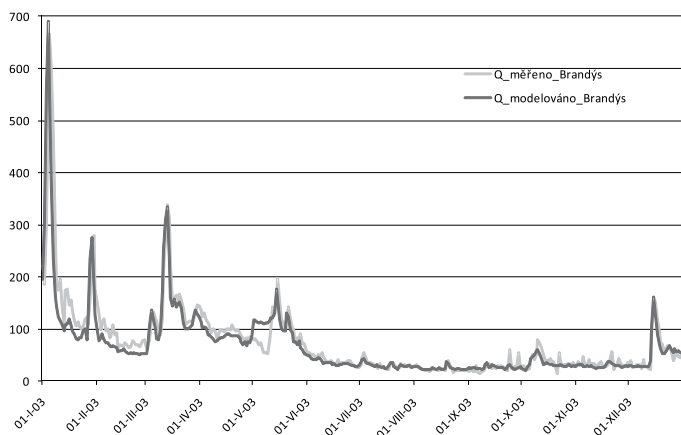
Pro potřeby sestavení základní geometrie modelu v úseku Srnojedy–Geest bylo použito cca 1 700 příčných profilů. Německý úsek Labe je charakteristický výskytem příčných staveb, tzv. výhonů. Z důvodu výskytu výhonů na německém úseku Labe byla ve vlastním softwaru použita funkce umožňující výpočet biologických procesů za výhony.

Celý úsek byl v modelu definován jako vzájemně propojená a na sebe navazující kaskáda zdymadel. V celém posuzovaném úseku je celkem 26 zdymadel, z toho 23 na českém úseku Labe. Detailní popis jednotlivých zdymadel by proveden v dílčí zprávě za rok 2009. Pro jednotlivé jezové objekty bylo nutno získat časové řady za rok 2003 pro průtok a úroveň hladiny těsně nad jezem a těsně pod ním.

Zhodnocení dosavadních výsledků

Dosavadní výsledky matematického modelování nutrientů na Labi v úseku Srnojedy–Geest prokázaly oprávněnost použití matematického modelu Gerris. První fáze vyhodnocení výsledků se soustředila na kontrolu výstupů z hydrodynamického modulu Hydrax, který provádí veškeré výpočty týkající se hydrauliky v otevřených korytech. Tyto výpočty pak slouží jako podklad pro vstupy do modulu Qsim řešící biologické procesy. Výběr modelového nástroje a celkového přístupu se ukázal jako vhodný. Model funguje spolehlivě a i přes obrovskou délku modelovaného úseku – cca 800 ř. km – nedochází k nestabilitě výpočtu. Celková délka doby simulace činí cca 20 hodin. Model je uživatelsky přijatelný, nicméně byly nalezeny určité nevýhody. Nevýhodou modelu je jeho německé prostředí, které může vytvářet problémy pro běžné anglicky hovořící uživatele. Důvodem je nekomerční charakter modelu, který je používán pouze v Německu. Tato nevýhoda je nicméně odstraňována a v průběhu řešení projektu byl zpracován uživatelský a referenční manuál v anglickém jazyce.

Kontrola namodelovaných výsledků se soustředila na dva základní parametry, a to průtok a dobu dotoku mezi jednotlivými úseky. Porovnání naměřeného a namodelovaného průtoku v profilu Brandýs nad Labem je zobrazeno na *obr. 4*. Z grafu vyplývá uspokojivá shoda, a to především v období značného sucha květen–říjen 2003. Vyhodnocení doby dotoku provázela zpočátku nejistota. Například namodelovaná doba dotoku v úseku Srnojedy–Obříství činila 18 dní. Tato hodnota byla zpočátku považována za značně nadhodnocenou, ale konfrontace s již provedenými výpočty ukázala správnost dosažených hodnot. Namodelované doby dotoku byly např. konfrontovány s výpočty, které provedl Mattas ve své studii v roce 1996 [12]. Důvodem pro takto vysoké dotokové doby byly malé průtoky v období sucha, které se pohybovaly v rozmezí $Q_{355}-Q_{330}$. Vzhledem k tomu,



Obr. 4. Porovnání měřených a modelovaných hodnot průtoku v profilu Brandýs nad Labem

že pro simulaci byly použity aktuální manipulace s hladinou vody na jezích poskytnuté podnikem Povodí Labe, s.p., je možno považovat výsledky modulu Hydrax za velice uspokojivé. Scénář pro rok 2003 je z hlediska hydrodynamiky považován za validovaný.

Dalším krokem k vyhodnocení dosažených výsledků bylo porovnání naměřených a modelovaných hodnot biologických parametrů, a to v jednotlivých bilančních profilech. Jako jeden z možných profilů byl vybrán Brandýs nad Labem, kde lze dosažené výsledky dobře okomentovat.

Porovnání naměřených a modelovaných hodnot chlorofylu-a v profilu Brandýs nad Labem je zobrazeno na obr. 5. Z grafu lze jednoznačně odvodit, že namodelované hodnoty chlorofylu-a jsou značně vysoké oproti skutečně dosaženým, a to především v letních měsících, tedy v období extrémního sucha. Tuto skutečnost lze vysvětlit několika důvody.

Za prvé, vybraný scénář v roce 2003 vykazoval značné extrémy z hlediska hydrologie, jako je zimní povodeň a následně extrémní sucho v letních a podzimních měsících. Za druhé, horní část modelovaného úseku středního Labe Obříství–Srnojedy je charakteristická častým výskytem zřymadel (cca 17 jezů na 100 ř. km) s velkou výškou vzdutí. Zde je nutno se domnívat, že v letních měsících se v tomto úseku vytvořila teplotní stratifikace, která značně ovlivnila výsledky. Tato domněnka bude dále zkoumána. Dalším krokem bude rovněž přehodnocení vstupních parametrů (koeficientů), které hrají důležitou roli při kvalitativních výpočtech modulu Qsim. Tyto parametry pravděpodobně nekorespondují s biologickými procesy v takto vzdutém úseku Labe. Obrázek 6 dále zobrazuje namodelované hodnoty chlorofylu-a a $PO_4\text{-P}$ v podélném profilu celého modelovaného úseku Srnojedy–Geest. Hraniční profil mezi ČR a SRN představuje nula ř. km na vodorovné ose. Hodnoty chlorofylu-a a $PO_4\text{-P}$ vykazují vzájemně logický soulad, ale nelze je ze zmíněných důvodů považovat za validované.

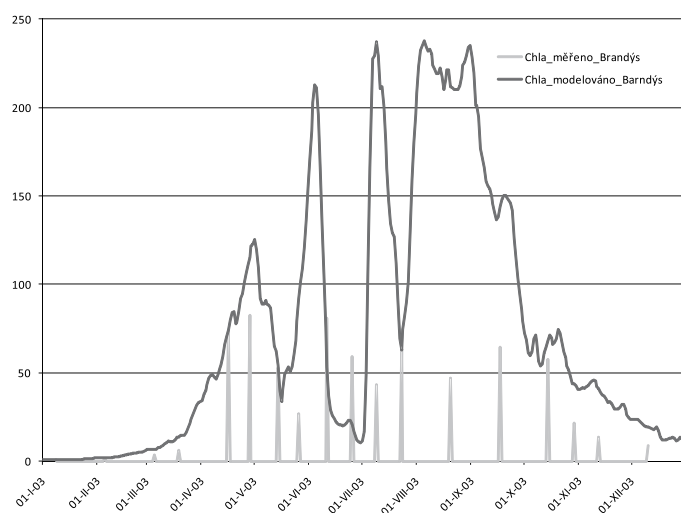
Závěry

Kvalitativní výstupy tedy dosud nelze považovat za validované, a to především v letních měsících, kdy jsou rozdíly v naměřených a modelovaných hodnotách nejvíce patrné.

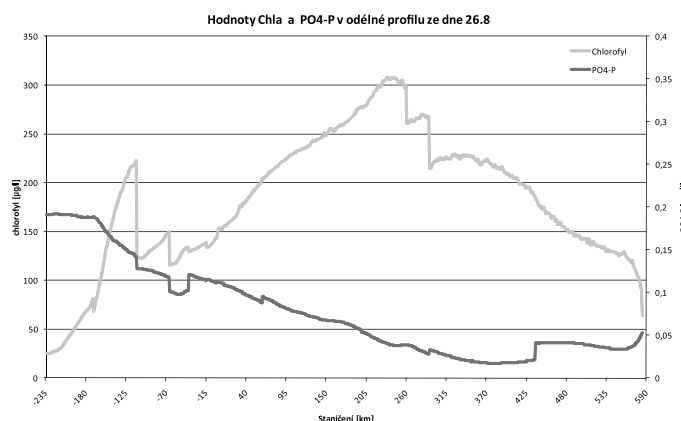
Další aktivity se v rámci výzkumu soustředí na novou parametrizaci vstupních koeficientů a výpočty pro jiné roční scénáře, např. rok 2009, který nevykazoval takové hydrologické extrémy jako rok 2003 a kdy byla rovněž provedena rozsáhlá vzorkovací kampaň za účelem získání kvalitních vstupních dat pro jednotlivé bilanční profily.

Literatura

- [1] Hejzlar, J., Turek, J., a Žaloudík, J. (2006) Fosfor v tocích povodí Sázavy a Lužnice a jeho zdroje v období 1996–2004. Výzkumná zpráva, České Budějovice.
- [2] Bicknell, BR., Imhoff, JC., Kittle, JL. Jr., Jobes, TH., and Donigan, AS. Jr. (2000) Hydrological Simulation Program – Fortran User's Manual For Release 12. AQUA TERRA Consultants, California, in cooperation with U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, and U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- [3] Gold, A. (2006) Septic tanks – Review of research into nutrient release from autonomous sewage treatment systems. *SCOPE Newsletter*, 63, 1–6.
- [4] Chapra, SC. (1975) Comment on 'An empirical method of estimating the retention of phosphorus in lakes', by W. B. Kirchner and P. J. Dillon. *Water Resour. Res.*, 2, 1033–1034.
- [5] Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. (1970) River flow forecasting through conceptual models, part I – A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 3, 282–290.
- [6] Kopáček, J., Procházková, L., Hejzlar, J., and Blažka, P. (1997) Trends and seasonal patterns of bulk deposition of nutrients in the Czech Republic. *Atmospheric Environment*, 31, 797–808.
- [7] Reynolds, CS. (1984) *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press.



Obr. 5. Porovnání měřených a modelovaných hodnot chlorofylu-a v profilu Brandýs nad Labem



Obr. 6. Porovnání modelovaných hodnot chlorofylu-a a $PO_4\text{-P}$ v podélném profilu posuzovaného úseku Srnojedy–Geest

- [8] Rothschein, J., Zelinka, M. a Helan, J. (1983) Kolobeh fosforu a ryby vo vodárenských nádržiach. *Vodní hospodářství*, B33, 9–11.
- [9] Turek, J., Hejzlar, J. a Jarošík, J. (2006) Modelování kvality vody v povodí vodárenské nádrže Římov pomocí HSPF: propojení s modelem nádrže CE-QUAL-W2. In Kalousková, N. a Dolejš, P. (eds) *Sborník konference Pitná voda 2006*, 5.–6. 6. 2006, Tábor. České Budějovice: W&ET Team, s. 354–351, ISBN 80-239-71113-1.
- [10] Becker, A., Hardenbicker, P., and Fischer, H. (2011) Impacts of climate change on nutrient and phytoplankton dynamics in navigable rivers, project Kliwas, Koblenz.
- [11] Fischer, H., Kirchesch, V., Quiel, K., Becker, A., and Schöl, A. (2007) *Phytoplankton development in rivers: the role of nutrients in a light-limited system*. Kompetenzzentrum Wasser Berlin Publication Series, 1.2004 ff., Volume 9.
- [12] Mattas, D. *Odhad dob dotoku v českém úseku Labe*. VTEI, 1996.

Ing. Pavel Balvín
VÚV TGM, v.v.i., Praha
pavel_balvin@vuv.cz
Příspěvek posel lektorským řízením.

Mathematical modeling of nutrients in the Elbe (Labe) River (Balvín, P.)

Key words

nutrients – mathematical modeling – phytoplankton – model – Elbe

Mathematical modeling of nutrients can be simply divided into two specific issues. First type of the modeling is determination of the area and point sources of pollution in its own basin and then simulation of concentrations which get into the streams. Second type of modeling of nutrients and related biological processes in their own flow is using measurements in balance profiles of modelled streams and their tributaries.

NĚKTERÉ ZDROJE KONTAMINACE VODNÍHO PROSTŘEDÍ ALKYLFENOLOVÝMI LÁTKAMI A BISFENOLEM A

Petr Lochovský, Danica Pospíchalová

Klíčová slova

alkylfenolové látky – bisfenol A – neiontové tenzidy – endokrinní disruptory

Souhrn

Alkylfenolové látky a bisfenol A patří k endokrinním disruptorům s negativním dopadem na životní prostředí. V důsledku nejméně padesátileté aplikace v různých průmyslových odvětvích i v domácnostech lze tyto látky v současné době identifikovat prakticky ve všech jeho složkách. Za hlavní zdroje kontaminace vodního prostředí jsou považovány odtoky z průmyslových a komunálních čistíren odpadních vod, vedle těchto zdrojů se však na celkové zátěži podílí i transport atmosférickou cestou. Práce se zabývá sledováním výskytu alkylfenolových látek a bisfenolu A ve vodách a sedimentech vybraných potoků na území Prahy (Botič a Rokytky) za odlišných srážko-odtokových situací a také vod srážkových (srážkové vody, odtoky ze střech, sněh). Výsledky analýz ukazují na relativně vysoký obsah 4-nonylfenolu ve srážkových vodách (55–410 ng/l), přičemž nálezy v zimním období byly obecně vyšší než v období letním. Potoky Botič a Rokytky vykazovaly v porovnání s Vltavou pouze nevýznamně zvýšené koncentrace sledovaných látek. Při vyšších průtocích vody obecně docházelo k poklesu koncentračních nálezů ve vodní fázi.

Úvod

Průmyslově používané alkylfenoly – 4-nonylfenol (NP), 4-*terc*-oktylfenol (OP) a bisfenol A (BP-A) patří z ekologického hlediska ke xenobiotikům s toxickým a zejména estrogenním účinkem. Podle současné legislativy (příloha X Rámcové směrnice 60/2000 EU, nařízení vlády č. 23/2011 Sb. a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES – Normy environmentální kvality v oblasti vodní politiky) jsou OP a NP řazeny do skupiny prioritních látek, NP pak dále do podskupiny prioritních nebezpečných látek a byly pro ně stanoveny příslušné koncentrační limity (Lochovský a Pospíchalová, 2009). Pro BP-A byla v ČR (na základě nařízení vlády č. 23/2011 Sb.) nově stanovena nejvyšší přípustná průměrná koncentrační hodnota pro povrchové vody 35 µg/l.

Nejvýznamnější zdroj kontaminace vodního prostředí alkylfenoly představuje degradace alkylfenolpolyethoxylátů, které jsou široce používány jako levné a velmi účinné neiontové tenzidy. Při degradaci těchto látek vznikají vedle samotných alkylfenolů i jejich jednoduché ethoxyláty, které mají z ekologického hlediska podobné vlastnosti jako alkylfenoly (Johnson et al., 2005; Nakada et al., 2006). Na čistírny odpadních vod přichází kanalizační směs polyethoxylátů společně s alkylfenoly, které vznikají již v kanalizační síti jejich degradací. V čistírně odpadních vod dochází k odbourání vyšších polyethoxylátů za vzniku alkylfenolů, jednoduchých ethoxylátů s jednou a dvěma ethoxy skupinami a oxidačních produktů karboxylátů, přičemž dochází nejenom k oxidaci ethoxylovoého řetězce, nýbrž i řetězce alkylovoého (Langford et al., 2005). Z údajů o koncentraci samotných alkylfenolů na vstupu a výstupu čistírny není tudíž možno odhadnout účinnost jejich odstranění v průběhu čistírenského procesu. Podle literárních údajů se účinnost čistírenského procesu pro alkylfenolové látky u jednotlivých čistíren značně liší a v průměru se pohybuje v rozmezí 50–95 % (Wettstein, 2004). Kromě podílu alkylfenolových látek, které se v průběhu čistírenského procesu přímo mineralizují, se značná část zachytí v čistírenském kalu a menší podíl se dostává dále do recipientu. V důsledku svých fyzikálně-chemických vlastností (nízká rozpustnost ve vodě, hydrofobní vlastnosti) se alkylfenoly a jejich jednoduché ethoxyláty kumulují v říčních sedimentech (zejména v sedimentech s vysokým obsahem organické hmoty), kde mohou setrávat po značně dlouhou dobu, neboť pro jejich další degradaci je nezbytné aerobní prostředí. V anaerobním prostředí říčních či jezerních sedimentů je stabilita alkylfenolů značně vysoká (Shang et al., 1999). Autoři zjistili, že poločas rozpadu v tomto prostředí je delší než 60 let. Výskyt alkylfenolů v životním prostředí značně koreluje v důsledku výlučně syntetického původu těchto látek s antropogenními činnostmi, jako jsou nakládání s odpadními vodami, skládky, využívání kalu v zemědělství apod. Negativní dopad těchto látek se ve vodním prostředí projevuje růstem počtu samičích organismů v akvatických společenstvech, sníženou plodností samičí části populace a problémy při přežívání juvenilních organismů (Lee a Lee, 1996; White et al., 1994). V důsledku těchto poznatků a skutečností bylo jejich používání v EU, včetně ČR, radikálně omezeno (Lochovský a Pospíchalová,

2009). V roce 2008 byl ve skandinávských zemích proveden rozsáhlý průzkum zaměřený na sledování zdrojů kontaminace vodního prostředí alkylfenolovými látkami z finálních výrobků používaných obyvatelstvem (Hansson et al., 2008). Na základě uvedeného průzkumu bylo zjištěno, že hlavním zdrojem alkylfenolových látek z finálních výrobků jsou v současné době, vedle čistících prostředků, výrobky textilní. Jedná se zejména o ty, které jsou importované z mimoevropských zemí, kde doposud neplatí omezení pro aplikaci uvedených látek. Přestože na základě různých legislativních opatření a dobrovolných dohod lze obecně pozorovat pokles kontaminace vodního prostředí těmito látkami, je jejich přítomnost prokazatelná prakticky ve všech složkách životního prostředí. V posledních letech se (z hlediska dopadu na lidské zdraví) příkládá značný význam kontaminaci prachu a prašných částic cizorodými látkami. Jak v dopravních prostředcích, tak v kancelářích a domácnostech byly mezi jiným prokázány i relativně vysoké koncentrace alkylfenolových látek (Scharf, 2004).

Lochovský a Pospíchalová (2010) sledovali vliv pražské aglomerace na kontaminaci vody a říčních sedimentů Vltavy alkylfenolovými látkami. Autoři v práci konstatují, že vliv pražské čistírny odpadních vod se na kontaminaci vodního prostředí sice projevuje, avšak je relativně malý a je prokazatelný prakticky jen v oblasti mísicí zóny na odtoku z čistírny. Určitou (pozadovou) zátěž říčních sedimentů alkylfenolovými látkami na koncentrační úrovni kolem 500 µg/kg NP a 5 µg/kg OP bylo však možno pozorovat již na horním úseku Prahy v Modřanech (Lochovský a Pospíchalová, 2010). Rovněž v sedimentech přehradní nádrže Vrané n. Vltavou byla zjištěna jejich přítomnost na koncentrační úrovni 200 µg/kg NP a 5 µg/kg OP. Výskyt uvedených látek i v antropogenně nekontaminovaných oblastech poukazuje na možnost kontaminace atmosférickou cestou. Transportem nonylfenolových látek atmosférickou cestou se zabývali (Nelson et al., 1998). Na základě hodnoty tenze páry 0,1 Pa (při 25 °C) lze 4-nonylfenol řadit ke středně těkavým látkám. Henryho konstanta (poměr rovnovážné koncentrace v plynné a kapalné fázi) má pro 4-nonylfenol při uvedené teplotě hodnotu 3,5 Pa.m³/mol, lze tedy očekávat určitý podíl 4-nonylfenolu i v plynné fázi. (Dachs et al., 1999; Van Ry et al., 2000) stanovili 4-nonylfenol v atmosféře v koncentračním rozmezí 0,0081–0,0253 µg/m³. Jeho původ autoři předpokládali jako důsledek výparu z vodních ploch nacházejících se v bezprostředním okolí. Poločas rozpadu v atmosféře je však podle odhadu autorů kratší než jeden den. V Německu se analýzou srážkové vody v oblastech městských aglomerací a zemědělsky využívaných ploch zabývali Fries a Püttmann (2004). Autoři prokázali ve všech sledovaných vzorcích srážkové vody přítomnost 4-nonylfenolu s průměrnou koncentrační hodnotou 0,253 µg/l. Podobné koncentrace byly zjištěny i v čerstvě napadaném sněhu s tím, že v oblastech městských aglomerací byly nálezy vyšší než na venkově.

Cílem této práce bylo prověřit znečištění větších pražských potoků (Botič, Rokytky), které protékají rozsáhlou komunální i průmyslovou aglomerací Prahy, z hlediska výskytu alkylfenolových látek a BP-A. Sledování byla prováděna ve vodní fázi za různých srážko-odtokových poměrů a v jemných říčních sedimentech. Paralelně byly analyzovány i vzorky srážkových vod.

Experimentální část

Odběry vzorků

Vzorky povrchové vody byly odebrány do jedolitrových skleněných vzorkovnic z tmavého skla pomocí ručního vzorkovače a stabilizovány přidávkou 1,5 ml koncentrované kyseliny sírové na litr roztoku. Vzorky srážkové vody a sněhu byly odebrány do plochého skleněného akvária, z něhož byly po srážkové události převedeny do skleněných vzorkovnic z tmavého skla, obdobně jako při odběru vody povrchové. Vzorky vody ze střešních ploch byly odebrány z okapové roury přímo do jedolitrových skleněných vzorkovnic z tmavého skla.

Jemný sedimentový materiál byl odebrán z příbřežní oblasti sledovaných potoků pomocí vzorkovače na teleskopické tyči z plochy několika m². Dílčí vzorky odebraného materiálu byly v místě odběru zhomogenizovány v pětilitrové skleněné nádobě a získaný materiál byl poté převeden do aluminiových vzorkovnic. Odběrová místa povrchové vody, říčních sedimentů a vody srážkové jsou zobrazena na mapě na obr. 1.

Vzorky povrchové vody byly odebrány v koncových profilech uvedených toků v místech, kde jsou lokalizována limnigrafická zařízení (Botič: Praha-Nusle, Sekaninova ulice – říční km 1,5; Rokytky: náměstí dr. Holého – říční km 0,27). Vzorky srážkové vody byly odebrány na lokalitách Praha-Nusle (vedle Nuselského mostu) a v Liboci poblíž lokality Divoká Šárka. Na stejných místech byly v zimním období odebrány i vzorky čerstvě napadaného sněhu. V tabulce 1 jsou uvedeny časové termíny jednotlivých odběrů povrchové vody, sedimentů a vody srážkové. U odběrů povrchové vody byla vždy zaznamenána aktuální výška její hladiny v koncovém profilu potoka. V časovém úseku 7.–10. 1. 2011 se podařilo zachytit větší srážko-odtokovou situaci v důsledku intenzivního tání sněhu v povodí. Jemný sedimentový materiál byl odebrán celkem dvakrát v koncových profilech Botiče a Rokytky v místech jeho přirozené kumulace (listopad 2010 a březen 2011).

Stručný popis sledovaných vodních toků

Botič

Potok v povodí dolní Vltavy, protéká územím Středočeského kraje a Hlavního města Prahy, je jedním z nejdelších pražských potoků (délka 34,5 km, z toho 21 km na území Prahy). Plocha povodí je 134,85 km² a průměrný průtok činí 0,44 m³/s. Botič je (kromě Berounky) největším pražským přítokem Vltavy. Pramení jihovýchodně od Prahy blízko obce Čenětice a do Vltavy se vlévá u železničního mostu na Výtoni. Do Botiče vtéká množství potoků a menších vodotečí, k významnějším patří Pruhonický, Chodovecký, Měcholupský, Milíčovský, Pitkovický a Slatinský potok. Na toku je kromě několika menších rybníků vybudována Hostivařská přehrada (1959–1962), která je využívána převážně pro rekreaci. Koryto je v horní části v přírodním stavu (vyjma opevněných částí při průtoku některými obcemi). Ve střední části, pod Hostivařskou přehradou, má Botič podobu přirozeně meandrujícího toku s řadou tůní. Dolní část toku je silně ovlivněna zástavbou a koryto potoka je v této části souvisle upraveno a opevněno. Při větších srážko-odtokových situacích je tok Botiče negativně ovlivňován vodami z odlehčovacích komor (zejména z oblasti Hostivaře).

Rokytky

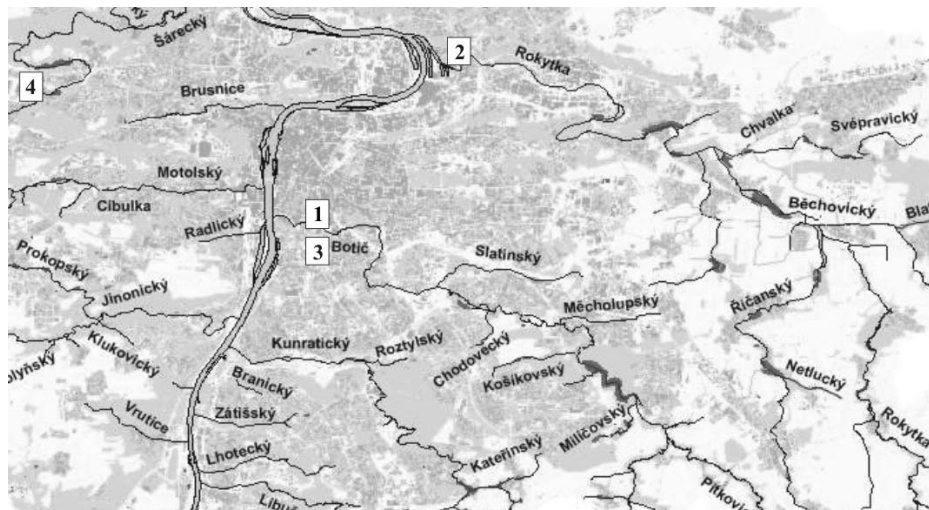
Potok v povodí dolní Vltavy, protéká územím Středočeského kraje a Hlavního města Prahy. Délka toku činí 37,5 km, z toho na území Prahy 31,5 km. Plocha povodí je 135 km² a průměrný průtok 0,39 m³/s. Rokytky pramení u obce Říčany, na území Prahy vtéká v Nedvězí, kde protéká přírodní památkou Mýto. Do Vltavy ústí v Libni u Libeňského ostrova. Rokytky patří mezi velké pražské potoky, na mnoha místech je přemostěna, těsně před ústím na Elsnicově náměstí mostem širokým 99 m. Protéká řadou rybníků, včetně největšího pražského rybníka (Počernický rybník). Jejím největším přítokem je Říčanský potok. Do Rokytky ústí více než 80 kanalizačních svodů.

Analytické metody

V laboratoři byly vzorky sedimentu zamražené a poté vysušeny lyofilizací. K analýze byla použita frakce částic o velikosti < 2 mm. Navážky cca 1 g sedimentu byly extrahovány v ultrazvuku směsí (2x 15 ml) hexan : aceton : toluen v poměru 2 : 1 : 1 a po zahuštění a přečištění extraktu byly analyty

Tabulka 1. Časové termíny odběrů povrchové vody (s aktuální výškou hladiny), srážkové vody a sedimentů v potocích Botič a Rokytky

| Odběrové místo | Materiál | Datum odběru | Výška hladiny vody (cm) |
|----------------|---|--|-------------------------|
| Botič | povrch. voda | 10. 11. 2010 | 28 |
| Botič | povrch. voda | 7. 1. 2011 | 30 |
| Botič | povrch. voda | 8. 1. 2011 | 62 |
| Botič | povrch. voda | 10. 1. 2011 | 57 |
| Botič | povrch. voda | 15. 3. 2011 | 36 |
| Botič | povrch. voda | 18. 3. 2011 | 40 |
| Botič | povrch. voda | 12. 4. 2011 | 18 |
| Botič | sediment | 10. 11. 2010, 15. 3. 2011 | |
| Rokytky | povrch. voda | 10. 11. 2010 | 24 |
| Rokytky | povrch. voda | 7. 1. 2011 | 30 |
| Rokytky | povrch. voda | 8. 1. 2011 | 38 |
| Rokytky | povrch. voda | 10. 1. 2011 | 60 |
| Rokytky | povrch. voda | 15. 3. 2011 | 27 |
| Rokytky | povrch. voda | 18. 3. 2011 | 47 |
| Rokytky | povrch. voda | 12. 4. 2011 | 24 |
| Rokytky | sediment | 10. 11. 2010, 15. 3. 2011 | |
| Nusle | srážková voda voda ze střechy, sněh | 7. 8. 2010, 16. 8. 2010, 17. 3. 2011, 18. 3. 2011, 12. 5. 2011, 29. 11. 2010, 14. 12. 2010 | |
| Liboc | srážková voda voda ze střechy, sněh | 7. 8. 2010, 16. 8. 2010, 17. 3. 2011, 18. 3. 2011, 12. 5. 2011, 29. 11. 2010, 14. 12. 2010 | |



Obř. 1. Mapa odběrových míst povrchové vody a říčních sedimentů (1 Botič, 2 Rokytky) a vody srážkové (3 Nusle, Boleslavova ulice, 4 Liboc, ulice U kolejí)

derivatizovány 2,2,2-trifluoro-N-methyl-N-(trimethylsilyl)acetamidem (MSTFA). Stanovované analyty byly ze vzorku separovány technikou SPE (solid phase extraction) a po vyčištění, vysušení a zakonzentrování extraktu převedeny na silany a kvantitativně stanoveny plynovou chromatografií s hmotnostně selektivní detekcí. Stanovení bylo provedeno plynovou chromatografií na přístroji Agilent Technologies 6890N s hmotnostním detektorem Agilent 5973 Network s multifunkčním autosamplrem Gerstel MPS2 a kapilární kolonou HP-5MS o rozměrech 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm.

Všechny analyty byly stanoveny podle normy ISO 18857-2, tj. metodou pro nefiltrované vzorky za použití SPE a derivatizace (MSTFA).

Meze stanovitelnosti ve vodní fázi: 4-terc-oktylfenol 1 ng/l, 4-nonylfenol 10 ng/l, BPA 3 ng/l, 4-nonylfenolmonoethoxylát 15 ng/l, 4-nonylfenoldiethoxylát 20 ng/l.

Meze stanovitelnosti v sedimentech: 4-terc-oktylfenol 4 µg/kg, 4-nonylfenol 15 µg/kg, BPA 3 µg/kg, 4-nonylfenolmonoethoxylát 30 µg/kg, 4-nonylfenoldiethoxylát 30 µg/kg.

Výsledky a diskuse

Minimální, maximální a průměrné koncentrace jednotlivých analytů v povrchových vodách pražských potoků Botič a Rokytky jsou uvedeny v tabulce 2.

Z tabulky 2 je patrné, že nálezy všech sledovaných analytů jsou poměrně vyrovnané. Nejvyšší koncentrace byly zjištěny u samotných NP, hodnoty jejich jednoduchých ethoxylátů NP1EO a NP2EO jsou již výrazně nižší a leží v řadě případů pod mezí stanovitelnosti analytické metody. Koncentrace nonylfenolových látek stanovené ve vodě pražských potoků Botič a Rokytky jsou srovnatelné s nálezy ve Vltavě a ve většině toků na území ČR. Nálezy

Tabulka 2. Koncentrační nálezy OP, NP, NP1EO, NP2EO a BP-A ve vodě pražských potoků Botiče a Rokytky (vše v ng/l)

| Botič | OP | NP | NP1EO | NP2EO | BP-A |
|----------------|----|-----|-------|--------|------|
| Minimum | 1 | 120 | 28 | < M.S. | 10 |
| Maximum | 15 | 250 | 51 | 67 | 50 |
| Průměr | 12 | 190 | 40 | 27 | 30 |
| Rokytky | | | | | |
| Minimum | 2 | 60 | 17 | < M.S. | 10 |
| Maximum | 11 | 270 | 47 | 75 | 60 |
| Průměr | 7 | 160 | 31 | 28 | 25 |

M.S. – mez stanovitelnosti příslušného ukazatele

Tabulka 3. Obsah alkyfenolových látek a BP-A v sedimentech závěrového profilu pražských potoků Botiče a Rokytky (průměrné hodnoty ze dvou odběrů v listopadu 2010 a březnu 2011; vše v µg/kg)

| Potok | OP | NP | NP1EO | NP2EO | BP-A |
|---------|----|-----|-------|-------|------|
| Botič | 39 | 960 | 340 | 330 | 40 |
| Rokytky | 26 | 440 | 220 | 260 | 90 |

OP a BP-A jsou pouze mírně zvýšené v porovnání s ostatními vodními toky (Lochovský a Pospíchalová, 2009). V časovém období 8.–10. 1. 2011 se podařilo zachytit průběh intenzivního tání sněhu po delším období mrazu. S rostoucím průtokem vody docházelo k poklesu koncentračních nálezů všech sledovaných látek. Tato skutečnost poukazuje na nízký vliv kontaminace z plošných a difuzních zdrojů v povodí obou sledovaných potoků. V důsledku lipofilního charakteru sledovaných látek lze očekávat jejich výraznou kumulaci v pevné matici říčních sedimentů, které jsou indikátorem dlouhodobé zátěže vodního prostředí. V *tabulce 3* jsou uvedeny průměrné koncentrační nálezy alkyfenolových látek a BP-A v jemných dnových sedimentech na základě dvou odběrů.

V porovnání s nálezy na jiných vodních tocích v ČR jsou námi zjištěné koncentrace sledovaných látek v sedimentech Botiče a Rokytky mírně zvýšené.

Jak již bylo zmíněno v úvodu, lze v důsledku fyzikálně-chemických vlastností alkyfenolových látek uvažovat i jejich transport atmosférickou cestou. Tuto možnost podporuje i fakt, že jsou tyto látky prakticky všudypřítomné, s nízkými nálezy se lze setkat i v oblastech, které nejsou antropogenně ovlivněné. V rámci průzkumných činností byl sledován obsah alkyfenolových látek a BP-A ve srážkových vodách, vodách z odtoku střech a v zimním období v čerstvě napadaném sněhu. V *tabulce 4* jsou uvedeny výsledky těchto sledování.

Z *tabulky 4* je patrná přítomnost relativně vysokých koncentrací NP ve srážkových vodách, které jsou v některých případech srovnatelné s nálezy ve vodách povrchových. Koncentrační nálezy OP, BP-A a jednoduchých ethoxylátů 4-nonylfenolu jsou však výrazně nižší a pohybují se převážně pod mezí stanovitelnosti analytické metody. Nejvyšší koncentrace NP ve srážkových vodách byly zjištěny v zimním období. Obdobný koncentrační průběh pozorovali ve srážkových vodách rovněž Fries a Püttmann (2004). Vysvětlením může být podle autorů významná závislost Henryho konstanty na teplotě. Při vyšších teplotách v letním období dochází v důsledku vyšších hodnot Henryho konstanty k posunu rovnovážné koncentrace ve prospěch plynné fáze, a tím k poklesu nálezů ve fázi kapalné. V průběhu letního období se rovněž může projevit i zvýšený vliv fotochemických degradačních procesů v atmosféře. Objasnění vlivu jednotlivých faktorů na koncentraci sledovaných látek v atmosférických srážkách a v jejich průběhu by však vyžadovalo podrobnější výzkum.

Závěr

V rámci průzkumných prací byly sledovány některé zdroje kontaminace hydrosféry alkyfenolovými látkami a BP-A. Ve větších pražských potocích protékajících průmyslovou a komunální aglomerací Prahy – Botič a Rokytky byly stanoveny výše uvedené látky za různých srážko-odtokových situací. Bylo zjištěno, že průměrné koncentrační nálezy těchto látek ve vodní fázi uvedených potoků nejsou významně zvýšené v porovnání s většinou vodních toků na území ČR. S rostoucím průtokem vody docházelo obecně k poklesu jejich koncentrace v důsledku naředění srážkovými vodami. Mírně zvýšené nálezy alkyfenolových látek a BP-A v sedimentech obou potoků mohou být způsobeny vodami z řady kanalizačních odlehčovačů nacházejících se u obou sledovaných potoků. Na dvou lokalitách na území Prahy (Nusle a Liboc) byly sledovány obsahy alkyfenolových látek a BP-A ve vodách srážkových, vodách z odtoků střech a v zimním období v čerstvě napadaném sněhu. Absolutní nálezy těchto látek ve srážkových vodách byly sice nízké, avšak z hlediska úrovně kontaminace povrchových vod těmito látkami přeci jen významné (zejména u 4-nonylfenolu). Koncentrační nálezy 4-nonylfenolu ve srážkových vodách se pohybovaly v rozmezí 55–410 ng/l, přičemž v zimním období byly vyšší než na jaře a v létě. Vysvětlením je zřejmě vyšší hodnota Henryho konstanty, popř. vliv fotochemických degradačních procesů při vyšších teplotách. Z výsledků sledování vyplývá poměrně nízký vliv bodových a difuzních zdrojů kontaminace alkyfenolovými látkami a BP-A v povodí pražských potoků Botiče a Rokytky. Transport atmosférickou cestou se ukázal jako nezanedbatelný faktor při kontaminaci vodního prostředí 4-nonylfenolem. Je zřejmě i jednou z příčin jeho všeobecného rozšíření prakticky do všech složek životního prostředí.

Literatura

- Dachs, J., Van Ry, DA., and Eisenreich, SJ. (1999) Occurrence of estrogenic nonylphenols in the urban and coastal atmosphere of the Lower Hudson river estuary. *Environmental Science and Technology*, 33, 2676–2679.
- Fries, E. and Püttmann, W. (2004) Occurrence of 4-Nonylphenol in rain and snow. *Atmospheric Environment*, 38, 2013–2016.
- Hansson, K., Skarman, T., and Brorström-Lundén, E. (2008) Releases of Nonylphenol and Nonylphenol Ethoxylates from the use phase of end products. A case study on nonylphenols and nonylphenol ethoxylates as a part of the project founded by the Nordic Council of Ministers, Swedish Environmental Protection Agency, Contract no: 310 0803.
- Johnson, AC., Aerni, HR., Gerritsen, A., Gibert, M., Giger, W., Hylland, K., et al. (2005) Comparing steroid estrogen, and nonylphenol content across a range of European sewage plants with different treatment and management practices. *Water Res*, 39, 47–58.
- Langford, KH., Scrimshaw, MD., Brikett, JW., and Lester, JN. (2005) The partitioning of alkyphenolic surfactants and polybrominated diphenyl ether flame retardants in activated sludge batch tests. *Chemosphere* b, 61, 1221–1230.

Tabulka 4. Obsah alkyfenolových látek a BP-A ve srážkových vodách (srážková voda, voda ze střech a voda z čerstvě napadaného sněhu – vše v ng/l)

| Srážková voda | OP | NP | NP1EO | NP2EO | BP-A |
|-----------------------|--------|-----|--------|--------|--------|
| Minimum | < M.S. | 70 | < M.S. | < M.S. | < M.S. |
| Maximum | 13 | 270 | 15 | 25 | 9 |
| Průměr | | 150 | | | |
| Voda ze střech | | | | | |
| Minimum | < M.S. | 60 | < M.S. | < M.S. | < M.S. |
| Maximum | 11 | 320 | 17 | 20 | 18 |
| Průměr | | 170 | | | |
| Sněh | | | | | |
| Minimum | < M.S. | 55 | < M.S. | < M.S. | < M.S. |
| Maximum | 15 | 410 | < M.S. | < M.S. | < M.S. |
| Průměr | | 230 | | | |

M.S. – mez stanovitelnosti příslušného ukazatele

- Lee, PC. and Lee, W. (1996) In vivo estrogenic action of nonylphenol in immature female rats. *Bull Environ Contam Toxicol*, 57, 341–348.
- Lochovský, P. a Pospíchalová, D. (2009) Alkyfenoly, jejich deriváty a bisfenol A v povrchových vodách a ve vodách na odtocích z čistíren odpadních vod. *VTEI*, 2009, roč. 51, č. 2, s. 3–7, příloha *Vodního hospodářství* č. 4/2009.
- Lochovský, P. a Pospíchalová, D. (2010) Vliv pražské aglomerace na kontaminaci vody a říčních sedimentů Vitavy alkyfenolovými látkami a bisfenolem A. *VTEI*, 2010, roč. 52, č. 3, s. 3–6, příloha *Vodního hospodářství* č. 6/2010.
- Nakada, N., Tanishima, T., Shinohara, H., Kiri, K., and Takada, H. (2006) Pharmaceutical chemicals and endocrine disruptors in municipal wastewater in Tokyo and their removal during activated sludge treatment. *Water Res*, 40, 3297–3303.
- Nelson, ED., McDonell, LL., and Baker, JE. (1998) Diffusive exchange of gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls across the air–water interface of the Chesapeake Bay. *Environmental Science and Technology*, 32, 912–919.
- Shang, DY., Macdonald, RW., and Ikonoum, MG. (1999) Persistence of nonylphenol ethoxylate surfactants and their primary degradation products in sediments from near a municipal outfall in the strait of Georgia, British Columbia, Canada. *Environ. Sci. Technol.*, 33, p. 1366–1372.
- Scharf, S. (2004) Hausstaub – ein Indikator für Innenraumbelastung. Umweltbundesamt, Bericht No. 258, Wien, Österreich.
- Van Ry, DA., Dachs, J., Gigliotti, CL., Brunciak, PA., Nelson, ED., and Eisenreich, SJ. (2000) Atmospheric seasonal trends and environmental fate of alkyphenols in the lower Hudson river estuary. *Environmental Science and Technology*, 34, 2410–2417.
- Wettstein, FE. (2004) Diss. ETH Nr. 15315, Auftreten und Verhalten von Nonylphenoxyessigsäure und weiteren Nonylphenolverbindungen in der Abwasserreinigung. *Eidgen. Techn. Hochschule Zürich*.
- White, R., Jobling, S., Hoare, SA., Sumpster, JP., and Parker, MG. (1994) Environmentally persistent alkyphenolic compounds are estrogenic. *Endocrinology*, 135, 175–182.

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101. Veškeré analýzy byly provedeny v Referenční laboratoři složek životního prostředí a odpadů VÚV TGM, v.v.i., Praha.

RNDr. Petr Lochovský, Ing. Danica Pospíchalová
VÚV TGM, v.v.i., Praha
petr_lochovsky@vuv.cz
 Příspěvek prošel lektorským řízením.

Some pollution sources of hydrosphere with alkyphenolic compounds and bisphenol A (Lochovský, P.; Pospíchalová, D.)

Key words

alkylphenolic compounds – bisphenol A – non-ionic surfactants – endocrine disruptors

Alkyphenolic compounds and bisphenol A belong to the endocrine disruptors with negative impact for men and the environment. In consequence of its 50 years long application in household and industry these substances can be identified in almost all compartments of the environment. The article is dealing with the determination of alkyphenolic compounds and bisphenol A in waters and sediments of two water streams Botič and Rokytky on the area of Prague agglomeration. Currently storm water and snow samples were analysed. The results indicate relative high concentrations of 4-nonylphenol in storm waters and snow (55–410 ng/l). The concentration findings of 4-nonylphenol were generally higher during the winter time compared with summer time. Concentrations of alkyphenolic compounds and bisphenol A in surface waters of Botič and Rokytky streams were only slightly higher compared with those of the Vltava River.

KOUPACÍ VODY V ČLENSKÝCH STÁTECH EVROPSKÉ UNIE

Helena Grünwaldová

Klíčová slova

koupací oblasti – koupaliště ve volné přírodě – kvalita koupacích vod

Souhrn

Směrnice Rady 76/160/EHS o jakosti vod ke koupání byla přijata v roce 1975. Nová směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS byla přijata v roce 2006. Nová evropská legislativa byla trasponována do národních právních dokumentů v roce 2008, ale členské státy ji musí plně implementovat do prosince 2014.

V Evropské unii je již monitorováno na 20 000 koupacích míst.

Za posledních deset let je jakost koupacích vod v EU téměř konstantní, existují jen nepatrné odchylky z roku na rok. Údaje jsou přístupné veřejnosti a vizualizovány v mapách např. na Google Earth.

Členské státy zajistí, aby do konce koupací sezony v roce 2015 byly všechny vody ke koupání přinejmenším „přijatelné“.

V příspěvku jsou uvedeny výsledky kvality koupacích vod členských států podle hodnocení Evropské komise za rok 2009.

Úvod

Směrnice Rady 76/160/EHS o jakosti vod ke koupání zahrnovala od roku 1976 závazné standardy pro koupací vody v Evropské unii [1]. Posuzování jakosti koupacích vod podle této směrnice 76/160/EHS bylo založeno na:

- vzorkování 19 ukazatelů, z nichž pět je vybráno pro posuzování jakosti,
- pro každý ukazatel jsou uváděny dva limity pro vyhodnocení: povinná hodnota a doporučená hodnota,
- posuzování jednoletého období,
- počtu vzorků rozšiřujících standardy.

Nová směrnice pro koupací vody 2006/7/ES z 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání (dále jen „směrnice“) aktualizovala opatření směrnice 76/160/EHS [2]. Ve srovnání „staré“ koupací směrnice 76/160/EHS s novou směrnici pro koupací vody 2006/7/ES vznikly následující změny:

- monitorují se pouze dva mikrobiologické ukazatele: střevní enterokoky (KTJ/100 ml) a *Escherichia coli* (KTJ/100 ml),
- nové standardy pro posuzování koupacích vod: výborné, dobré, přijatelné a nevyhovující pro vnitrozemské, pobřežní a brakické vody,
- posuzovací období čtyři roky,
- posuzování založeno na výpočtu percentilu,
- zlepšení správy oblastí pro koupání,
- poskytování informací veřejnosti.

Před 31. prosincem každého roku podávají členské státy Evropské komisi (EK) Zprávu o jakosti koupacích vod za uplynulou koupací sezónu, tzv. reporting. Na základě těchto výsledků zveřejňuje EK Souhrnnou zprávu spolu s posouzením jakosti vod [9].

Směrnice vstoupila v platnost dne 24. března 2006. Termín pro transpozici směrnice byl stanoven na 24. březen 2008 [3].

Účelem tohoto příspěvku je informovat odbornou veřejnost o stavu jakosti vod ke koupání v zemích Evropské unie a jeho vývoji, včetně měnících se pravidel pro posuzování těchto vod Evropskou komisí.

Posuzování podle směrnic 76/160/EHS, 2006/7/ES a přechodné období

„Přechodné období“ pro posuzování koupacích vod je období, kdy ještě nebyly sestaveny dostatečné soubory údajů pro posouzení jakosti koupacích vod podle nové směrnice 2006/7/ES.

Pro posuzování jakosti vod ke koupání musí být sestaveny dostatečné soubory údajů.

- 16 vzorků (nebo 12 nebo 8),
- sestavené pro 4 koupací sezony.

Během prvních let reportingu podle směrnice 2006/7/ES, kdy v případě, že ukazatele střevní enterokoky a *Escherichia coli* ještě nemohou být posuzovány podle této směrnice, protože soubory těchto údajů v 16 (nebo 12 nebo 8) vzorcích nejsou stále ještě dostupné, platí článek 13.3. směrnice 2006/7/ES.

Pro toto přechodné období se v článku 13.3. uvádí: „Začalo-li monitorování podle této směrnice 2006/7/ES, předkládá se Evropské komisi (EK) každý rok zpráva v souladu s odstavcem 1

i nadále podle směrnice 76/160/EHS, dokud nelze provést první posouzení podle nové směrnice 2006/7/ES. Během tohoto období se ve výročních zprávách nebere v úvahu ukazatel 1 Přílohy směrnice 76/160/EHS a ukazatele 2 a 3 Přílohy směrnice 76/160/EHS se považují za rovnocenné ukazatelům 2 a 1 sloupce A Přílohy I této směrnice.“ To znamená, že ukazatel střevní enterokoky (směrnice 2006/7/ES) bude pokládán za rovnocenný ukazateli fekální streptokoky (směrnice 76/160/EHS) a parametr *Escherichia coli* (směrnice 2006/7/ES) bude pokládán za rovnocenný ukazateli fekální koliformní bakterie (směrnice 76/160/EHS).

Reporting a klasifikace koupacích vod podle směrnice 76/160/EHS v přechodném období

Evropská komise vyhodnocuje data o jakosti koupacích vod podle směrnice 76/160/EHS na základě dvou mikrobiologických ukazatelů (koliformní a termotolerantní koliformní bakterie) a tří fyzikálně-chemických ukazatelů (minerální oleje, povrchově aktivní látky a fenoly). Dále EK eviduje lokality se zákazem koupání a lokality nedostatečně vzorkované.

Následně koupací vody zařazuje do jednotlivých kategorií podle jejich jakosti:

- vody, které splňují povinné hodnoty,
- vody, které splňují doporučené hodnoty,
- vody, které nesplňují povinné hodnoty,
- vody, kde platí zákaz koupání (dočasný nebo po celou koupací sezónu).

Reporting podle směrnice 76/160/EHS je uveden v Rozhodnutí komise 95/337/EHS a obsahuje:

1. Soubor zeměpisných lokalizací,
2. Všeobecný datový archiv,
3. Datový archiv parametrů,
4. Doplnkový archiv.

Podrobný popis výše uvedeného obsahu reportingu je uveden v příloze tohoto dokumentu [5].

Reporting a klasifikace koupacích vod podle nové směrnice 2006/7/ES v přechodném období

Evropská komise hodnotí koupací vody podle nové směrnice na základě dvou mikrobiologických ukazatelů: střevní enterokoky a *Escherichia coli*.

Následně koupací vody zařazuje do jednotlivých kategorií podle jejich jakosti:

- vody s výbornou jakostí,
- vody s dobrou jakostí,
- vody s dostatečnou jakostí,
- vody s nedostatečnou jakostí,
- vody zakázané dočasně nebo po celou koupací sezónu,
- vody nové (klasifikace nebyla doposud možná),
- vody, u kterých dochází ke změnám ovlivňujícím jejich klasifikaci (klasifikace nebyla ještě po změnách možná).

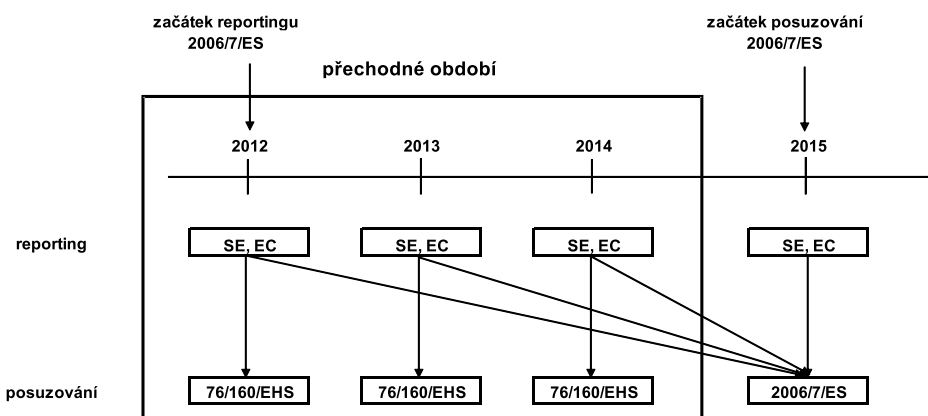
První klasifikace podle požadavků této směrnice bude dokončena nejpozději do konce koupací sezóny v roce 2015 (článek 5.2. směrnice 2006/7/ES).

Směrnice 76/160/EHS se ruší 31. prosince 2014 (článek 17.1 směrnice).

Reporting podle směrnice 2006/7/ES je popsán v dokumentu „Reporting sheets“ a obsahuje [6]:

1. Tabulka 1: Seznam vyhlášených koupacích vod
2. Tabulka 2: Sezonní informace o koupacích vodách
3. Tabulka 3: Výjimečné situace
4. Tabulka 4: Krátkodobé znečištění
5. Tabulka 5: Výsledky monitorování koupacích vod

Na obr. 1 je příklad, kdy je posouzení jakosti koupacích vod provedeno na základě výsledků čtyř koupacích sezón a čtyř vzorků za koupací



Obr. 1. Příklad posouzení jakosti koupacích vod v přechodném období

sezonu v přechodném období. V tomto případě reporting podle směrnice 2006/7/ES pro ukazatele střevní enterokoky (SE) a *Escherichia coli* (EC) začíná v roce 2015. Ukazatel *Escherichia coli* bude pokládán za rovnocenný ukazateli fekální koliformní bakterie a ukazatel střevní enterokoky bude pokládán za rovnocenný ukazateli fekální streptokoky.

Informování evropské veřejnosti

Členské státy mají povinnost předat výsledky monitoringu za koupací sezonu v příslušném roce Evropské komisi před 31. prosincem. EK spolu s Evropskou agenturou pro životní prostředí (EEA) od r. 2009 bude zveřejňovat každý rok na začátku června rozsáhlou zprávu, zahrnující údaje ze všech 27 členských států, dostupnou v papírové a elektronické podobě.

Informace o jakosti vod ke koupání v členských státech a zprávy jednotlivých států o jakosti vod ke koupání lze nalézt na http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/index_en.html. Celková jakost evropských koupacích vod je zveřejněna na webové stránce (http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/report_2009.html) v Souhrnné zprávě EK.

Interaktivní informace o jakosti koupacích vod – WISE a Eye on Earth

WISE (Water Information System for Europe), který je dostupný na webové stránce Evropské agentury pro životní prostředí, umožňuje uživateli prohlédnout si jakost koupacích vod na více než 20 000 mořských pláží a vnitrozemských místech po celé Evropě. Uživatel si může ověřit jakost vody na interaktivní mapě nebo může stahovat data z vybrané země nebo oblasti a porovnávat je s předcházejícími roky. Stažená data mohou být také vizualizována v geoprostorových mapových programech, jako např. Google Earth.

Prohlížeč map ve WISE pro vizualizaci evropských prostorových dat zahrnuje mnoho interaktivních vrstev, umožňujících vizualizaci v různých měřítkách.

Široký rozlišovací display zobrazí data shromážděná členskými státy EU. Při jemnějším rozlišení se zobrazí i místa monitorovacích stanic.

Prohlížeč WISE Bathing water quality kombinuje text a grafickou vizualizaci umožňující rychlý výběr míst a údajů o jakosti koupacích vod. Dokumentuje také, jak se jakost koupacích vod v Evropě změnila v posledních letech, a poskytuje celkový souhrn o jakosti koupacích vod v Evropě.

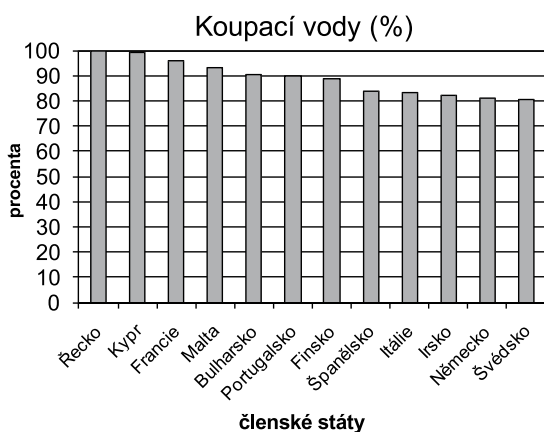
Eye on Earth – aplikace Prohlížeč vod umožňuje uživatelům zvětšení dané lokality na pobřeží, u řek nebo jezer. Semaforový indikátor (červená, žlutá, zelená barva) jakosti koupací vody, založený na veřejných datech jakosti koupacích vod, je umístěn u koupacích lokalit včetně komentářů poskytovaných uživateli.

Specifické otázky týkající se jakosti koupacích vod lze zasílat Komisi e-mailem na adresu: env-water@ec.europa.eu nebo písemně na adresu: European Commission Environment Directorate-General Unit D2 1049 Brussels Belgium

Hodnocení jakosti vod ke koupání v EU

V koupací sezoně 2009 byla monitorována jakost více než 20 000 koupacích vod všech 27 členských zemí. Přibližně dvě třetiny tvořily vody mořské a jednu třetinu vnitrozemské (řeky, jezera a rybníky).

Od roku 1990 do 2009 se počet reportovaných koupacích vod výrazně zvýšil. V roce 1990 sedm členských států EU reportovalo jakost 6 165 mořských a 1 374 vnitrozemských koupacích vod, zatímco v roce 2009 27 členských států EU ohlásilo 13 741 mořských a 6 867 vnitrozemských koupacích vod (nebyly zahrnuty řecké koupací vody (830), které nebyly



Obr. 2. Státy EU s největším procentuálním zastoupením koupacích vod splňujících přísnější doporučené hodnoty

odpovídajícím způsobem monitorovány v r. 2009). Tento nárůst byl jednak výsledkem zvýšeného počtu koupacích vod, reportovaných členskými státy, ale odráží také skutečnost, že počet členských států se od r. 1990 více než zdvojnásobil.

Tři členské státy (Kypr, Malta a Rumunsko) reportovaly pouze data pro mořská území, zatímco pět dalších (Rakousko, Česká republika, Maďarsko, Lucembursko a Slovensko) mají pouze vnitrozemské vody. Zbývajících 19 členských států ohlásilo data pro mořské i vnitrozemské vody.

Podrobné údaje o jakosti koupacích vod všech členských států jsou uvedeny v *tabulce 1* a lze je také najít v národních zprávách nebo na webové stránce Evropské agentury životního prostředí [7] a webové stránce Evropské komise pro koupací vody [8].

Obrazek 2 ukazuje členské státy, které mají největší procentuální zastoupení koupacích vod splňujících přísnější doporučené hodnoty. Patří mezi ně Řecko, Kypr, Francie, Malta, Bulharsko a Portugalsko. Země, které mají koupací vody splňující více než 80 % doporučených hodnot, byly Finsko, Španělsko, Itálie, Irsko, Německo a Švédsko.

Vnitrozemské koupací vody

V roce 2009 se jakost vnitrozemských koupacích vod ve srovnání s rokem 2008 zhoršila. Výsledná čísla vnitrozemských koupacích vod hodnocených podle přísnějších doporučených hodnot byla nižší o 2,7 %, dosahovala 70,7 %. Pouze 3,1 % vnitrozemských koupacích míst v EU nevyhovovalo povinným hodnotám, které reprezentovaly pokles o 0,3 %.

Celková jakost vnitrozemských koupacích vod v EU se výrazně zvýšila ve srovnání s r. 1990. V roce 1990 přibližně 52 % vnitrozemských koupacích vod splňovalo povinné hodnoty, v roce 2000 to bylo 90 %. Podobná shoda nastala u doporučených hodnot od 36,4 % v r. 1990 do více než 70 % v roce 2008. Počet koupacích míst, která nevyhovovala povinným hodnotám, poklesl z 11,9 % v r. 1990 na 3,1 % v roce 2009.

Jakost vnitrozemských koupacích vod podle členských států v roce 2009

V *tabulce 1* je zveřejněn přehled jakosti koupacích vod v roce 2009.

Členské státy s nejvyšším procentem koupacích vod, které splňovaly doporučené hodnoty, byly Řecko (99,8 %), Kypr (99,1 %), Francie (95,7 %),

Tabulka 1. Přehled jakosti koupacích vod 24 členských států Evropské unie za rok 2009 [9]

| Členský stát | NBA | C(G) % | C(I) % | NC % | B % |
|------------------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Rakousko | 268 | 74,6 | 97 | 2,6 | 0,0 |
| Belgie | 84 | 41,7 | 82,1 | 13,1 | 4,8 |
| Bulharsko | 4 | 75,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 |
| Česká republika | 187 | 63,1 | 91,4 | 1,1 | 4,3 |
| Německo | 1 906 | 81,2 | 98,4 | 0,5 | 0,9 |
| Dánsko | 117 | 73,5 | 88,9 | 11,1 | 0,0 |
| Estonsko | 28 | 67,9 | 96,4 | 0,0 | 0,0 |
| Španělsko | 207 | 42,5 | 93,2 | 2,9 | 2,4 |
| Finsko | 254 | 90,6 | 98,4 | 0,0 | 0,4 |
| Francie | 1 343 | 94,6 | 94,6 | 5,1 | 0,0 |
| Řecko | 4 | 100 | 100 | 0,0 | 0,0 |
| Maďarsko | 177 | 57,6 | 86,4 | 0,0 | 1,1 |
| Irsko | 9 | 66,7 | 88,9 | 11,1 | 0,0 |
| Itálie | 770 | 37,3 | 46,4 | 0,6 | 35,5 |
| Litva | 96 | 60,4 | 97,9 | 0,0 | 0,0 |
| Lotyšsko | 228 | 51,3 | 97,4 | 2,2 | 0,4 |
| Lucembursko | 20 | 55,0 | 55,0 | 45,0 | 0,0 |
| Holandsko | 553 | 53,3 | 92,4 | 7,6 | 0,0 |
| Polsko | 232 | 44,8 | 81,5 | 14,2 | 2,6 |
| Portugalsko | 97 | 58,8 | 89,7 | 3,1 | 7,2 |
| Švédsko | 210 | 83,8 | 99,5 | 0,5 | 0,0 |
| Slovensko | 25 | 36,0 | 96,0 | 4,0 | 0,0 |
| Slovensko | 36 | 77,8 | 97,2 | 0,0 | 2,8 |
| Spojené království | 12 | 33,3 | 100 | 0,0 | 0,0 |
| EU | 6 867 | 70,7 | 89,4 | 3,1 | 4,7 |

Legenda:

- NBA počet koupacích oblastí (number of bathing sites/areas)
- B počet koupacích oblastí, v nichž bylo koupání zakázáno během koupací sezony (number of bathing areas where bathing was prohibited throughout the bathing season)
- NC počet koupacích oblastí, které neodpovídají povinným hodnotám (number of bathing areas which do not comply with mandatory values)
- C(I) počet koupacích oblastí, které odpovídají povinným hodnotám (number of bathing areas which comply with mandatory values)
- C(G) počet koupacích oblastí, které odpovídají doporučeným hodnotám (number of bathing areas which comply with guide values)

Malta (93,1 %), Bulharsko (90,3 %) a Portugalsko (90 %). Země, které splňovaly více než 80 % doporučených hodnot pro koupací vody, byly Finsko (88,5 %), Španělsko (84 %), Itálie (83,5 %), Irsko (82,4 %), Německo (81,2 %) a Švédsko (80,6 %).

Devět zemí mělo významné procento nevyhovujících koupacích vod. Byly to Francie (3,9 % všech koupacích vod), Dánsko (5,6 % všech koupacích vod), Itálie (1 % všech koupacích vod), Nizozemsko (7,1 % všech koupacích vod), Polsko (13,7 % všech koupacích vod), Španělsko (0,7 % všech koupacích vod), Velká Británie (2,3 % všech koupacích vod) a Belgie (8,7 % všech koupacích vod).

Šest zemí mělo více než pět koupacích vod zakázaných nebo uzavřených v průběhu sezony. Byly to Itálie, Německo, Portugalsko, Česká republika, Španělsko a Polsko.

Závěr

- Směrnice Rady 76/160/EHS o jakosti vod ke koupání z roku 1976 obsahovala základní požadavky na ochranu kvality vod ke koupání. Nová směrnice 2006/7/ES zjednodušila a aktualizovala systém řízení a sledování a platí od roku 2006.
- Údaje o jakosti vod ke koupání jsou zveřejněny pro evropské občany ve WISE na příslušných webových stránkách a v mapách na Google Earth.
- Souhrnný přehled jakosti vnitrozemských vod ke koupání v členských státech Evropské unie v roce 2009 v porovnání s uplynulými deseti lety ukazuje na výrazné zlepšení. Do roku 2015 by měly členské státy zajistit pro všechny své vody určené ke koupání „přijatelnou“ jakost.

Literatura

- [1] Směrnice Rady 76/160/EHS o jakosti vod pro koupání ze dne 8. prosince 1975, ve znění dodatků.
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS.
- [3] Grünwaldová, H. Koupací vody (SR 76/160/EHS) a podpora reportingu. Závěrečná zpráva úkolu ÚÚV T.G.M., v.v.i., Praha, listopad 2008, 15 s.
- [4] Assessment of bathing water quality under BWD 2006/7/EC. Draft, GIM nv, C07643B. 4 September 2008.
- [5] 95/337/ES: Rozhodnutí komise ze dne 25. července 1995, kterým se mění Rozhodnutí 92/446/EHS ze dne 27. července 1992 o dotaznicích ke směrnicím v oblasti voda. Úřední věstník č. L. 200, 24. 08. 1995, s. 1–34.

METODICKÝ POKYN STANOVUJÍCÍ POVINNOU OSNOVU VYJÁDŘENÍ OSOBY S ODBORNOU ZPŮSOBILOSTÍ K VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PŘES PŮDNÍ VRSTVY DO VOD PODZEMNÍCH

Kateřina Poláková, Pavel Eckhardt

Klíčová slova

metodický pokyn – vyjádření osoby s odbornou způsobilostí – vsakování – infiltrace – znečištění – podzemní vody – povrchové vody – odpadní vody – horninové prostředí

Souhrn

Článek uvádí informace o procesu tvorby a obsahu certifikované metodiky s názvem Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovující povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona, jejímž cílem je sjednotit obsahovou náplň vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, které má za úkol posoudit a vyhodnotit vliv vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních, a která se stala jedním z podkladů připravovaného metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 416/2010 Sb.

Úvod

Poslední novelizované znění vodního zákona [1] bylo ve Sbírce zákonů České republiky vyhlášeno zákonem č. 150/2010 Sb. [2]. Nové požadavky § 15a a § 38 byly podnětem nejen pro vydání nařízení vlády č. 416/2010 Sb. [3], ale také pro zpracování textu ve formě metodického pokynu, který bude zaměřen na „vyjádření osoby s odbornou způsobilostí“, tj. měl by především stanovit rozsah a náležitosti hydrogeologického posudku jako nedílného podkladu při procesu rozhodování o povolení vypouštění odpadních vod do vod podzemních. Zpracování návrhu byli Ministerstvem

[6] Reporting sheets for Bathing Water directive 2006/7/EC. Final Draft, GIM nv, C07643B. 16 October 2008.

[7] www.eea.europa.eu/themes/water/status-and-monitoring/state-of-bathing-water.

[8] http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/report_2010.html.

[9] Quality of bathing water – 2009 bathing season. European Environment Agency Report/No. 3/2010, 35 p.

Ing. Helena Grünwaldová, CSc.

ÚÚV TGM, v.v.i., Praha

helena_grunwaldova@vuv.cz

Příspěvek prošel lektorským řízením.

Bathing water in the Member States of the European Union (Grünwaldová, H.)

Key words

bathing areas – bathing sites – quality of bathing water

The first European Bathing Water Directive 76/160/EEC concerning the quality of bathing water was adopted in 1975. The new Bathing Water Directive 2006/7/EC concerning the management of bathing water quality and repealing directive 76/160/EEC was adopted in 2006. The new European legislation was transported into national law in 2008 but Member States have to implement it until December 2014. More than 20 000 bathing areas are already monitored throughout the European Union.

During the last ten years the overall bathing water quality has been consistently high and has only fluctuated a little from year to year. The data can also be visualised in geospatial mapping programs such as Google Earth.

Member States shall ensure that, by the end of the 2015 bathing season, all bathing waters are at least “sufficient”.

In paper the bathing water quality results of Member States that were monitoring in 2009 are given in the light of the European Commission assessment.

životního prostředí (MŽP) jako garantem této problematiky pověřeni pracovníci ÚÚV TGM, v.v.i.

Tvůrčí tým při tvorbě návrhu textu vycházel mimo jiné z poznatků získaných v minulých letech řešení subprojektu výzkumného záměru MŽP 0002071101 (např. [4]).

Certifikovaná metodika

Text s názvem Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovující povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona vznikl na základě požadavku odboru ochrany vod MŽP a byl zpracován jako certifikovaná metodika.

Certifikovaná metodika je bodovaným výstupem v souladu s Metodikou hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů (platnou pro léta 2010 a 2011), kterou zpracovala Rada pro výzkum, vývoj a inovace (RVVI) a kterou schválila svým usnesením ze dne 4. srpna 2010 č. 555 vláda České republiky.

Bodované výstupy slouží k hodnocení výsledků dosažených výzkumnými organizacemi a podle § 5a zákona č. 211/2009 Sb. [16] slouží Radě pro výzkum, vývoj a inovace jako jeden z podkladů při zpracování návrhů výše výdajů (ve formě institucionální podpory výzkumných organizací podle zhodnocení jimi dosažených výsledků) podle § 6 odst. 2 písm. c) tohoto zákona. Certifikačními orgány, které návrh takového výstupu (typu N) posuzují v souladu s metodikou, jsou odborné a poradní orgány RVVI, fyzické ověření se provádí prostřednictvím poskytovatele, kterým bylo MŽP.

V polovině roku 2010 byl pracovník ÚÚV TGM, v.v.i., vytvořen návrh textu metodického pokynu, který byl na podzim téhož roku předán pracovníkům Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze v rámci vnitřního oponentního řízení. Na základě této spolupráce byl v závěru roku 2010 předložen odboru ochrany vod MŽP finální návrh metodického pokynu.

Aby však mohl být takový návrh certifikován, je nezbytné, aby byly na předložené znění zpracovány dva nezávislé oponentní posudky. Na počátku roku 2011 byl proto text postoupen oponentům vyžádaným odborem ochrany vod MŽP, kterými byli Ing. Veronika Jáglová z VRV, a.s., a RNDr. Svatopluk Šeda z OHGS, s.r.o. Na základě doporučení, která zazněla v oponentních posudcích, byl návrh textu dopracován a předán MŽP jako certifikačnímu orgánu k zahájení certifikačního řízení. Dne 26. 5. 2011 pak byl text metodického pokynu certifikován.

Certifikovaný text bude s největší pravděpodobností zveřejněn v přílohách jiného, v době psaní tohoto příspěvku připravovaného metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních. Návrh tohoto textu byl na jaře 2011 rozeslán dotčeným orgánům k připomínkám a rovněž byl zveřejněn na internetových stránkách MŽP.

Následující text tedy uvádí nebo podrobněji komentuje jednotlivé části metodického pokynu tak, jak byl schválen ve formě certifikované metodiky, z jejíhož textu odborem ochrany vod MŽP připravovaný metodický pokyn vychází.

Základní informace

Zpracovaný metodický pokyn je určen osobám s odbornou způsobilostí podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů, a vodoprávním úřadům.

K využití je text určen České inspekci životního prostředí, žadatelům o vydání povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 38 odst. 7 vodního zákona, držitelům povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních (§ 38 vodního zákona), ohlašovatelům vodních děl určených pro čištění odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel, jejichž podstatnou součástí jsou výrobky označované CE (§ 15a vodního zákona) a vodoprávním úřadům.

K aplikaci textu metodického pokynu se přistupuje při vyjádření k žádosti o povolení k vypouštění odpadních vod z vodního díla přes půdní vrstvy do vod podzemních (§ 38 vodního zákona) nebo ohlášení vodního díla podle § 15a vodního zákona.

Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, jehož strukturu a obsah metodický pokyn stanovuje, bude rozhodujícím dokumentem při posuzování žádosti o povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních v případech, kdy jsou splněny všechny následující zákonné podmínky:

1. je posuzováno vypouštění odpadních vod, které neobsahují nebezpečné závadné látky nebo zvláště nebezpečné závadné látky (§ 39 odst. 3 vodního zákona) a které vznikají převážně jako produkt lidského metabolismu a činnosti v domácnostech,
2. tyto odpadní vody jsou vypouštěny z jednotlivých staveb pro bydlení a individuální rekreaci nebo z jednotlivých staveb poskytujících služby,
3. technicky nebo s ohledem na zájmy chráněné jinými právními předpisy není možné odpadní vody vypouštět do vod povrchových nebo do kanalizace pro veřejnou potřebu,
4. k vypouštění odpadních vod do vod podzemních dochází přes půdní vrstvy.

Cílem metodického pokynu je sjednocení obsahové náplně vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, která má za úkol posoudit a vyhodnotit vliv vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních. Předmětem vyjádření osoby s odbornou způsobilostí jsou tedy záměry realizace vodních děl určených k nakládání s podzemními vodami podle § 38 odst. 7 vodního zákona, popř. vodní díla již realizovaná.

Metodický pokyn vychází z předpokladu, že osoba s odbornou způsobilostí obdrží kvalifikovaný návrh stavby čistírny odpadních vod, doplněné vsakovacím prvku, a příslušná projektová dokumentace zpracovaná na základě geologického průzkumu podle § 18 odst. 1 vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů, poskytne informace o vlastní ČOV a dále informace o podrobném umístění vsakovacího prvku, jeho konstrukci a geologických poměrech v místě stavby. Pokud tomu tak není a podklad pro vyjádření osoby s odbornou způsobilostí příslušné údaje dostatečně podrobně neposkytne, provede osoba s odbornou způsobilostí nejdříve hydrogeologický průzkum pro účely umístění a návrhu vsakovacího prvku podle metodiky, která je uvedena v příloze B ČSN CEN/TR 12566-2 (Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 2: Zemní infiltrační systémy) a teprve poté bude vypracováno vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v souladu s tímto metodickým pokynem.

Pojem „vsakovací prvek“

Podle stávající zákonné úpravy je vypouštění odpadních vod do vod podzemních možné pouze přes půdní vrstvy. K tomuto vypouštění dochází – stejně jako v případě vsakování srážkových vod podle § 5 odst. 3 vodního zákona – s využitím vsakovacích prvků, pomocí kterých jediné dochází ke vstupu odpadní vody do půdních vrstev. Projektování těchto vsakovacích prvků probíhá zpravidla v souladu s ČSN CEN/TR 12566-2 (Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 2: Zemní infiltrační systémy) a ČSN 75 6402 (Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel), která v kapitole 12.4 pojednává o vsakování vyčištěných odpadních vod, v závislosti na místních podmínkách lze však volit i jiné varianty technického řešení vsakovacího prvku.

ČSN CEN/TR 12566-2 (ČSN 75 6404) doporučuje požadavky pro zemní infiltrační systémy (tj. infiltrační vsakováním) do horninového prostředí. Kapitola 3.13 této normy definuje pojmy „infiltrace; vsakování“, a to jako „vsakování odpadních vod kolem místa, na které jsou vypouštěny“.

ČSN 75 6402 v kapitole 12.4 pojednává o vsakování vyčištěných odpadních vod.

Metodický pokyn proto částečně využívá pojmosloví jmenovaných norem. Pro účely metodického pokynu bylo pro zemní infiltrační systémy používané k vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních (nezávisle na typu systému) zvoleno označení „vsakovací prvek“.

Pojem „půdní vrstva“

Pod pojmem půdní vrstva se pro účely tohoto metodického pokynu rozumí v souladu s články 3.24 a 3.25 ČSN CEN/TR 12566-2 jak „podorničí; spodina“ – horninový materiál mezi ornici a neskalním, popř. skalním podložím (subsoil), tak „ornice; humusový horizont“ – biologicky oživená svrchní část horninového prostředí (topsoil). Půdní vrstvou jsou tedy neznepevněné kvartérní a terciérní uloženiny, staré zvětraliny a jejich sedimenty a zvětraliny hornin skalního podkladu. Půdní vrstva podle této definice tak zahrnuje jak biologicky oživenou část horninového profilu, tak níže ležící neoživenou zeminu, včetně případné příměsi horninového skeletu.

Příklady toho, co se rozumí půdní vrstvou pro účely vsakování odpadních vod, jsou patrné z obrázků převzatých z publikace [5] a uvedených v textu pokynu. Pro potřeby metodického pokynu se „půdní vrstvou“ rozumí půdní horizonty A a B, popř. B/C.

Výchozí právní základna problematiky platná v době tvorby metodického pokynu

Vypouštění odpadních vod do vod podzemních je podle § 8 odst. 1 písm. c) a § 38 odst. 7 vodního zákona předmětem povolení k nakládání s podzemními vodami.

Stavba čistírny odpadních vod – § 55 odst. 1 písm. c) – a stavba vsakovacího prvku – § 55 odst. 1 písm. l) – jsou jako provedení vodního díla podle § 15 vodního zákona předmětem stavebního povolení.

K provedení vodního díla určeného pro čištění odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel, jehož podstatnou částí je výrobek označovaný CE podle zvláštního právního předpisu^{10c)}, postačí podle § 15a vodního zákona ohlášení vodního díla, jehož obsah je stanoven v § 15a odst. 2 vodního zákona (^{10c)} § 11 až 13 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů). Povolení k nakládání s podzemními vodami podle § 8 odst. 1 písm. c) se v tomto případě nevydává. Povinnými doklady jsou podle § 15a odst. 2 písm. d) a g) vodního zákona popis způsobu vypouštění odpadních vod a vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vlivu takového vypouštění na jakost podzemních vod.

Doklady pro vydání povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních pro potřeby jednotlivých občanů (domácností) nebo jeho změnu podle § 8 odst. 1 písm. c) vodního zákona stanovuje § 3e odst. 1 vyhlášky č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasu a vyjádření vodoprávního úřadu, ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb. Předepsaný formulář žádosti je uveden v příloze č. 4 této vyhlášky. Tento formulář se použije v případě povolení k vypouštění ze stávajícího vodního díla, na kterém je plánována změna, jež nevyžaduje stavební povolení.

Doklady pro vydání povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních pro potřeby jednotlivých občanů (domácností) a ke stavebnímu povolení k domovní čistírně odpadních vod potřebné k takovému vypouštění podle § 8 odst. 1 písm. c) a § 15 vodního zákona stanovuje § 11g odst. 1 vyhlášky č. 432/2001 Sb. ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb. Předepsaný formulář žádosti je uveden v příloze č. 17 této vyhlášky. Tento formulář se použije v případě povolení k vypouštění z plánovaného vodního díla, které nesplňuje podmínky § 15a odst. 1 vodního zákona, nebo v případě povolení k vypouštění ze stávajícího vodního díla, které nesplňuje podmínky § 15a odst. 1 vodního zákona a na kterém je plánována změna, jež vyžaduje stavební povolení.

V obou případech, jedná-li se o vypouštění odpadních vod do vod podzemních, je podle § 9 odst. 1 vodního zákona a § 3e odst. 1 písm. d) a § 11g odst. 1 písm. d) vyhlášky č. 432/2001 Sb. povinným dokladem vyjádření osoby s odbornou způsobilostí^{1a)}, které sestává ze zhodnocení možnosti a rozsahu ovlivnění podzemních vod včetně jejich jakosti, pokud vodoprávní úřad ve výjimečných případech nerozhodne jinak (^{1a)} zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů).

Doklady k ohlášení vodního díla podle § 15a odst. 1 vodního zákona stanovuje § 15a odst. 2 vodního zákona. Vyhláška č. 432/2001 Sb. ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb. v tomto ohledu dosud nebyla novelizována.

V případě vypouštění z čistírny, která splňuje podmínky § 15a odst. 1 vodního zákona, s využitím vsakovacího prvku (stavba čistírny může podléhat pouze ohlášení, stavba vsakovacího prvku vyžaduje stavební povolení), se vzhledem k aplikaci ustanovení § 15a vodního zákona posuzují obě vodní díla jako vodní dílo jediné, přičemž domovní čistírna odpadních vod (výrobek označovaný CE) má charakter podstatné části tohoto vodního díla.

Osobou s odbornou způsobilostí se podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů, rozumí odpovědný

řešitel geologických prací (§ 3 odst. 1), který splnil podmínky odborné způsobilosti (§ 3 odst. 4) stanovené vyhláškou č. 206/2001 Sb., o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce, na základě čehož bylo tomuto řešiteli Ministerstvem životního prostředí vydáno osvědčení o odborné způsobilosti odpovědného řešitele geologických prací (§ 3 odst. 3).

Samostatnou kapitolu pokynu tvoří výčet relevantních právních předpisů a dokumentů, např. [1, 2, 3, 6 až 15].

Obsah vyjádření osoby s odbornou způsobilostí

V souladu s požadavky výše uvedených předpisů byla stanovena povinná osnova a obsah vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k plánovaným realizacím vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 a § 38 odst. 7 vodního zákona a doporučené postupy vyhodnocení se zohledněním limitujících okolností. V případě posuzování změn již realizovaných vodních děl určených k vypouštění odpadních vod se postupuje podle této osnovy přiměřeně.

Použití podzemních vod jako recipientu odpadních vod nebude časté a bude zpravidla vyhrazené jen velmi malým a malým zdrojům znečištění, umístěným v místech, kde jiné řešení zneškodňování odpadních vod není možné. Rozsah a hloubka posuzování jednotlivých záměrů by měly odpovídat především míře rizika pro vodní ekosystém na konkrétní lokalitě, přičemž množství zneškodňovaných odpadních vod je nepochybně významným faktorem pro stanovení míry celkového rizika.

Doporučené postupy vyhodnocení

Jedním z požadavků zadavatele bylo, aby metodický pokyn obsahoval i text pojednávající o doporučených postupech, jak vyhodnocovat shromážděné informace, resp. předložené vyjádření osoby s odbornou způsobilostí. Tato pasáž metodického pokynu byla určena především pracovníkům vodoprávních úřadů, kteří mají ze zákona povinnost rozhodovat ve věci vypouštění odpadních vod do vod podzemních zejména na základě vyjádření osoby s odbornou způsobilostí a jejichž úkolem je víceméně přezkoumat předložené vyjádření z mnoha neopomenutelných hledisek.

Charakteristiky jednotlivých hlavních bodů osnovy vyjádření

A. Základní údaje

V této části je třeba uvést základní údaje o vodním díle. Uvede se identifikace zadavatele, resp. žadatele o povolení k vypouštění odpadních vod, identifikace zpracovatele vyjádření, specifikace a cíle posouzení a vyhodnocení, stručný popis a lokalizace zdroje odpadní vody a vodního díla a místopisné určení zkoumaného území. Dále je třeba citovat projektovou dokumentaci vodního díla, která je podkladem pro zpracovávání vyjádření.

B. Popisné údaje

B.1. Geografie

Uvede se geografické vymezení území včetně správního zařazení.

B.2. Odpadní voda (přítok na ČOV)

Popíše se způsob zásobování objektu vodou. Uvede se charakteristika a způsob užívání objektu – zdroje odpadní vody, počet ekvivalentních obyvatel (EO) a provoz objektu v průběhu roku. Dále se uvede odhadnuté množství vypouštěné nečištěné odpadní vody a její jakost, a to včetně případných sezónních výkyvů, a zhodnotí se možnosti zneškodňování nečištěné odpadní vody.

B.3. Vypouštěná odpadní voda (odtok z ČOV)

Uvedou se základní informace o způsobu čištění množství a kvalitě vypouštěných odpadních vod, které jsou následně vsakovány, popíše se případná retenční kapacita vypouštěné odpadní vody před odtokem do vsakovacího prvku. Provede se srovnání kvality vypouštěných odpadních vod (navržených emisních limitů) s emisními standardy ukazatelů znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních stanovených nařízením vlády č. 416/2010 Sb.

V případě čistíren odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel konstruovaných podle ČSN řady 7564 se uvede stručný popis čistírny a koncentrace znečištění ve vypouštěných odpadních vodách, popř. i účinnost čištění podle výpočtů technologie uvedených v projektu. Seznam těchto norem je uveden v příloze č. 4 metodického pokynu.

V případě malých čistíren odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel konstruovaných podle ČSN EN řady 12566 se uvede stručný popis čistírny a účinnost čištění podle certifikátu výrobku. Seznam těchto norem a přehled přípustných schémat znázorňujících použití jednotlivých částí norem EN 12566 je uveden v příloze č. 3 metodického pokynu.

V případě čistíren odpadních vod nad 500 ekvivalentních obyvatel konstruovaných podle ČSN řady 7564 se uvede stručný popis čistírny a koncentrace znečištění ve vypouštěných odpadních vodách, popř. i účinnost čištění podle výpočtů technologie uvedených v projektu. Seznam těchto norem je uveden v příloze č. 4 metodického pokynu.

B.4. Vsakovací prvek

Popíše se vsakovací prvek, uvede se dlouhodobě přípustná hydraulická a látková zatížitelnost vsakovacího prvku a uvede se období, ve kterém má být vsakovací prvek v provozu. Uvedou se návrhové hodnoty hydraulického a látkového zatížení vsakovacího prvku.

B.5. Přírodní poměry lokality vypouštění

Popíší se geologické, hydrogeologické, hydrologické a hydrochemické poměry v posuzované lokalitě a další přírodní poměry zájmového území, jsou-li shledány důležitými pro výsledné posouzení.

C. Konceptuální model vypouštění

Bude rozpracován konceptuální model vypouštění, resp. popis chování vypouštěné odpadní vody v nenasatované zóně, místa vstupu vypouštěné odpadní vody do vody podzemní, chování podzemní vody v zóně saturace dotčené zvodně a popíše se rovněž pravděpodobné místo (místa) přirozené drenáže dotčené podzemní vody.

D. Limitující okolnosti

Popíší se existující požadavky z hlediska ochrany vodních zdrojů, přírody a krajiny a jiných relevantních okolností.

E. Dopady a rizika vypouštění odpadní vody

Zhodnotí se vliv vypouštěné odpadní vody a jeho dopady na množství a kvalitu podzemních vod, povrchových vod, dopady na chráněná území a ostatní možné dopady. Popíší se rizika, která by s sebou mohla vypouštění nést.

F. Vyhodnocení

Zhodnotí se všechny výše uvedené skutečnosti, uvede se odborné doporučení minimalizace negativních dopadů vypouštění odpadních vod. Vyhodnotí se vhodnost, resp. přípustnost vsakovacího prvku. Uvede se výčet případných podmínek pro vyjádření souhlasného nebo podmíněného souhlasného stanoviska.

G. Vyjádření

Zformuluje se jasné stanovisko k možnosti vypouštění odpadních vod do vod podzemních a dále se uvede datum, jméno, podpis a razítko osoby s odbornou způsobilostí.

H. Přílohy

K vyjádření bude přiložena přehledná mapa zájmového území, podrobná mapa lokality vypouštění, přehled použité literatury a podkladů použitých pro zpracování posouzení a popř. další přílohy, pokud jsou přínosné pro objasnění problematiky nebo jako podpůrný argument pro závěrečné stanovisko. V případě, že součástí zpracování vyjádření byly i vlastní průzkumné práce (sondování, terénní měření, laboratorní analýzy a zkoušky, terénní hydrodynamické zkoušky atp.), přiloží se i dokumentace těchto prací, pokud si jejich rozsah nevynutit zpracovat samostatnou závěrečnou zprávu.

Názorné schéma obsahu jednotlivých základních bodů až do 3. úrovně osnovy vyjádření uvádí *tabulka 1*.

Povinná detailní osnova včetně komentářů je zpracována v příloze č. 1 metodického pokynu s tím, že struktura celého vyjádření tak, jak je zpracována, je přímo použitelná jako vzor vyjádření, který lze přímo vyplňovat.

V úvodu vzoru vyjádření je deklarováno, že v případě všech relevantních kategorií (B až E) se uvádí zdroj nebo způsob zjištění uvedených informací (terénní měření, výpočty, databáze...), v případě konkrétních citací je třeba vždy uvést odkaz na literaturu a další podklady uvedené v příloze č. 3 samotného vyjádření.

Konkrétní body vyjádření označené znakem „*“ se vyplňují pouze v případě, že je jejich hodnota známa nebo jejich uvedení shledáno opodstatněným.

Příklady limitujících okolností, které významně ovlivňují vyhodnocení a závěry

V příloze č. 2 metodického pokynu jsou uvedeny limitující okolnosti, za nichž nelze s vypouštěním odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních v posuzovaném případě vyjádřit souhlasné stanovisko, přičemž k vyjádření zamítavého stanoviska stačí výskyt jedné z níže uvedených okolností. Cílem této části textu bylo vytvořit souhrn známých limitujících faktorů, které vyplývají přímo z právních předpisů, doporučených normových hodnot i zavedené praxe, jakými jsou například:

- dosažitelnost kanalizace nebo vhodných povrchových vod jako recipientu,
- existence ochranného pásma vodního zdroje I. stupně,
- nízká propustnost horninového prostředí,
- vysoká hladina podzemní vody,
- riziko podmáčení či statického narušení staveb v okolí,
- přítomnost kontaminovaného místa,
- nesplnění minimálních návrhových kritérií stanovených v kapitolách 6.2.3.1 a 6.2.3.2 ČSN EN 12566-2 apod.

Související normy

Jak je již uvedeno v bodu B.3. vyjádření (Vypouštěná odpadní voda (odtok z ČOV)), přílohy č. 3 a 4 obsahují výčet norem pro stavbu vodního

Tabulka 1. Přehledné schéma obsahu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí

| 1. úroveň osnovy | 2. úroveň osnovy | 3. úroveň osnovy | |
|--|---|-------------------------------|--|
| A. Základní údaje | A.1. Identifikace zadavatele | | |
| | A.2. Identifikace zhotovitele | | |
| | A.3. Specifikace a cíle posouzení a vyhodnocení | | |
| | A.4. Popis a lokalizace zdroje a vodního díla | | |
| | A.5. Místopisné určení posuzovaného území | | |
| | A.6. Identifikace projektové dokumentace (PD) | | |
| B. Popisné údaje | B.1. Geografické situování posuzované lokality | | |
| | B.2. Odpadní voda (přítok na ČOV) | | |
| | B.3. Vypouštěná odpadní voda (odtok z ČOV) | | |
| | B.4. Vsakovací prvek | | |
| | B.5. Přírodní poměry lokality vypouštění | B.5.1. Geologické poměry | |
| | | B.5.2. Hydrogeologické poměry | |
| B.5.3. Hydrologické poměry | | | |
| B.5.4. Hydrochemické poměry | | | |
| B.5.5. Ostatní | | | |
| C. Konceptuální model vypouštění | C.1. Nesaturovaná zóna | | |
| | C.2. Místo vstupu vypouštěné odpadní vody do vody podzemní | | |
| | C.3. Zóna saturace | | |
| | C.4. Přirozená nebo umělá drenáž podzemní vody | | |
| D. Limitující okolnosti | D.1. Zdroje potenciálně dotčených podzemních vod | | |
| | D.2. Zdroje potenciálně dotčených povrchových vod | | |
| | D.3. Ochrana přírody a krajiny | | |
| | D.4. Ostatní okolnosti | | |
| E. Dopady a rizika vypouštění odpadní vody | E.1. Dopad na podzemní vody | | |
| | E.2. Dopad na povrchové vody | | |
| | E.3. Dopad na chráněná území a další ekosystémy | | |
| | E.4. Ostatní možné dopady | | |
| F. Vyhodnocení | F.1. Vyhodnocení | | |
| | F.2. Podmínky pro vyjádření souhlasného nebo podmíněného souhlasného stanoviska | | |
| G. Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí | | | |
| H. Přílohy | Příloha č. 1: Přehledná mapa zájmového území | | |
| | Příloha č. 2: Podrobná mapa lokality vypouštění | | |
| | Příloha č. 3: Výběr použité literatury a podkladů | | |
| | Přílohy č. 4 až X | | |

díla – malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel, resp. čistírny odpadních vod nad 50 ekvivalentních obyvatel. Součástí přílohy č. 3 je i tabulkové schéma znázorňující použití částí norem EN 12566 při skladbě čistících prvků vodního díla. Toto schéma zobrazuje *tabulka 2*.

Závěr

Nepřímé vypouštění odpadních vod do vod podzemních (vsakování) může mít opodstatnění u rozptýlené zástavby, kde není ekonomické budovat a provozovat kanalizační systém s centrální čistírnou odpadních vod, kde nejsou v dosahu vhodné povrchové vody, které by sloužily jako recipient vypouštěných odpadních vod, nebo kde není vhodné odpadní vody přímo vypouštět (např. vody s výskytem citlivých vodních organismů). Vybudování domovní čistírny se vsakováním vyčištěných odpadních vod představuje v takové situaci, kromě pravidelného vyvážení jímký fekálními vozy, investičně i provozně přijatelné řešení, jehož vhodnost ovšem závisí na posouzení negativních vlivů na podzemní vody. Sledováním lokalit vsakování předčištěných odpadních vod z menších obcí byla potvrzena velmi významná redukce znečištění odpadních vod hlavními kontaminanty vlivem procesů doprovázejících vsakování odpadních vod do horninového prostředí. Výsledky výzkumu mj. doložily, že vsakování může být za vhodných podmínek ke kvalitě povrchových vod významně šetrnější než obvyklé přímé vypouštění odpadních vod do vod povrchových, které je mnohem častěji povolováno a realizováno a zákonem upřednostňováno.

Spojením výše uvedených poznatků a odborných zkušeností a také striktních požadavků zákona a dalších předpisů ve věci vypouštění odpadních vod do vod podzemních, resp. zadavatele zastoupeného odbornou ochrany vod MŽP, vznikl text, který – jak jeho tvůrci doufají – bude vhodným nástrojem jak pro formální sjednocení obsahu jednotlivých vyjádření osob s odbornou způsobilostí, tak pro pracovníky vodoprávních úřadů v rámci povolovacích řízení.

Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory výzkumného záměru MZPO002071101, který byl financován Ministerstvem životního prostředí.

Literatura

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů.
- [3] Nařízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.
- [4] Eckhardt, P. a Poláková, K. Vliv vsakování předčištěných odpadních vod na povrchové vody. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2010, roč. 52, č. 5, příloha *Vodního hospodářství* č. 10/2010, s. 9–12. ISSN 0322-8916.
- [5] Tomásek, M. Půdy České republiky. Praha: ČGÚ, 2000.
- [6] Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů.
- [7] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Tabulka 2. Schéma znázorňující použití částí norem EN 12566

| Zdroj | Přítok | Malá ČOV do 50 EO podle ČSN EN 12566 | | | Odtok | Vypouštění | |
|---|----------------------------------|--|--------------------------|---|--------------------------|---|---|
| Jednotlivá stavba pro bydlení a individuální rekreaci nebo poskytující služby | Splaškové (domovní) odpadní vody | Prefabrikovaný septik (viz EN 12566-1) | Předčištěné odpadní vody | Filtrační systém (viz CEN 12566-5) | Vyčištěné odpadní vody* | Zemní infiltrační systém (vsakovací prvek) (viz CEN 12566-2) | Infiltrace (vsakování) do horninového prostředí |
| Jednotlivá stavba pro bydlení a individuální rekreaci nebo poskytující služby | Splaškové (domovní) odpadní vody | Septik montovaný z prefabrikovaných dílců na místě (viz EN 12566-4) | Předčištěné odpadní vody | Filtrační systém (viz CEN 12566-5) | Vyčištěné odpadní vody* | Zemní infiltrační systém (vsakovací prvek) (viz CEN 12566-2) | Infiltrace (vsakování) do horninového prostředí |
| Jednotlivá stavba pro bydlení a individuální rekreaci nebo poskytující služby | Splaškové (domovní) odpadní vody | Balená a/nebo na místě montovaná domovní ČOV (viz EN 12566-3) | | | Vyčištěné odpadní vody* | Zemní infiltrační systém (vsakovací prvek) (viz CEN 12566-2) | Infiltrace (vsakování) do horninového prostředí |
| Jednotlivá stavba pro bydlení a individuální rekreaci nebo poskytující služby | Splaškové (domovní) odpadní vody | Balená a/nebo na místě montovaná domovní ČOV (viz EN 12566-3) | Předčištěné odpadní vody | Filtrační systém (viz CEN 12566-5) | Vyčištěné odpadní vody * | Zemní infiltrační systém (vsakovací prvek) (viz CEN 12566-2) | Infiltrace (vsakování) do horninového prostředí |

* – hodnoty znečištění nesmí překročit emisní standardy „m“ stanovené v příloze č. 1 nařízení vlády

Poznámka č. 1: Národní předpisy mohou stanovit i jiná uspořádání výrobků popsaných v částech norem EN 12566

Poznámka č. 2: Nesoulad mezi v tabulce uvedenými schémata a schémata v normách EN 12566 vychází z toho, že samotný septik má účinnost čištění cca 30 %, což pro zdroje do 500 EO neodpovídá emisním standardům koncentračním ani účinnostním podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů (viz kapitola Zařízení pro individuální čištění Metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.)

- [8] Vyhláška č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.
- [9] Vyhláška č. 206/2001 Sb., o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce.
- [10] Vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasu a vyjádření vodoprávního úřadu, ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb.
- [11] Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů.
- [12] Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.
- [13] Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.
- [14] Metodický návod odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k postupu vodoprávních úřadů v souvislosti se zánikem povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních.
- [15] Metodický pokyn ČAH č. 1/2008 Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k zasakování odpadních vod do půdních vrstev.
- [16] Zákon č. 211/2009 Sb., úplné znění zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o podpoře výzkumu a vývoje), jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 41/2004 Sb., zákonem č. 215/2004 Sb., zákonem č. 342/2005 Sb., zákonem č. 413/2005 Sb., zákonem č. 81/2006 Sb., zákonem č. 227/2006 Sb., zákonem č. 171/2007 Sb., zákonem č. 296/2007 Sb., zákonem č. 124/2008 Sb. a zákonem č. 110/2009 Sb. (zákon o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací).

Ing. Kateřina Poláková, Mgr. Pavel Eckhardt
 VÚV TGM, v.v.i., Praha
 katerina.polakova@vuv.cz
 Příspěvek poslal lektorským řízením.

Guideline defining obligatory content of the deliverance of person with professional competence on waste water discharge into groundwater via rock environment (Poláková, K.; Eckhardt, P.)

Key words

guideline – deliverance of person with professional competence – infiltration – contamination – groundwater – surface water – waste water – rock environment

This article summarizes information on the process of creation and content of the certified methodology named Guideline of the Water Protection Department of the Ministry of the Environment defining obligatory content of the deliverance of person with professional competence on waste water discharge into groundwater according to the Czech Act on Water. Its aim is to unify obligatory content of the deliverance of person with professional competence in hydrogeology. The purpose of this deliverance is to make a survey and to assess influence of waste water discharge into groundwater via rock environment. This certified methodology became one of the sources of the Guideline to the Governmental Decree No. 416/2010 Coll. prepared by the Department of water protection of the Czech Ministry of the Environment.

NÁSTROJE PRO HODNOCENÍ MNOŽSTVÍ A JAKOSTI VOD

Jiří Pícek, Petr Vyskoč, Pavel Rosendorf,
 Jitka Svobodová

Klíčová slova

hodnocení množství vody – hodnocení jakosti vody – vývoj software – simulační modelování – informatika

Souhrn

V rámci řešení výzkumného záměru MZP0002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry byly vyvinuty výpočetní nástroje pro hodnocení množství a jakosti vod. Nástroje byly ověřovány a následně uváděny do vodohospodářské praxe, a to jak prováděním výpočtů na půdě VÚV TGM, v.v.i., tak jejich instalací na pracovištích externích uživatelů.

Účelem článku je poskytnout čtenáři souhrnnou informaci o nástrojích pro hodnocení množství a jakosti povrchových a podzemních vod realizovaných v rámci řešení výzkumného záměru, o jejich zaměření a funkčních možnostech a o jejich dosavadním využití v praxi.

Úvod

V rámci řešení výzkumného záměru Výzkum a ochrana hydrosféry byla vytvořena skupina nástrojů pro řešení vodohospodářských úloh zaměřených na množství a jakost povrchových vod. Základní motivací pro jejich vývoj byla potřeba vzniku flexibilního systému, který by umožňoval uživatelsky jednoduché provádění poměrně složitých, avšak přesně specifikovaných vodohospodářských výpočtů v rozsáhlých povodích, ale zároveň by v případě potřeby umožnil provádění i jiných než předem definovaných úloh, a to buď prostou změnou konfigurace nástrojů již realizovaných (např. změnou parametrů volání), nebo jejich doplněním o nové části.

Ze dvou zvažovaných variant řešení (postavení systému na již existujícím – komerčním základě, nebo vývoj systému vlastního) byla zvolena varianta vlastního vývoje. Základním argumentem pro zahájení vývoje vlastních nástrojů (aplikací) byla zejména možnost přizpůsobit je na míru jak potřebám jejich budoucích uživatelů, tak také v praxi používaným (dostupným) datům.

Realizace byla zahájena nejprve vývojem prvků pro úlohy simulačního modelování množství povrchových vod. Na ně následně navázal vývoj složek pro modelování jakosti vod, a to postupně ve třech různých variantách (tři různé typy úloh).

Poznámka: Realizované nástroje jsou označovány zkratkou – akronymem „VSTOOLS“, popř. dále v kombinaci s označením konkrétní aplikace nebo tzv. sestavení (viz dále). Pro potřeby tohoto článku zachováme z důvodu přehlednosti použití uvedeného (již zavedeného) systému označení.

Koncepce

Jak již bylo zmíněno, jedním ze základních požadavků na vyvíjený systém nástrojů byla flexibilita (zejména z pohledu možnosti budoucího přizpůsobení novým potřebám). Dalšími požadavky byly zejména uživatelská přívětivost a jednoduchost provádění výpočtů, snadný uživatelský přístup k datům bez potřeby dalších (externích) nástrojů, vhodná vizualizace výstupů a v neposlední řadě pak přizpůsobení se datové základně (tedy orientace na fakticky existující a použitelná data se současnou minimalizací požadavků na jejich různé transformace).

S ohledem na uvedené požadavky byla zvolena forma modulárního systému. Systém je tvořen samostatnými aplikacemi (moduly), které lze bez jakýchkoli omezení používat individuálně (mají své plnohodnotné uživatelské rozhraní), lze je však spojit do podoby komplexní aplikace, tzv. sestavení (modelu).

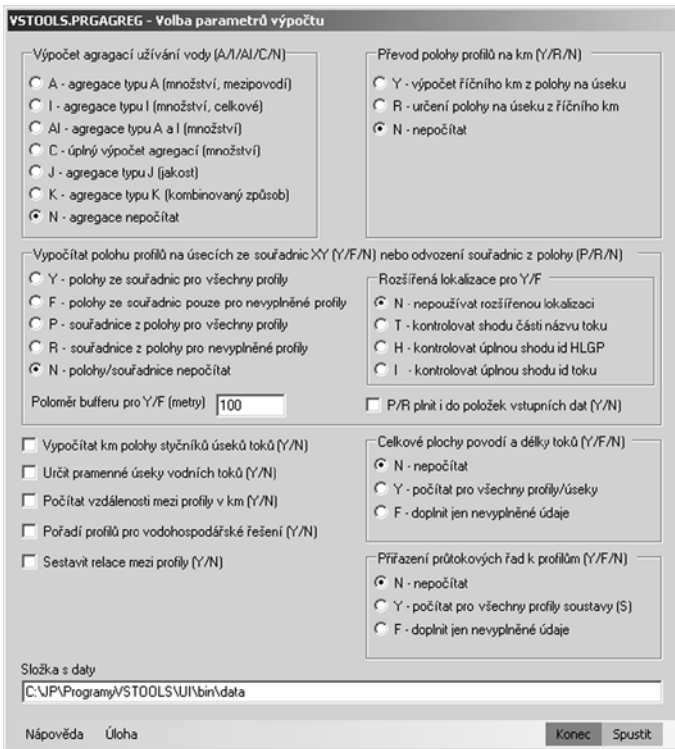
Díličí aplikace (moduly)

V současné době byly realizovány následující samostatné výpočetní aplikace (moduly):

- PRGAGREG – aplikace zaměřená na obecné analýzy objektů a jeví vázaných na říční síť. Aplikace obsahuje nástroje pro analýzy říční sítě, lokalizaci profilů na říční síť (funkce lokalizace profilů pracuje s využitím GIS vrstev v exportních formátech MapInfo Professional), dále pro identifikaci jejich vzájemných vazeb a provádění dalších vybraných výpočtů, jako jsou např. stanovení agregovaných hodnot požadavků na užívání vody, výpočet celkových ploch povodí k profilům apod.
- PRGSIMUL – aplikace provádějící simulační výpočet množství povrchových vod. Jde o simulační výpočty zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Aplikace pracuje v měsíčním časovém kroku, připravována je však také verze pro výpočet v denním časovém kroku.
- PRGSIAK – aplikace provádějící simulační výpočty jakosti povrchových vod v měsíčním časovém kroku.
- PRGANJAK – zvláštní aplikace vzniklá na základě specifického požadavku uživatele. Umožňuje provádět přepočty ukazatelů (tzv. transformaci) mezi dvěma různými sítěmi profilů na společné říční síti.
- PRGKOMJAK – výpočetní aplikace pro provedení hodnocení jakosti povrchových vod kombinovaným způsobem (viz dále).
- PRGSTATG – aplikace pro zpracování „surových“ výstupních dat přípravných výše uvedenými aplikacemi do podoby statistických charakteristik a grafů, kterými jsou například hodnoty pravděpodobnosti zabezpečení požadavků, čáry překročení průtoků, grafy časových řad aktivit atp.

Všechny aplikace sdílejí společný systém uložení vstupních i výstupních dat – datový model. Ten obsahuje prostor pro uložení všech relevantních dat pro všechny typy výpočtů, každá aplikace z něj pak využívá relevantní část.

Samostatné aplikace jsou z hlediska použití vhodné pro provádění díličích výpočetních úloh. Pro uskutečnění komplexních výpočtů, jakými jsou např. úplné simulační výpočty včetně statistického vyhodnocení výsledků, by však jejich samostatné použití bylo nepraktické, protože by bylo třeba pro provedení výpočtu opakovaně spouštět aplikace ve správném sledu, a to včetně správného nastavení jejich parametrů.



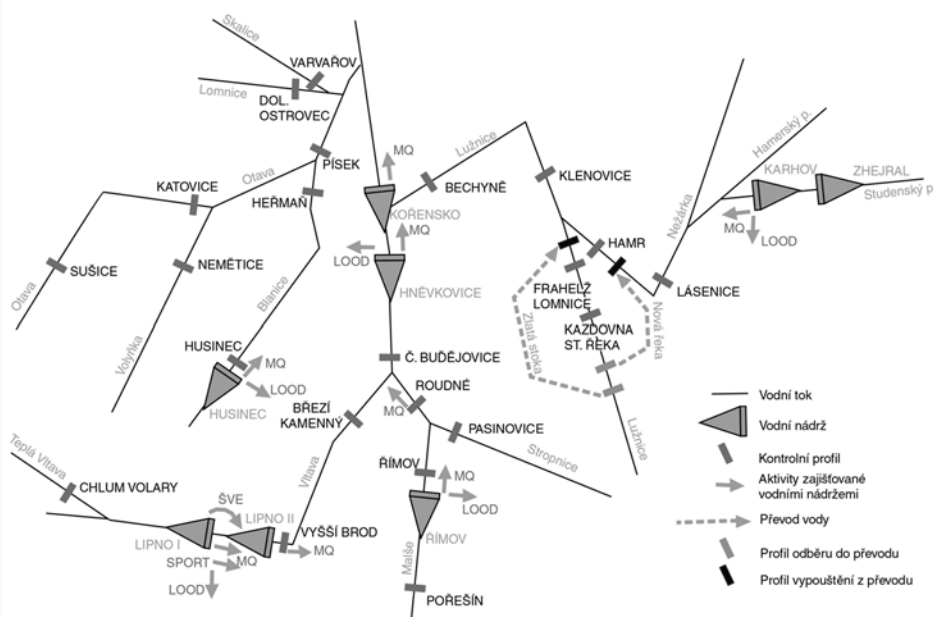
Obr. 1. Ukázka možností nastavení parametrů výpočtu v uživatelském prostředí jedné z realizovaných aplikací (na obrázku uživatelské rozhraní aplikace PRGAGREG)

Sestavení aplikací (modely)

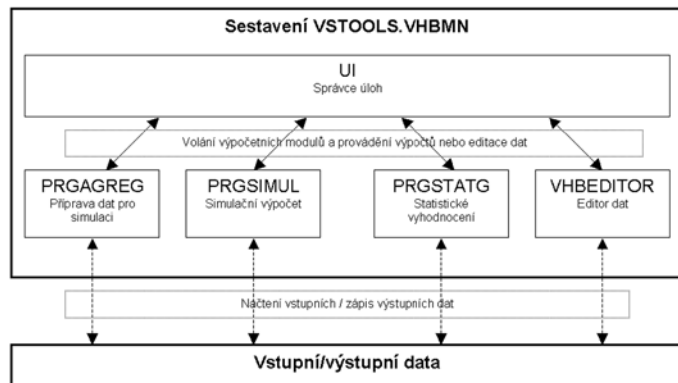
Aby bylo možné provádět i tyto náročné výpočty uživatelsky jednoduše, umožňuje systém kombinovat jednotlivé aplikace do podoby tzv. sestavení (modelů). Sestavení vždy obsahují vlastní výpočetní aplikace (moduly), dále zvláštní modul uživatelského rozhraní (tzv. správce úloh, sloužící k organizaci dat, spouštění výpočtů a řízení přístupu k datům) a uživatelský editor dat (umožňuje jednoduché uživatelské zobrazení nebo editaci dat). Tato sestavení tak představují skupinu navzájem koordinovaně pracujících aplikací, provádějících postupně celou řadu vzájemně navazujících operací a výpočtů a umožňují tak koncovému uživateli opakovaně uskutečnění i velmi složitých výpočtů „jediným kliknutím myši“.

V současné době jsou připravena a pro výpočty používána čtyři takováto sestavení (modely):

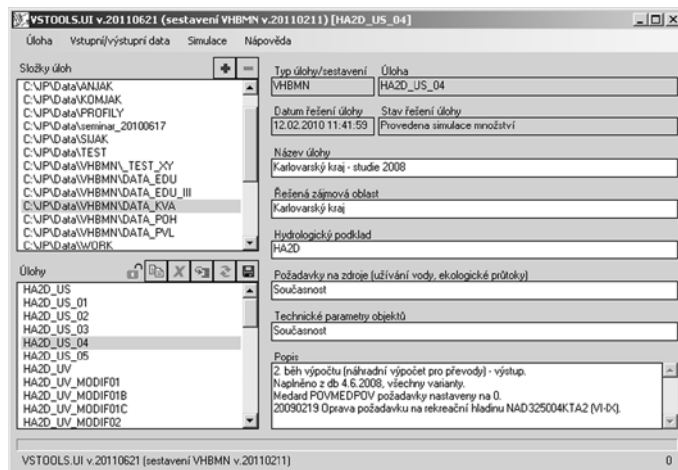
- Simulační model množství povrchových vod – zásobní funkce vodohospodářské soustavy (označovaný jako sestavení VSTOOLS.VHBMN),



Obr. 4. Ukázka definice prvků vodohospodářské soustavy simulačního modelu množství povrchových vod (na obrázku ukázka definice části povodí Vltavy pro zpracování bilance současného stavu množství povrchových vod)



Obr. 2. Funkční schéma sestavení simulačního modelu množství povrchových vod (sestavení VSTOOLS.VHBMN)



Obr. 3. Ukázka uživatelského rozhraní sestavení simulačního modelu množství povrchových vod – zde při použití pro řešení studie potřeb vody zpracovávané pro krajský úřad Karlovarského kraje

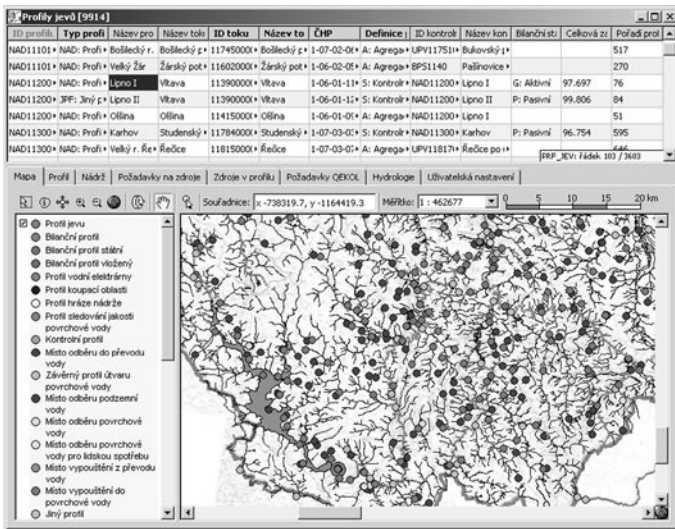
- Simulační model jakosti povrchových vod (označovaný jako sestavení VSTOOLS.SIJAK),
 - Analýzy jakostních ukazatelů – transformace ukazatelů (označované jako sestavení VSTOOLS.ANJAK),
 - Stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem (označované jako sestavení VSTOOLS.KOMJAK).
- Charakteristika jednotlivých modelů a příklady jejich použití v praxi jsou uvedeny v následujícím textu.

Funkce nástrojů (modelů) a jejich uplatnění v praxi

Všechny výše uvedené nástroje jsou v současné době již v rutinním provozu a jsou používány pro řešení konkrétních vodohospodářských úloh. Rada úloh je řešena přímo VÚV TGM, v.v.i. (vybrané příklady uvádíme v následujícím textu), nástroje jsou však instalovány a využívány také u externích uživatelů (některé podniky Povodí, vodoprávní úřady apod.).

Simulační model množství povrchových vod – zásobní funkce

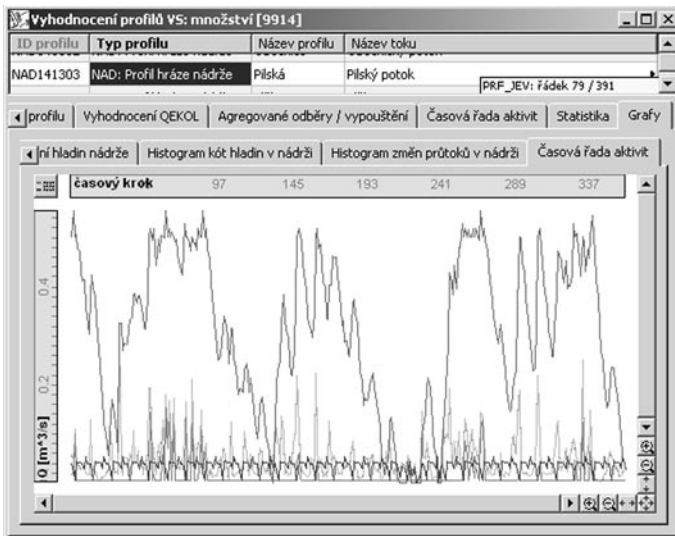
Realizovaný simulační model množství povrchových vod je určen k provádění simulačních výpočtů zásobní funkce vodohospodářské soustavy v měsíčním časovém kroku. Slouží zejména k posouzení zabezpečení požadavků na užívání vody a minimální průtoky vzhledem k dostupným kapacitám vodních zdrojů. Na základě vstupních dat, kterými jsou zejména požadavky na užívání vody, časové řady přirozených průměrných měsíčních průtoků, popis říční sítě, lokalizace profilů, parametry vodních nádrží a převodů vody, popis manipulačních pravidel atp., je provedena simulace chování vodohospodářské soustavy v časové řadě o délce dané délkou vstupních průtokových řad.



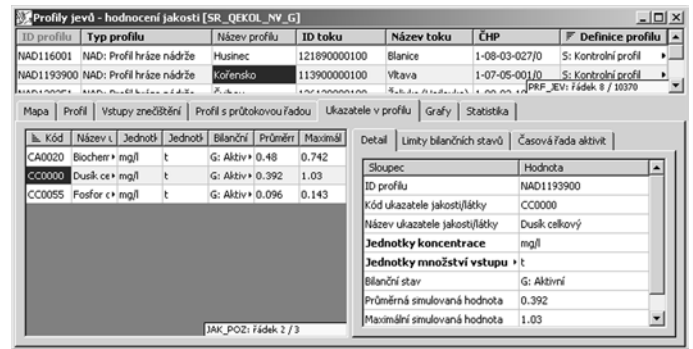
Obr. 5. Zobrazení prvků vodohospodářské soustavy v prostředí editoru simulačního modelu množství povrchových vod (ukázka definice části povodí Vltavy pro zpracování bilance současného stavu množství povrchových vod, viz také obr. 4)

Výsledkem simulačního výpočtu jsou pak časové řady hodnot aktivit v profilech soustavy (tj. časové řady hodnot simulovaných průtoků v jednotlivých profilech, zásob vody v nádržích, plnění požadavků na užívání vody atd.) a dále statistické vyhodnocení těchto údajů v podobě vyhodnocení plnění požadavků, výpočtu zabezpečení simulovaných požadavků, statistického vyhodnocení délek poruchových období a hloubek poruch, výpočet čar překročení průměrných měsíčních průtoků, výpočet histogramů rozdělení hladin v nádržích, histogramů ovlivnění průtoků nádržemi atd. Model je, jak již jeho název napovídá, modelem simulačním, popisným (provádí simulaci chování vodohospodářské soustavy za předem specifikovaných podmínek), nicméně jej lze použít i pro řešení jednodušších úloh optimalizačního charakteru. Například jde o úlohy typu určení disponibilních rezerv průtoků v profilu pro vodohospodářské využití, stanovení vhodné velikosti zásobního prostoru nádrže, stanovení nebo úpravy jednoduchých manipulačních pravidel atp., kdy lze výsledky snadno dosáhnout opakovaným použitím modelu s různými variantami zadání požadavků.

Jelikož výše popsaný simulační model množství povrchových vod vznikl jako první z vyvíjených nástrojů, je jeho dosavadní využití v praxi nejrozšířenější. Byl již opakovaně použit např. při výpočtech vodohospodářské bilance současného stavu množství povrchových vod v povodí Vltavy v letech 2006 až 2011 (mj. viz [12] až [15]), a při zpracování celé řady



Obr. 6. Výstupy simulačního výpočtu jsou zobrazovány prostřednictvím integrovaného editoru dat také formou grafů – na obrázku je ukázka zobrazení časové řady aktivit (neovlivněný průtok, přítok do profilu, odtok z profilu, mezidobá zásoba vody v nádrži a dosažený lokální odběr) v profilu hráze vodní nádrže Pilská; ukázka je z výpočtu vodohospodářské bilance současného stavu množství povrchových vod v povodí Vltavy



Obr. 7. Zobrazení výsledků simulačního výpočtu jakosti povrchových vod v povodí Vltavy (ukázka výsledků výpočtu pro ukazatel celkový dusík v profilu Kořensko pro jednu z celé řady řešených variant)

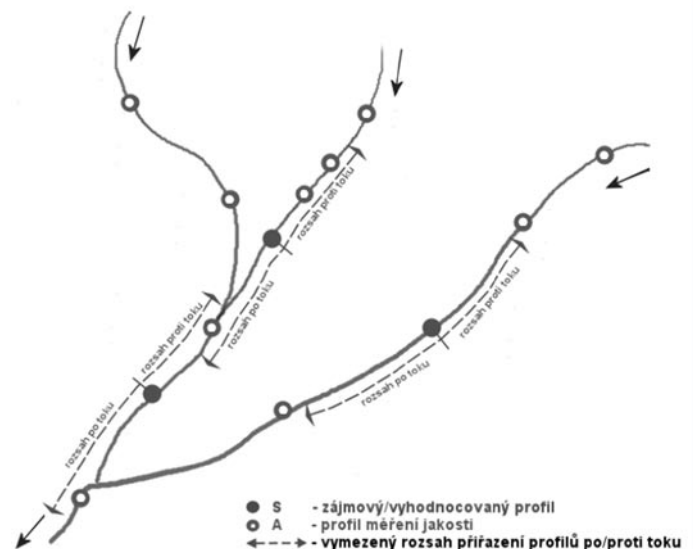
vodohospodářských studií, jako byly například studie posouzení zabezpečení požadavků na odběry vody a minimální průtoky v povodí Labe [19], posouzení dopadů klimatické změny na hospodaření s vodou v povodí Vltavy [17] a Labe [18], studie posuzující výhledový stav potřeb a zdrojů vody v Karlovarském kraji [24] nebo studie výhledového stavu potřeb a zdrojů vody v povodí Ohře a dolního Labe [16]. Dalším příkladem využití modelu v praxi je jeho použití pro zpracování série vodohospodářských studií zaměřených na posouzení možností odběrů vody pro uvažované rozšíření jaderných elektráren Temelín a Dukovany (mj. [20] až [22]) v letech 2008 až 2011.

Simulační model jakosti povrchových vod

Simulační model jakosti povrchových vod je určen k modelování šíření znečišťujících látek ve vodních tocích. Na základě vstupních dat popisujících strukturu říční sítě (včetně potřebných charakteristik dílčích úseků toků), průtokových řad, identifikace míst a hodnot vstupů znečištění atp. je simulováno šíření (transport, odbourávání) znečišťujících látek ve vodních tocích a vodních nádržích. Model umožňuje aplikovat na různé znečišťující látky různé vztahy popisující odbourávání znečištění ve vodních tocích/nádržích s volitelným zadáváním parametrů jak pro jednotlivé jakostní ukazatele, tak i pro samostatné dílčí úseky toků nebo nádrže. Výsledky výpočtů jsou zaznamenávány a vyhodnocovány v tzv. kontrolních profilech, v nichž jsou porovnávány simulované (modelované) hodnoty znečištění s povolenými hodnotami. Model byl již úspěšně použit při vyhodnocení vodohospodářské bilance současného stavu jakosti povrchových vod v povodí Vltavy [24].

Analýzy jakostních ukazatelů – transformace ukazatelů

Tato aplikace vznikla na základě konkrétního požadavku řešení poměrně specifického (i když zcela jistě nikoli ojedinělého) problému, kterým je neexistence naměřených hodnot ukazatelů jakosti v zájmových profilech. Úkolem aplikace je provedení transformace známých ukazatelů jakosti z jedné sítě profilů (profily monitorování jakosti) do druhé sítě profilů,



Obr. 8. Schematické zobrazení základního principu funkce transformačních výpočtů ukazatelů jakosti – identifikace relevantních profilů pro odvození hodnot jakostních ukazatelů

v níž data o jakosti nejsou k dispozici, a to zejména za podmínek, kdy není prakticky možné použít metody typu simulačního modelování nebo doplňování dat účelovým monitoringem (typicky velké množství profilů na malých tocích, viz [25]). Transformace ukazatelů mezi dvěma sítěmi profilů se provádí identifikací relevantních profilů s daty a následným matematickým (statistickým) přepočtem těchto dat do zájmového profilu. Podmínkou pro provedení výpočtu je pouze informace o naměřené koncentraci dané látky a správná identifikace profilů na říční síti. Pro provedení transformace (přepočtu) hodnot ukazatelů je k dispozici celá řada volitelných parametrů umožňujících dosažení co nejpřesnějších (nejvěrohodnějších) výsledků, jako jsou různé volby vymezující podmínky zahrnutí nalezených sousedních profilů, jejich váhu, různé možnosti vyhodnocení s ohledem na různou četnost měřených dat v jednotlivých profilech apod.

Stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem

Aplikace pro stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem byla vyvinuta jako nástroj pro podporu procesu vodoprávního rozhodování. Aplikace do maximální možné míry automatizuje výpočetní postup stanovený Metodickým pokynem odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech [4]. Aplikace je, včetně nezbytných vstupních dat, dostupná na internetovém portálu Informační podpory stanovování emisních limitů kombinovaným způsobem (<http://heis.vuv.cz/projekty/kombinovanyzpůsob>) a je určena zejména pro využití vodoprávními úřady. Aplikace provádí na základě vstupních dat (údaje o současných a plánovaných vstupech znečištění, data z monitoringu, popis říční sítě a hydrologické charakteristiky, požadavky na jakost atp.) vyhodnocení podle algoritmu popsaného uvedeným metodickým pokynem, jehož výsledkem je vyhodnocení plnění požadavků na jakost povrchových vod ve stanovených kontrolních profilech, a to jak pro současný, tak i pro tzv. výhledový stav (současnost vs. posuzovaná změna, kterou může být např. nový zdroj znečištění nebo změna parametrů zdroje stávajícího).

Závěr

Účelem tohoto článku je představit čtenáři alespoň ve zkratce realizované nástroje, jejich možnosti a poukázat na způsoby jejich uplatnění v praxi, a to s vědomím, že jde pouze o stručnou informaci. Detailnější popis jednotlivých aplikací, používaných výpočetních postupů nebo již řešených úloh výrazně přesahuje možnosti dané rozsahem tohoto článku, lze jej však nalézt v uvedené literatuře.

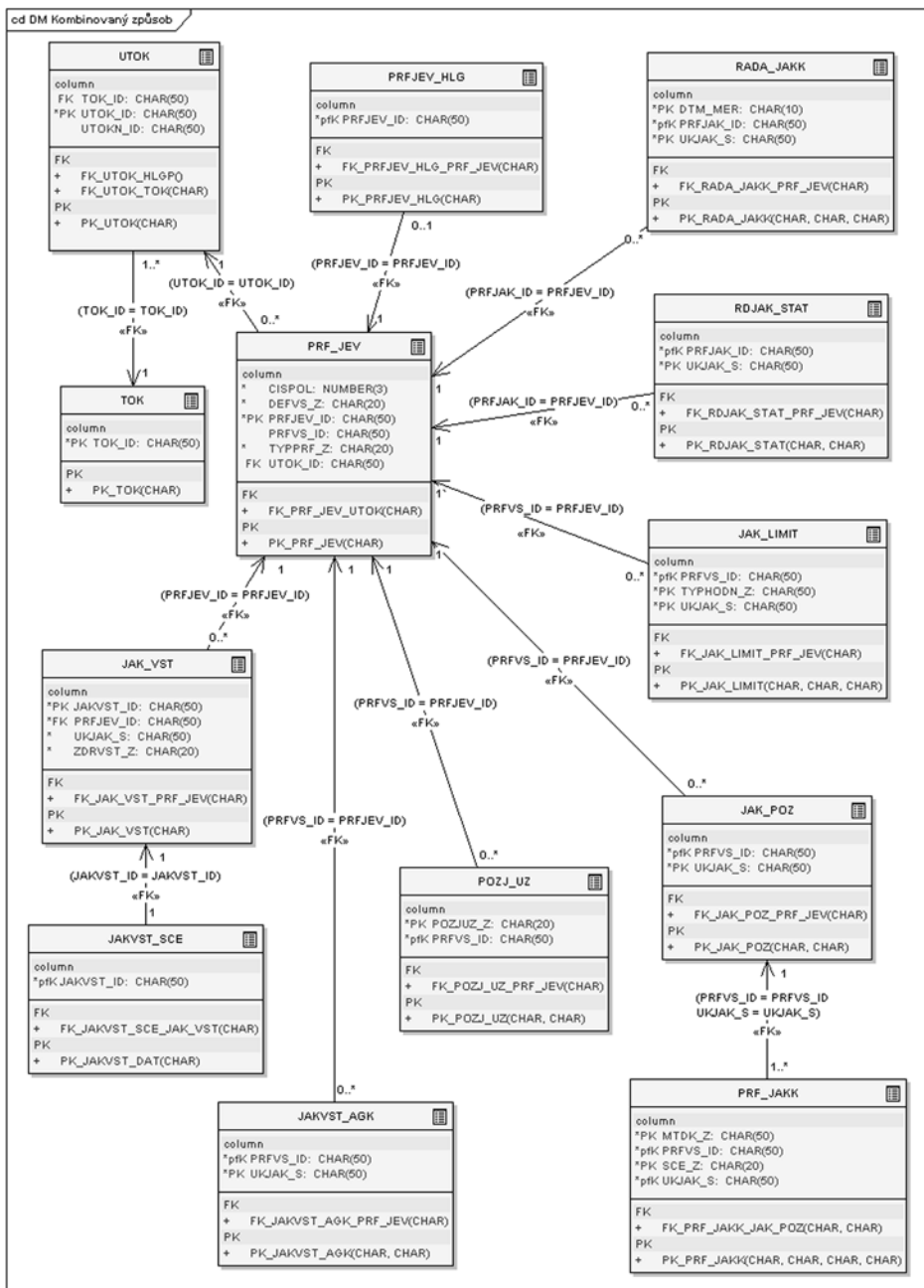
Na základě dosavadních zkušeností z vývoje a zejména následného využití realizovaných nástrojů pak lze konstatovat, že volba vývoje vlastního software byla pro daný účel jednoznačně správná. Vyvinuté nástroje se v současné době již rutinně používají v praxi, přičemž jejich vývoj dále pokračuje a předpokládá se jeho pokračování i po skončení výzkumného záměru v letošním roce.

Poděkování

Popisované nástroje byly vyvinuty s podporou výzkumného záměru MZP0002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry.

Literatura

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnosti Společenství v oblasti vodní politiky.
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů.



Obr. 9. Každý z nástrojů (modelů) využívá pro uložení dat relevantní část společného datového modelu – na obrázku je zobrazena část datového modelu používaná pro uložení vstupních, výstupních a referenčních dat při hodnocení jakosti kombinovaným způsobem

- [3] Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.
- [4] Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- [5] Metody navrhování vodohospodářských soustav, část 1 – Systém modelů pro navrhování vodohospodářských soustav. Úkol SPZV II-5-6/1. VÚV, 1985.
- [6] Zeman, V. Úlohy navrhování vodohospodářských soustav. VÚV, 1986.
- [7] Macháček, L. Simulační model vodohospodářské soustavy. VÚV, 1986.
- [8] ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží.
- [9] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [10] Vyskoč, P. a Zeman, V. Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod. VÚV TGM, 2008.
- [11] Píček, J., Vyskoč, P. a Zeman, V. Simulační model množství povrchových vod: zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Uživatelský manuál a instalační CD. VÚV TGM, 2008.
- [12] Vodohospodářská bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod v oblasti povodí Dolní Vltavy. Svazek 1. Popis oblasti povodí. Praha: VÚV TGM (pro Povodí Vltavy, s. p.), 2006.

- [13] Vodohospodářská bilance současného stavu množství povrchových vod v oblasti povodí Dolní Vltavy. Sv. 2. Zpráva o výsledcích hodnocení. VÚV TGM (pro Povodí Vltavy, s. p.), 2006.
- [14] Vodohospodářská bilance výhledového stavu množství povrchových vod v oblasti povodí Dolní Vltavy. Sv. 3. Zpráva o výsledcích hodnocení. VÚV TGM (pro Povodí Vltavy, s. p.), 2006.
- [15] Vodohospodářská bilance současného stavu množství povrchových vod v oblastech povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy. VÚV TGM (pro Povodí Vltavy, s. p.), 2009.
- [16] Výhledová studie potřeb a zdrojů vody v oblasti povodí Ohře a dolního Labe – východní část. VÚV TGM, v.v.i., a VRV, a.s. (pro Povodí Ohře, s. p.), 2010.
- [17] Posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu povodí Vltavy. VÚV TGM (pro Ministerstvo zemědělství), 2007.
- [18] Posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu povodí Labe. VÚV TGM (pro Povodí Vltavy, s. p.), 2008.
- [19] Posouzení zabezpečení požadavků na odběry vody a minimální průtoky v oblasti povodí horního a středního Labe za současných hydrologických podmínek. VÚV TGM (pro Povodí Labe, s. p.), 2010.
- [20] Studie možnosti zajištění odběrů vody z VD Hněvkovice pro výhledové rozšíření JE Temelín. VÚV TGM (pro Ústav jaderného výzkumu Řež), 2009.
- [21] Vodohospodářská studie posuzující možnosti zajištění odběrů surové vody z toku Jihlavy, resp. z VD Dalešice-Mohelno, pro výhledově uvažované rozšíření jaderné elektrárny v lokalitě Dukovany. VÚV TGM (pro Ústav jaderného výzkumu Řež), 2008.
- [22] Aktualizace vodohospodářské studie posuzující možnosti zajištění odběrů surové vody z toku Jihlava, resp. z VD Dalešice-Mohelno, pro rozšíření elektrárny Dukovany o nový jaderný zdroj EDU 5. VÚV TGM (pro Ústav jaderného výzkumu Řež), 2011.
- [23] Výhledová studie potřeb a zdrojů vody v Karlovarském kraji. VRV, a.s., a VÚV TGM (pro krajský úřad Karlovarského kraje), 2009.
- [24] Vodohospodářská bilance současného stavu jakosti povrchových vod v oblasti povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy. VÚV TGM (pro Povodí Vltavy, s. p.), 2009.
- [25] Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Pícek, J., Douda, K. a Beránková, M. Vliv jakosti vody na populace raků v České republice – porovnání s legislativou ČR. VTEI, 2008, roč. 50, č. 6, s. 1–5, příloha *Vodního hospodářství* č. 12/2008.

**Ing. Jiří Pícek, Ing. Petr Vyskoč,
Mgr. Pavel Rosendorf,
RNDr. Jitka Svobodová
VÚV TGM, v.v.i., Praha
jiri_picek@vuv.cz**
Příspěvek posel lektorským řízením.

Tools for water quantity and water quality evaluation (Pícek, J.; Vyskoč, P.; Rosendorf, P.; Svobodová, J.)

Keywords

water quantity evaluation – water quality evaluation – software development – simulation modeling – informatics

Within the research of the project MZP0002071101 Research and hydrosphere protection specialized computational tools for water quantity and quality evaluation were developed. These tools have been put into water management practices by calculations administered by T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i., as well as placing of these instruments into operation on external users' workplaces.

The purpose of the article is to provide the reader with an overview of the tools for the surface water and groundwater quantity and quality evaluation realized within the research project, their focus and functional possibilities and their use in current practice.

Začátky vydávání odborných publikací ve VÚV TGM

V letošním roce uplynulo už 85 let od počátků vydavatelské činnosti Výzkumného ústavu vodohospodářského. V roce 1926 byla v ediční řadě *Práce a studie* vydána první odborná monografie zaměřená na podzemní vody. Zpočátku byl obsahem publikací výzkum v oblasti hydrologie, který se od 30. let začal rozšiřovat o hydrauliku a posléze též hydrotechniku. Po válce se přidala i tematika vodárenství a čistírenství, jakosti vod a její ochrany, ochrany vodních biocenóz a další. Následující seznam ukazuje šíři problematiky podchycené odbornými publikacemi v období do počátku 60. let 20. století:

- Otockij, P.: Režim podzemních vod a jeho závislost od vzdušných činitelů (1926)
- Kocourek, F., Novotný, J., Dejmek, J.: Katastrofální dešť a povodně dne 11. srpna 1925 v Čechách (1926)
- Smetana, J.: Státní výzkumný ústav hydrotechnický T. G. Masaryka. Jeho účel, vznik a zařízení (1930)
- Vorel, Č., Kovářik, F., Trupl, J.: Režim vod a vodní bilance v zimním období 1928–1929 (1930)
- Podvolecký, F.: Vrutické prameny na Mělnicku a jejich význam pro zásobení Prahy pitnou vodou
Jelen, V.: Rudolfova studně na Pražském hradě
Bratránek, A.: Vliv zamýšlené zádržné přehrady na Tiché Orlici u Lichkova
Müller, V.: Úprava Otavy v Horažďovicích
Vorel, Č.: Vodní výkony v ČSR
Smetana, J.: Cizina o publikacích našich ústavů (1931)*
- Myslivec, A.: Propustnost zemin
Vorel, Č.: Vodní výkony řeky Otavy
Müller, V.: Jihočeské rybníky a jejich vliv na vyrovnávání odtoku
Myslivec, A.: Úprava odtoku Jizery
Müller, V.: Hydrologické podklady pro projekty zdymadel na střední Vltavě
Vorel, Č.: Podélný profil Váhu a Malého Dunaje (1932)*
- Smetana, J.: Podhrází údolní přehrady na řece Teplé nad Karlovými Vary (1932)
- Bratránek, A.: Povodňový režim Dunaje a jeho československých přítoků
Myslivec, A.: Hydrologické podklady úpravy Hronu
Heisig, V.: Velká voda na Váhu v roce 1813
Jelen, V.: Výzkum podzemní vody a pramenů na listu speciální mapy "Roudnice" (1932)*
* Některé publikace prvních ročníků zahrnovaly několik příspěvků.

- Smetana, J.: Experimentální studie vodního skoku (1933)
- Smetana, J.: Podhrází vodní nádrže na řece Blanici u Husince (1934)
- Podvolecký, F.: Artéské vody v Československu (1934)
- Vorel, Č.: Použití metod matematické statistiky při zpracování hydrologického materiálu (1934)
- Smetana, J.: Experimentální studie vodního skoku vzdutého (1934)
- Smetana, J.: Dva příklady užití racionelní teorie podjezí (1935)
- Myslivec, A.: Zkoušky zemin a jejich použití pro stavbu hráze na Fryštátském potoce u Zlína (1935)
- Vorel, Č.: Hydrografie v Československu, její organizace, dosavadní výsledky a budoucí úkoly (1936)
- Podvolecký, F.: Soustavný výzkum podzemních vod a pramenů v českém křídovém útvaru a jeho dosavadní výsledky za období 1928 až 1935 (1936)
- Bratránek, A.: Splavnost Dunaje v československé trati (1936)
- Myslivec, A.: Materiál pro zemní hráze vodních nádrží a kanálů (1937)
- Bratránek, A.: Stanovení ochranných prostorů v nádržích. Hydrologická studie (1937)
- Myslivec, A.: Vliv snížení hladiny podzemní vody na množství vztlínající vody (1937)
- Vorel, Č.: Sucha na území ČSR v posledních desetiletích (1937)
- Bratránek, A.: Výpočet podélného profilu hladiny nejvyšší vody v širokém mezipřáží (1937)
- Myslivec, A.: Vliv promrzání zemin na stavby silniční (1938)
- Vorel, Č.: Vodnost čs. toků v době 1901–1937 (1938)
- Jelen, V.: Výzkum podzemních vod a pramenů na území speciální mapy „Kladno“ (1938)
- Müller, V.: Studie o nádržích na Horní Vltavě (1938)
- Kovářik, F.: Měření průtoků a spádů při garančních zkouškách velkých vodních elektráren (1938)
- Bratránek, A.: Dlouhodobé předpovědi vodních průtoků na Vltavě ve Stěchovicích pro období sucha (1939)
- Smetana, J.: Úkoly vodního hospodářství a jejich řešení v nových hranicích Československa (1939)
- Bratránek, A.: Použití průměrných měsíčních průtoků k sestavení vodohospodářských plánů údolních přehrad (1939)
- Smetana, J.: Podobnost hydrodynamických jevů, je-li vodní proud silně promísen strženým vzduchem (1939)
- Duben, V.: Zkušenosti s čištěním odpadních vod skrápěnými tělesy (1939)
- Bratránek, A.: Vytvoření průtokové vlny při spuštění stavidel na přepadu údolní přehrady (1939)
- Myslivec, A.: Výzkum zemin při stavbách silničních a železničních (1939)

36. Jelen, V.: Minerální vody české křídly (1939)
37. Bratránek, A.: Vodohospodářský program v povodí Labe a Vltavy (1940)
38. Bratránek, A.: Vodní hospodářství projektované boční nádrže na potoce Rozkoši u Č. Skalice s ohledem na katastrofálně suché roky (1940)
39. Jelen, V.: Podzemní vody v české křídě (1940)
40. Čábelka, J.: Pozorování a měření pomocí fotografie v hydrotechnickém pokusnictví (1941)
41. Duben, V.: Minerální vody v karpatské části jihovýchodní Moravy (1940)
42. Myslivec, A.: Sesedání zemin a základů staveb následkem snížení hladiny podzemní vody (1940)
43. Myslivec, A.: Zakládání propustků v násypch silničních nebo železničních (1941)
44. Jelen, V., Šíma, F.: Fyzikální a chemické vlastnosti vody, zvláště vody podzemní (1941)
45. Bratránek, A.: Hospodaření vodou na průplavech v rámci celkového vodohospodářského plánu příslušného povodí (1941)
46. Duben, V.: O původu minerálních vod v Čechách a na Moravě (1941)
47. Čermák, M.: Rožnovská Bečva. Hydrologická studie (1942)
48. Smetana, J.: Studie vodního hospodářství řeky Orlice (1941)
49. nevyšlo
50. Jelen, V., Myslivec, A.: Zeminy a podzemní vody v trase Odra-Dunaj (1942)
51. Myslivec, A.: Těsnění průplavů a zemních hrází (1945)
52. Myslivec, A.: Konstruktivní výška a složení podkladní vrstvy pod pražci (1945)
53. Bratránek, A.: Organizace hydrologické služby v SSSR ve srovnání se službou v ČSR (1946)
54. Bratránek, A.: Zásady vodohospodářského plánování na tocích (1946)
55. Lískovec, L.: Ochrana drážky v jezovém pilíři před účinky průtoku pod tabulovými stavidly (1946)
56. Bratránek, A.: Kritický odtok v otevřených korytech (1946)
57. Dub, O.: Hydrologická služba na Slovensku za dob nesvobody (1946)
58. Roth, J.: Vliv tepelných změn vody v nádržích (1946)
59. Čábelka, J.: Plavební komory s podzáporníkovým plněním (1946)
60. Ron, J.: Měření ovzdušných srážek srážkovým totalisátorem (1946)
61. Bratránek, A.: Posouzení rychlostních vzorců pro výpočty volných říčních tratí (1946)
62. Bratránek, A.: Splavnost Labe a možnosti jejího zlepšení (1946)
63. Bratránek, A.: Vodohospodářský plán a provozní řád přehrady (1947)
64. Cyrus, B., Cyrus, Z.: Mapa čistoty toků v povodí Labe, Dunaje a Odry (1947)
65. Lorenz, J.: Úkoly hydrografické služby v Čechách se zřetelem na návštěvní a předpovědní službu pro plavbu na Labi (1947)
66. Bulíček, J.: Zásobování Kladna a okolí vodou ze zdrže na Klíčavě (1946)
67. Melíšek, A.: Údolní přehrada v Ústí na Oravě. Vodohospodářský plán (1947)
68. Novák, P.: Stabilita hranolovitých těles na dně vodního proudu (1948)
69. Bratránek, A.: Nejchopitelnější velikost užitkových prostorů v povodí Vltavy po Štěchovicích. Hydrologická studie (1948)
70. Lískovec, L.: Přepadová plocha hráze (1948)
71. Novotný, J.: Hydrologie základů vodního hospodářství (1948)
72. Čábelka, J.: Nízkotlakové vodní elektrárny při jezích (1950)
73. Bratránek, A.: Kolísání přírodních zjevů a jeho využití pro dlouhodobé předpovědi (1948)
74. Novák, P.: Novější uzávěry základových výpustí vysokých přehrad USA (1948)
75. Čábelka, J.: Návrh rekonstrukce vodní elektrárny na Labi v Hradci Králové (1948)
76. Čábelka, J.: Plavební komora při jezu (1949)
77. Novák, P.: Křivka vzduší při nerovnoměrném pohybu v říčním korytě (1949)
78. Lískovec, L.: Studie vtoku tlakového výpustného potrubí údolních přehrad (1950)
79. Bulíček, J.: Zdravotně-technické posuzování jakosti vody (1950)
80. Bratránek, A.: Klasifikace nízkých průtoků na tocích (1949)
81. Novotný, J.: Úloha rybníků ve vodním hospodářství (1949)
82. Lískovec, L.: Skluz pod přepadem hráze (1951)
83. Bulíček, J.: Odpadní vody našeho průmyslu (1951)
84. Petru, A.: Voda ve Inářském průmyslu (1951)
85. Kovářik, F.: Stanovení stupně znečištění toků odpadními vodami organického původu (1951)
86. Novák, P.: Mechanická podobnost v hydrodynamice při pokusech s modely říčních tratí (1951)
87. Slepíčka, F.: Propustnost pevných křídových sedimentů (1951)
88. Kovářik, F.: Vodopis čsl. Labe se stručným přehledem jeho vodního režimu (1951)
89. Zubčenko, D.: Studie o fyzikálně-chemickém složení a vlastnostech vody zdrže a průsakové vody (1951)
90. Urban, J.: Transformace povodňové vlny při průtoku nádrží (1956)
91. Novák, P.: Hydrotechnický výzkum vývarů a výmolů v podjezí (1956)
92. Bratránek, A.: Vliv manipulace s hradičními tělesy na přelivech na odtok vody pod přehradou (1956)
93. Hoření, P.: Studie rozpadu volného vodního paprsku ve vzduchu (1956)
94. Drábek, B.: Zadržování fenolů adsorpčními způsoby (1957)
95. Zahradka, V.: Kyslíková bilance akivačních nádrží s aeracím dmychacím vzduchem (1957)
96. Martinec, J.: Vliv drsnosti koryta na pohyb vody ve vodních tocích (1958)
97. Trupl, J.: Intenzity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy (1958)
98. Haindl, K.: Teorie vodního skoku v potrubí a její aplikace v praxi (1958)
99. Novák, P.: Výzkum funkce a účinnosti přístrojů na měření splavenin (1959)
100. Trupl, J.: Závislost intenzit krátkodobých dešťů na výskytu bouřek (1959)
101. Bratránek, A.: Teplotní režim vody v tocích a jeho změny vodohospodářskými zásahy (1961)
102. Lískovec, L.: Výzkum spodních výpustí (1961)
103. Martinec, J.: Předpověď odtoku ze sněhu na Vltavě (1961)
104. Slepíčka, F.: Filtrační zákony (1961)
105. Zubčenko, D.: Koroze a ochrana stavebních hmot vodních staveb (1962)
106. Válek, Z.: Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí (1962)
107. Martinec, J., Urban, J.: Průtokové poměry ve vzdušných říčních tratích (1962)
108. Kněžek, M.: Průsak z vodárenských infiltračních nádrží (1962)

Do současnosti vydal ústav ve třech edičních řadách (*Práce a studie, Výzkum pro praxi, Sborník prací VÚV TGM*) i mimo ně celkem 314 publikací.

Redakce

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Water Management Technical and Economical Information

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství

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 53

**ISSN 0322 - 8916
MK ČR 6365**

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



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