

## VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

### ODBOR APLIKOVANÉ EKOLOGIE

S ohledem na růst odborné i společenské poptávky po komplexních projektech zaměřených na ochranu říční sítě ČR vznikl v roce 2008 ve VÚV T.G.M., v.v.i., odbor aplikované ekologie. Jeho hlavní náplní je analýza vztahů mezi různými úrovněmi biologické organizace vodních ekosystémů. Výzkum zahrnuje stanovení vlivu civilizačních faktorů a vývoj predikčních modelů stavu biologických složek vodních ekosystémů. Vodní organismy jsou sledovány na úrovni jedinců, populací i společenstev. Současně jsou sledovány látky obsažené ve vodním prostředí, včetně jejich plošné bilance a cyklů, které přirozený vývoj společenstev ovlivňují. Pro stanovení konfliktních situací mezi přirozeným vývojem ekosystémů a vlivem civilizačních faktorů jsou používány především matematické modely. Součástí pracovní náplně je i expertní a posudková činnost a zapojení do procesu implementace legislativy Evropské unie v oblasti vodní politiky.

### PROGRAM SNÍŽENÍ ZNEČIŠTĚNÍ LOSOSOVÝCH A KAPROVÝCH VOD

Věra Kladivová, Jitka Svobodová

#### Klíčová slova

znečištění povrchových vod, lososové a kaprové vody, program opatření

#### Souhrn

**Nařízením vlády č. 71/2003 Sb. bylo vyhlášeno 305 úseků lososových a kaprových vod. Na základě monitoringu jakosti vody byly zjištěny úseky nevyhovující všem ukazatelům jakosti, které jsou uvedeny v legislativních předpisech. Byl vytvořen Program snížení znečištění povrchových vod, který zahrnuje 327 investičních akcí a dalších opatření na zlepšení tohoto stavu. Aktuální stav plnění tohoto programu byl vyhodnocen k 31. 12. 2007. Míra realizace staveb se pohybuje okolo 64–65 %.**

Lososové a kaprové vody České republiky byly vyhlášeny nařízením vlády č. 71/2003 Sb. jako povrchové vody vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů. Tento statut zajišťuje zvýšení ochrany vymezených vod před znečištěním a zlepšení jejich jakosti tak, aby se staly trvale vhodnými pro život ryb. Bylo vyhlášeno 305 přesně vymezených vod: 174 lososových a 131 kaprových. Česká republika vymezila tyto vody obdobně jako ostatní státy EU na základě implementace směrnice 78/659/EHS o kvalitě sladkých povrchových vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení za účelem podpory života ryb (v kodifikovaném znění 44/2006/EU).

Lososovými vodami nazýváme vody, kde jsou podmínky pro život lososovitých ryb (*Salmonidae*) a lipana podhorního (*Thymallus thymallus* L.). Kaprovými vodami nazýváme vody, kde jsou podmínky pro život ryb kaprovitých (*Cyprinidae*) nebo jiných druhů, jako je štika obecná (*Esox lucius*), okoun říční (*Perca fluviatilis*) a úhoř říční (*Anguilla anguilla*). Jako hlavní vodítko pro členění rybných vod byl zvolen řád toku (podle Horthon–Strahlera). Rozhraní úseků lososových a kaprových vod byla určena podle nejnižšího výskytu štěrkových lavic nutných pro přirozenou reprodukci signálního druhu lipana podhorního (*Thymallus thymallus* L.). K podrobnému rozdělení všech úseků bylo použito podkladů rybářských svazů, lokálních expertů i lokalit (území) Natura 2000. Při vymezení nebylo přihlédnuto k vlivu současného znečištění, čímž byly splněny požadavky směrnice EU.

Byl zaveden pravidelný měsíční monitoring jakosti vody všech úseků rybných vod, při kterém se sleduje přibližně 650 profilů v rámci monitorovacích sítí státních podniků Povodí a situačního monitoringu. Sledují se jak uzávěrové profily jednotlivých vyhlášených rybných vod, tak i profily doplňkové. Stanovuje se celkem 13 ukazatelů, pro které uvedené legis-

Odbor je zaměřen na interdisciplinární programy s výsledky využitelnými pro komplexní koncepci ochrany přírody.

Hlavní zaměření odboru se promítá v činnosti dvou oddělení:

*Oddělení ekologie vodních organismů* se orientuje na výzkum společenstev s ohledem na přirozený stav prostředí, sledování vztahů mezi vodním a suchozemským prostředím, stanovení vlivu klimatických změn na populace, vývoj predikčních modelů pro výskyt, migraci a reprodukci organismů a návrhy opatření zmírňujících vliv civilizačních faktorů, včetně záchranných programů.

*Oddělení ochrany vodních ekosystémů* analyzuje vztahy mezi zdroji znečištění a jejich vlivy na jakost vod a kvalitu vodních ekosystémů, včetně stanovení významu cizorodých látek pro existenci biologických složek vodního prostředí. Součástí specializace je odborná podpora přípravy plánů oblastí povodí, vytváření hodnotícího systému stavu vod a referenčních podmínek vodních útvarů a výzkum plánování vodní bilance a užívání vod.

lativní předpisy určují přípustné limity. Mezi ně patří rozpuštěný kyslík, volný amoniak, amonné ionty, teplota, pH, celkový chlor, ropné látky, fenoly a veškerý zinek, které jsou pro vyhlášené vody závazné (mandatorně). Další sledované ukazatele jsou zařazeny mezi tzv. cílové ukazatele (guide). Patří mezi ně BSK<sub>5</sub>, nerozpuštěné látky, dusitany, rozpuštěná měď. Lososové vody mají v některých přípustných i cílových ukazatelích přísnější limity než vody kaprové. Na základě vyhodnocování monitoringu je pravidelně sledován vývoj jakosti vod v jednotlivých úsecích. Plnění či neplnění stanovených limitů ve vyhlášených „rybných“ vodách je předmětem reportingu všech členských států EU.

Na základě monitoringu bylo v roce 2003 zjištěno, že 81 úseků vod (33 lososových a 48 kaprových) nevyhovuje přípustným limitům jakosti vody. Pro zlepšení kvality vody v těchto úsecích byl proto vytvořen Program snížení znečištění povrchových vod. Legislativním podkladem se stalo nařízení vlády č. 169/2006 Sb., kde byl tento program vyhlášen a kde jsou tyto úseky vyjmenovány. V listopadu 2006 pak byl ve Věstníku MŽP (ročník XVI, částka 11) zveřejněn společný Metodický pokyn MŽP a MZE k zabezpečení plnění programu snížení znečištění povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů. Zahrnuje 327 investičních akcí a dalších opatření na zlepšení tohoto stavu. Většina těchto akcí se týká odkanalizování a čištění městských odpadních vod – výstavby, rekonstrukce nebo intenzifikace ČOV a dostavby a rekonstrukce kanalizačních sítí. Usnesením vlády č. 1401 ze dne 2. 11. 2005 bylo plánováno vyhodnocení realizace vyhlášeného programu v polovině daného období, tedy do konce roku 2007.

Byla vyhodnocena především investiční část, což je 231 opatření navržených k realizaci a týkajících se přímo odkanalizování a čištění městských odpadních vod. Investiční opatření byla navrhována pro 69 úseků rybných vod. V mnoha případech bylo čištění splaškových vod v textu programu navrženo pro celou skupinu malých obcí. V těchto případech byly obce seskupeny podle stupně realizace po několika stavbách a takto vzniklé skupiny pak byly hodnoceny samostatně.

Aktuální stav realizace staveb byl zjišťován dotazy na příslušných vodo- právních úřadech, do jejichž kompetence dané stavby patří. Podrobnosti pak byly dohledávány na městských či obecních úřadech nebo u správců kanalizací či konkrétních provozů. Původní záměr – zjišťování aktuálního stavu pomocí dostupných registrů – narazil na časovou prodlevu nutnou k jejich doplnění. Stav realizace staveb za rok 2007 byl stanovován až v průběhu roku 2008 a následně bude doplňován do registrů (obr. 1).

Kritéria hodnocení staveb jsou uvedena v *tabulce 1*. Zahřnuty jsou zde i akce týkající se zemědělských objektů a rybníků.

Bez realizace zůstalo do konce roku 2007 17 % všech akcí. Jde převážně o malé obce pod 500 EO. Většinou bylo konstatováno, že tyto obce vzhledem ke své finanční situaci v současné době neuvažují o realizaci žádné akce pro zlepšení kvality vody. V šesti případech jde o nerealizovanou část rozsáhlejšího záměru zlepšení stavu v celé skupině obcí, například na Radbuze dolní a Zákolanském potoce. Do této skupiny byly také zařazeny dva průmyslové podniky, které mezitím změnily majitele

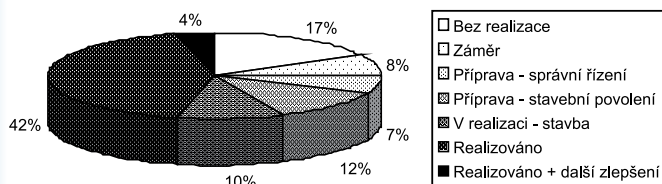
**Tabulka 1.** Kritéria hodnocení staveb

<b>Stav realizace</b>
Bez realizace
Záměr
Příprava – příprava podkladů až po územní rozhodnutí, příprava na stavební řízení
Příprava – udělené stavební povolení
V realizaci – stavba probíhá
Realizováno
Realizováno + další zlepšení, jak si to vyžaduje situace rozrůstání obcí

či charakter výroby. Jde o podniky na Loučné horní a Střele kaznějovické. Nerealizovány zůstaly avizované revitalizace menších vodních toků střední a jižní Moravy i návrh na odstraňování sedimentů z horních toků Litavy a Trkmanky.

V další skupině jsou obce, které o zlepšení čištění svých odpadních vod usilují a hledají možné finanční zdroje. Záměr do konce roku 2007 ale nebyl realizován. Třetí skupina, kde jde o připravovanou správní řízení, usiluje o získání stavebního povolení a poté se bude ucházet o financování z různých programů.

Stavby, které v současné době probíhají, i stavby již realizované postupně sníží přísun znečištění do rybných vod. Jakost vody se bude měnit a ryby a jiné vodní organismy se budou moci do takovýchto úseků vod postupně vrátit. Doufáme, že provoz nových zařízení se nestane zdrojem



**Obr. 1.** Realizace investiční části Programu snížení znečištění povrchových vod

havarijních úniků nebo zhoršení jakosti vody, které by celý proces vrátily opět na začátek.

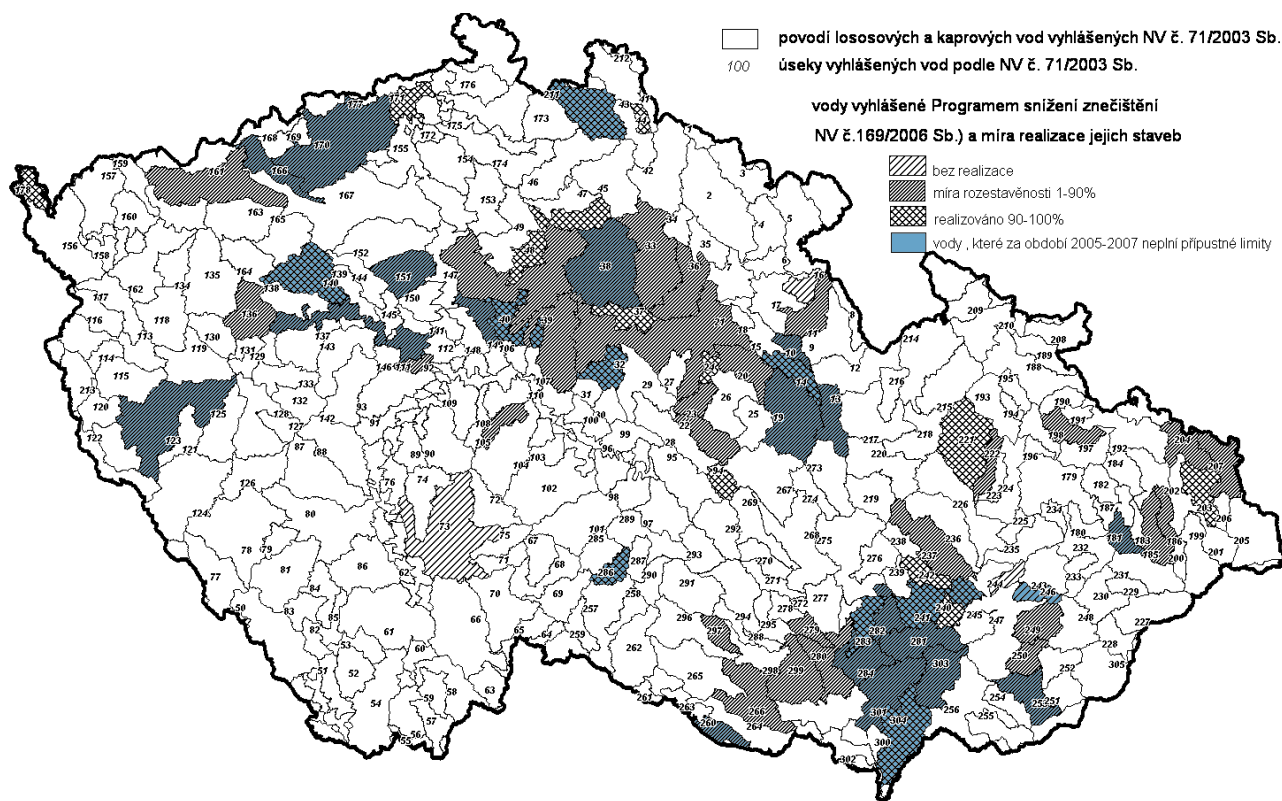
Kromě realizace konkrétních staveb byl vyhodnocen stav rozestavěnosti všech akcí v každém úseku, pro který byl Program snížení znečištění vyhlášen. Míra realizace staveb se pohybuje v průměru okolo 65 %.

Míra realizace jednotlivých akcí v úsecích, které jsou vyjmenovány v nařízení vlády č. 169/2006 Sb., je rozdílná. Maximální míry realizace dosahuje největší počet, tedy 15 úseků. Mezi ně patří například Tichá Orlice choceňská, Bílý Halštrov, ale i Kyjovka dolní a Haná. Monitoring jakosti vody v průběhu dalších období

ukáže, zda byla tato opatření dostatečná nebo zda bude nutné v rámci Plánů oblastí povodí provádět další opatření. Naopak ve čtyřech úsecích nebyl program realizován ani v nejmenší míře. Tento stav dokumentuje mapa na obr. 2, která pro přehlednost vyjádření ukazuje jen tři hladiny realizace – všechny stavby v úseku nerealizovány; v úseku jsou stavby ve stadiu realizace až do míry 90 %; v úseku jsou všechny stavby realizované nebo blízké konečné realizaci.

Vztah mezi plněním limitů v jednotlivých úsecích a mezi mírou realizace staveb není zcela odpovídající, protože mnohé stavby byly realizovány až koncem roku 2007. I u staveb uskutečněných do konce roku 2006 nelze ještě předpokládat optimální provoz. Na mapce (obr. 2) jsou znázorněny i výsledky plnění přípustných limitů lososových a kaprových vod za období 2005–2007. Toto trojletí jsme vybrali proto, že i reportingová povinnost jednotlivých států o stavu implementace směrnice 78/689/EHS o „sladkých vodách“ se vztahuje na tříleté období.

Součástí Programu na snížení znečištění jsou také další neinvestiční opatření – především vyhodnocení vývoje rybí populace ve vazbě na kyslíkové či teplotní poměry ve vodním toku. Stav rybích společenstev byl z tohoto důvodu v roce 2006 sledován v 55 úsecích. Z tohoto počtu v 11 % rybných úseků bylo shledáno, že kyslíkový deficit způsobuje, že se v toku nevyskytuje přirozená rybí populace. Jde např. o Loučnou horní, Oskavu, Rusavu, Říčku, Klejnárku dolní a Vrchlici. V těchto úsecích je potřeba řešit nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku v připravovaných Plánech oblastí povodí. V 55 % úseků jsou již hodnoty rozpuštěného kyslíku v limitu, ale rybí populace ještě není vyvážená. Většinou je to způsobeno jiným znečištěním toku. Je nutné je dále sledovat a navrhnout opatření v Plánech oblastí povodí. Ve 34 % úseků je již vyrovnané rybí



Zpracoval Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M.,v.v.i.

**Obr. 2.** Program snížení znečištění povrchových vod pro vyhlášené lososové a kaprové vody ČR

společenstvo a i kyslíkové a teplotní poměry jsou v limitu. Úsek většinou splňuje přípustné limity nařízení vlády č. 71/2003 Sb.

K neinvestičním opatřením se řadí kontroly hospodaření na rybnících ovlivňujících jakost vody některých toků a následně revize manipulačních řádů ze strany vodoprávních úřadů. Vzhledem k tomu, že v současné legislativě není dostatečně zakotvena odpovědnost provozovatelů chovu ryb za jakost vody v toku pod rybníky nebo soustavami, byla tato část Programu snížení znečištění v roce 2007 bez realizace.

Do poslední skupiny neinvestičních akcí náleží opatření s místní účinností, jako třeba kontrola nečištěných odpadních vod z vinařské výroby. Patří sem také činnosti ČIŽP a vodoprávních úřadů při revizi povolení vypouštění několika velkých znečišťovatelů na Lučině, Svatce, Ostravici a Blílně, které se budou řešit po 1. 5. 2009.

## Závěr

Byla vyhodnocena první polovina pětiletého běhu Programu snížení znečištění povrchových vod. Investiční část programu zahrnuje 232 staveb. Míra všech realizací staveb se na konci roku 2007 pohybovala v průměru okolo 65 %. Opatření neinvestiční povahy se týkají průběžné činnosti a jejich účinnost bude souhrnně hodnocena v roce 2009, kdy platnost programů skončí.

Nadále se očekává, že vliv rozestavených i čerstvě dokončených staveb se na jakosti vody plně projeví až v dalších sledovaných obdobích.

## Literatura

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění zákona č. 76/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 274/2003 Sb., zákona č. 20/2004 Sb., zákona č. 413/2005 Sb., zákona č. 444/2005 Sb., zákona č. 186/2006 Sb., zákona č. 222/2006 Sb., zákona č. 342/2006 Sb., zákona č. 25/2008 Sb., zákona č. 167/2008 Sb., zákona č. 180/2008 Sb. a zákona č. 181/2008 Sb.

Směrnice Rady 78/659/EHS ze dne 18. července 1978 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/44/ES ze dne 6. září 2006 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb (kodifikované znění).

Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod, ve znění nařízení vlády č. 169/2006 Sb.

# ALKYLFENOLY, JEJICH DERIVÁTY A BISFENOL A V POVRCHOVÝCH VODÁCH A VE VODÁCH NA ODTOCÍCH Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Petr Lochovský, Danica Pospíchalová

## Klíčová slova

tenzidy, alkylfenoly, nonylfenoethoxyláty, bisfenol A, povrchové vody, odpadní vody

## Souhrn

Práce je zaměřena na průzkum relevance alkylfenolů (4-terc-oktylfenol a 4-nonylfenol), vybraných derivátů 4-nonylfenolu (mono- a diethoxylát 4-nonylfenolu, 4-nonylfenoxyoctová kyselina) a bisfenolu A v povrchových vodách říčních toků na území ČR v souvislosti se zdroji kontaminace těmito látkami na odtocích z komunálních čistíren odpadních vod. V rámci sledování bylo zjištěno, že jednoduché ethoxyláty a karboxyláty 4-nonylfenolu se významně podílejí na kontaminaci vodních toků nonylfenolovými látkami. V ČR a řadě dalších zemí EU nejsou zatím pro tyto látky legislativně stanoveny imisní limity. Zatímco koncentrační nálezy 4-nonylfenolu vesměs splnily požadavky pro imisní zatížení povrchových vod (NV č. 61/2003 Sb., směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES), nálezy jednoduchých ethoxylátů 4-nonylfenolu překračovaly prakticky u všech analyzovaných vzorků vody nejvyšší přípustné imisní koncentrace platné v Holandsku, stanovené na základě Risk assessment reportu RIVM 601501019/2003. Koncentrační nálezy jednoduchých derivátů 4-nonylfenolu byly přítomny jak v povrchových vodách, tak ve vodách na výpustech z čistíren odpadních vod vyšší než nálezy samotných 4-nonylfenolů.

Koncentrační nálezy 4-terc-oktylfenolu a bisfenolu A lze na sledovaných lokalitách hodnotit jako nízké.

Metodický pokyn MŽP a MZE k zabezpečení plnění programu snížení znečištění povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů č. 8. *Věstník MŽP*, roč. XVI, č. 11, 18 s.

Kladivová, V. and Svobodová, J. Program for reduction of pollution of surface waters in the Czech Republic. In Programm des Magdeburger Gewässerschutzseminar, Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008. Magdeburk, 7. 10. 2008. Wernigerode : MKOL, 2008, s. 190.

Kladivová, V. Lososové a kaprové vody. Závěrečná zpráva z výzkumného úkolu. Praha : VÚV, 2007, 66 s.

Kladivová, V. Klasifikace vod z hlediska možnosti trvalého výskytu ryb a stanovení jejich úseků pro monitoring dle požadavků směrnice 78/659/EHS. Závěrečná zpráva z výzkumného úkolu. Praha : VÚV, 2003, 134 s.

Projekt Lososové a kaprové vody; <http://prgheisv/default.asp?typ=10>

Příspěvek vznikl v rámci projektu MŽP Lososové a kaprové vody.

Ing. Věra Kladivová  
RNDr. Jitka Svobodová  
VÚV T.G.M., v.v.i.  
vera\_kladivova@vuv.cz  
jitka\_svobodova@vuv.cz

Příspěvek prošel lektorským řízením.

## Key words

pollution of surface waters, salmonid and cyprinid waters, program of measures

*Program for reduction of salmonid and cyprinid waters pollution (Kladivová, V., Svobodová, J.)*

**305 sectors of salmonid and cyprinid waters have been declared by government regulation No. 71/2003 Coll. Based on monitoring it was discovered that some sectors do not comply with all quality indicators, which are listed in the regulations. A Program for reduction of pollution of surface waters was created, which encompasses 327 investment projects and other measures for improvement of the status. The actual status of the program fulfillment was evaluated as of December 31, 2007. The degree of completeness of the constructions is about 64–65%.**

## Úvod

Alkylfenoly s osmi- a devítiuhlíkovým alkylovým řetězcem, zejména 4-terc-oktylfenol (OP) a 4-nonylfenol (NP), patří k chemickým látkám, které nacházejí velmi široké uplatnění v řadě průmyslových odvětví. Menší část produkce se uplatňuje při výrobě fenolových pryskyřic nebo jako stabilizátor v plastických hmotách, většina vyrobených alkylfenolů je však zpracovávána dále katalytickou adicí ethylenoxidu na alkylfenoethoxyláty (ApnEO), které se osvědčily jako velmi účinné neiontové tenzidy. Výsledné chemické vlastnosti produktu značně závisejí na počtu přítomných ethoxyskupin a rozvětvení alkylového řetězce. V čistících prostředcích převažují alkylfenoly s počtem ethoxyskupin < 10 a rozvětvenými alkyly. Používají se zejména v následujících průmyslových oblastech: v textilním a kožedělném průmyslu, jako součást emulzí při opracovávání kovů, přísada do mazacích prostředků a barev, při výrobě epoxidových pryskyřic, při aplikaci biocidů, v čistících prostředcích, ve fotoprůmyslu, při výrobě papíru a v řadě dalších aplikací.

Bisfenol A (BPA) (4,4'-dihydroxy-2,2-difenylypropan) patří z hlediska chemického složení k poněkud odlišným látkám, avšak byly u něj prokázány velmi podobné estrogenní účinky jako u alkylfenolů a jejich derivátů (Servos, 1999; Montgomery-Brown, 2003). Bisfenol A se používá při výrobě polykarbonátů a epoxidových pryskyřic, jako antioxidant při výrobě plastů a hydraulických kapalin, k výrobě hasicích látek, termopapírů, zubních plomb a v mnoha dalších aplikacích.

V porovnání s hormony (estrogen, estradiol, ethynylestradiol) jsou estrogenní účinky všech námi sledovaných látek o několik řádů nižší (Gaido, 1997), avšak jejich koncentrační nálezy na odtocích z ČOV bývají naopak o mnoho řádů vyšší, nelze tedy zcela vyloučit určitý negativní dopad na vodní prostředí. Na základě některých výzkumných prací byl rovněž prokázán synergický účinek estrogenně aktivních látek (Silva, 2002; Thorpe, 2003). V důsledku plošné aplikace lze přítomnost alkylfenolových látek i BPA prokázat prakticky ve všech složkách životního prostředí, převážná většina se jich však dostává do vodního prostředí z výpustí komunálních a průmyslových čistíren odpadních vod (Giger, 1995; Alder, 1997). Dalšími potenciálními zdroji kontaminace hydrosféry těmito látkami mohou být aplikace čistírenských kalů v zemědělství, popřípadě v omezené míře i přenos vzdušnou cestou.

## Legislativní limity

V právním řádu EU jsou NP a OP zařazeny do skupiny prioritních látek (příloha X Rámcové směrnice 60/2000 EU) a byly publikovány údaje o stanovení jejich ekologického rizika (Hansen, 2002). Na základě této studie byly v povrchových vodách stanoveny nejvyšší přípustné koncentrace NP 0,33 µg/l a OP 0,01 µg/l. Tyto hodnoty byly převzaty do českých právních norem a zohledněny v imisních limitech NV č. 61/2003 Sb. a v novele tohoto nařízení č. 229/2007Sb. V prosinci 2008 vstoupila v platnost směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky. Pro nonylfenol je zde pro vnitrozemské povrchové vody uvedena *roční průměrná hodnota normy environmentální kvality* (RP-NEK) 0,3 µg/l a *nejvyšší přípustná koncentrace* (NPK-NEK) 2,0 µg/l. Pro oktylfenol se zde uvádí pouze koncentrační hodnota (RP-NEK) 0,1 µg/l.

Pro deriváty alkyfenolů nebyly v ČR ani v EU zatím stanoveny žádné imisní limity, ale například v Holandsku jsou používány nejvyšší přípustné koncentrace pro jednoduché ethoxyláty i karboxyláty (RIVM report 2003). V *tabulce 1* jsou pro informaci uvedeny nejvyšší přípustné koncentrace alkyfenolů a jejich derivátů pro vodu, říční sedimenty a zemědělské půdy podle výše uvedeného RIVM reportu.

Zvláštní pozornost zasluhují zejména jednoduché ethoxyláty alkyfenolů, neboť jsou v přírodních ekosystémech vzhledem ke své stabilitě značně rozšířeny.

Pro bisfenol A nebyly v ČR ani v EU zatím stanoveny žádné koncentrační limity pro povrchové vody, s odůvodněním jeho velmi rychlé biodegradace v přírodních ekosystémech (Dorn, 1987; Nakada, 2006). Přesto je však v současné době ekologický dopad bisfenolu A stále přezkoumáván.

## Chování alkyfenolů, jejich derivátů a bisfenolu A na čistírnách odpadních vod a v recipientech

Většina alkyfenolových látek přichází na ČOV ve formě polyethoxylátů, které se částečně štěpí již v kanalizační síti za vzniku kratších řetězců. Část látek se již v surové odpadní vodě sorbuje na pevné matrici kalu a je separována při mechanické fázi čištění ve formě primárního kalu. V biologické fázi čištění dochází působením mikroorganismů ke zkracování polyethoxyřetězců až na mono- a diethoxyláty, které se vyznačují lipofilnějším charakterem a z hlediska další degradace patří k poměrně stabilním látkám. Část jednoduchých ethoxylátů je v aerobní fázi čištění oxidována na karboxyláty, za vzniku kyselin alkyfenoxyoctové a alkyfenoxyethoxyoctové (koncový uhlík ethoxylového řetězce je oxidován za vzniku karboxylové skupiny).

Vzniklé karboxyláty jsou v důsledku přítomnosti karboxylové skupiny výrazně rozpustnější ve vodě a dostávají se společně s malým množstvím jednoduchých ethoxylátů do vyčištěné odpadní vody a dále do recipientů. V recipientech se jak alkyfenoly, tak jejich ethoxyláty snadno sorbují na pevné matrici říčních sedimentů. V anaerobním prostředí hlubších sedimentových horizontů dochází k jejich další degradaci již jen velmi pomalu a látky zde mohou být kumulovány po řadu let.

Bisfenol A podléhá za aerobních podmínek jak v povrchových vodách, tak v půdách a sedimentech velmi rychlé biodegradaci (Dorn, 1987; Nakada, 2006). Podle distribučních koeficientů oktanol / voda (Korenman, 1973; Staples, 1998) je bisfenol A (v porovnání s NP a OP) slaběji sorbován na pevné matrici a rovněž méně bioakumulován. Mikrobiální rozklad probíhá poměrně rychle, podle Dorna (1987) jsou udávány hodnoty 2,5–4 dny, hlavním metabolitem rozkladu je 4-hydroxyacetofenon.

## Sledované látky

4-nonylfenol – technická směs izomerů (NP), 4-nonylfenolmonoethoxylát (NP1EO), 4-nonylfenoldiethoxylát (NP2EO), 4-nonylfenoxyoctová kyselina (NP1EC), 4-*terc*-oktylfenol (OP) a bisfenol A (BP-A).

## Cíle sledování

Cílem sledování bylo prokázat relevanci vybraných derivátů alkyfenolů a bisfenolu A ve vodách říčních toků ČR a porovnat příslušné nálezy s koncentracemi z výpusť komunálních čistíren odpadních vod. Rozsah sledovaných ukazatelů byl determinován vývojem příslušných analytických metod v laboratořích VÚV T.G.M., v.v.i., proto byly v rámci odběrů v roce 2007 stanoveny pouze jednoduché ethoxyláty nonylfenolů, zatímco v roce 2008 byly analyzy rozšířeny o stanovení 4-nonylfenoxyoctové kyseliny jakožto degradačního produktu nonylfenolpolyethoxylátů za aerobních podmínek.

**Tabulka 1.** Nejvyšší přípustné koncentrace pro vybrané alkyfenoly, jejich ethoxyláty a karboxyláty ve vodě, říčních sedimentech a zemědělských půdách (podle holandského RIVM reportu 2003)

Název látky *	Voda (µg/l)	Sediment (mg/kg)	Půdy (mg/kg)
<b>OP</b> 4-oktylfenol	0,01	–	–
<b>NP</b> 4-nonylfenol	0,33	0,105	0,105
<b>OPE<sub>1,2</sub>C</b> 4-oktylfenolkarboxylát (1+2)	5	0,40	0,40
<b>OPEO<sub>1,2</sub></b> 4-oktylfenoethoxylát (1+2)	7,3	3,6	3,6
<b>OPEO<sub>3,8</sub></b> 4-oktylfenoethoxylát (3–8)	1,8	0,45	0,45
<b>OPEO<sub>&gt;8</sub></b> 4-oktylfenoethoxylát (> 8)	2,1	0,23	0,23
<b>NPE<sub>1,2</sub>C</b> 4-nonylfenolkarboxylát (1+2)	1	0,15	0,15
<b>NPEO<sub>1,2</sub></b> 4-nonylfenoethoxylát (1+2)	0,12	0,15	0,15
<b>NPEO<sub>3,8</sub></b> 4-nonylfenoethoxylát (3–8)	14	4,5	8,7
<b>NPEO<sub>&gt;8</sub></b> 4-nonylfenoethoxylát (> 8)	10	2,9	2,9

\* čísla v závorce za názvem jednotlivých chemických látek a číselné indexy za zkratkami těchto názvů udávají počet ethoxyskupin v příslušné molekule

**Tabulka 2.** Odběrová místa povrchové vody s datem odběru

Odběrové místo	Datum odběru	*Říční km / břeh	Stručná charakteristika odběrové lokality
Smiřice (Labe)	16. 5. 07	279,0/ P	nad Hradcem Králové a Pardubicemi
Valy (Labe)	16. 5. 07	227,2/ L	pod průmyslovou aglomerací Pardubic (Synthesia)
Lysá nad Labem (Labe)	18. 9. 07	150,7/ L	pod průmyslovou aglomerací Kolína
Obrřívka (Labe)	16. 5. 07	114,0/ L	pod Neratovicemi (Spolana)
Ústí n. Labem-Vaňov (Labe)	30. 5. 07	41,3/ L	nad Ústím nad Labem
Děčín (Labe)	18. 9. 07	21,3/ P	Labe odtékající do SRN
Ústí nad Labem (Bílina)	30. 5. 07	0,2/ P	koncový profil Bíliny
Terezín (Ohře)	18. 9. 07	4,0/ P	koncový profil Ohře
Zelčín (Vltava)	20. 3. 07	5,0/ L	koncový profil Vltavy
Vrané nad Vltavou (Vltava)	21. 3. 07	71,2/ L	Vltava nad Prahou a přítokem Berounky
Káraný (Jizera)	18. 9. 07	1,0/ L	koncový profil Jizery
Vltava-nad ÚČOV	9. 9. 08	43,6/ L	100 m nad výpusť z ÚČOV
Vltava-pod ÚČOV	9. 9. 08	43,2/ L	300 m pod výpusť z ÚČOV
Vltava-nad ÚČOV	12. 9. 08	43,6/ L	100 m nad výpusť z ÚČOV
Vltava-pod ÚČOV	12. 9. 08	43,2/ L	300 m pod výpusť z ÚČOV
Vltava-Roztoky	11. 9. 08	39,1/ L	vliv pražské aglomerace
Labe-nad ústím Bíliny	11. 9. 08	38,5/ L	nad Ústím nad Labem
Bílina	11. 9. 08	0,2/ P	koncový profil
Labe-pod Ústím nad Labem	11. 9. 08	36,0/ L	nad ČOV
Labe-pod Děčínem	11. 9. 08	19,0/ L	Labe odtékající do SRN
Labe-Štětí	11. 9. 08	93,0/ P	1 km pod papírnami ve Štětí (nad jezem)
Labe-Obrřívka	11. 9. 08	114,0/ L	pod Neratovicemi (Spolana)
Botič	14. 9. 08	0,5/ L	potok na území Prahy
Šárecký potok	12. 9. 08	0,1/ L	potok na území Prahy

\* říční km jsou pro Labe uváděny od státní hranice se SRN, u ostatních toků od jejich ústí (L – levý břeh, P – pravý břeh)

**Tabulka 3.** Odběrová místa surové odpadní vody z komunálních čistíren odpadních vod

ČOV	Datum odběru	ČOV	Datum odběru
Praha-ÚČOV	15. 6. 06	Praha-ÚČOV	9. 9. 08
Praha-ÚČOV	12. 9. 06	Praha-ÚČOV	12. 9. 08

**Tabulka 4.** Odběrová místa vyčištěné odpadní vody z komunálních čistíren odpadních vod

ČOV	Datum odběru	ČOV	Datum odběru
Hradec Králové	17. 9. 07	Ústí nad Labem	14. 6. 07
Pardubice	22. 5. 07	Praha-ÚČOV	15. 6. 07
Přelouč	17. 9. 07	Praha-ÚČOV	9. 9. 08
Kolín	17. 9. 07	Praha-ÚČOV	12. 9. 08
Litoměřice	17. 9. 07	Ústí nad Labem	11. 9. 08
Děčín	17. 9. 07	Děčín	11. 9. 08
Lysá nad Labem	17. 9. 07	Litoměřice	11. 9. 08

## Analytické metody

Stanovení analytů bylo provedeno plynovou chromatografií na přístroji Agilent Technologies 6890N s hmotnostním detektorem Agilent 5973 Network s multifunkčním autosamplerem Gerstel MPS2 a kapilární kolonou HP-5MS o rozměrech 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm.

Bez derivatizace byly stanoveny 4-*terc*-oktylfenol a 4-nonylfenol (podle normy ISO/FDIS 18857-1). Pro stanovení ethoxylátů, kyseliny 4-nonylfenoxyoctové a bisfenolu A byla aplikována derivatizační metoda podle Benanou et al., 2004. Jako derivatizační činidlo byla použita směs trimethylchlorsilanu (TMCS), hexamethyldisilazanu (HMDS) a pyridinu (1 : 3 : 9) od firmy Supelco.

Meze stanovitelnosti: 4-terc-oktylfenol 2 ng/l, 4-nonylfenol 20 ng/l, bisfenol A 3 ng/l, 4-nonylfenolmonoethoxylát 30 ng/l, 4-nonylfenoldiethoxylát 40 ng/l a 4-nonylfenoxyoctová kyselina 30 ng/l.

### Odběrová místa

Odběry vzorků povrchové vody a vody odpadní z komunálních čistíren odpadních vod (ČOV) byly provedeny v letech 2007–2008. Odběrová místa s příslušným datem odběru jsou uvedena v *tabulce 2*. Vzorky vody byly odebrány pomocí ručního vzorkovače a ve vzorkovnicích stabilizovány přidávkem kyseliny chlorovodíkové.

### Výsledky

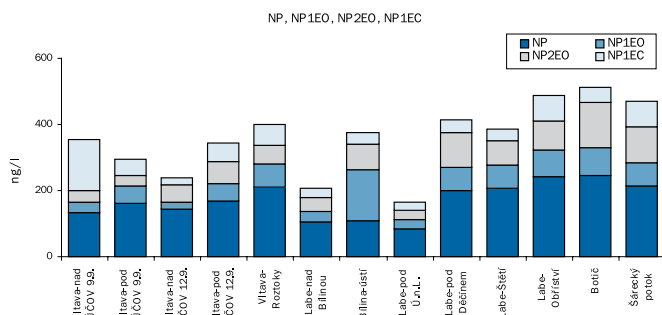
Na obrázcích jsou graficky znázorněny výsledky analýz jednotlivých alkyfenolových látek a bisfenolu A v povrchové vodě, ve vyčištěné odpadní vodě z komunálních čistíren odpadních vod a v surové odpadní vodě z ÚČOV Praha. Na *obr. 1* jsou znázorněny koncentrační nálezy sledovaných nonylfenolových látek v povrchových vodách vybraných vodních toků ČR, na *obr. 2* je pak zobrazen procentuální podíl jednotlivých látek na sumární koncentraci. Z *obr. 1* a *2* je patrné, že na celkovém obsahu

nonylfenolových látek se kromě samotných nonylfenolů podílejí přibližně z jedné poloviny i jejich deriváty. Ačkoli koncentrační nálezy samotných nonylfenolů ve směs splňují limitní koncentrace pro povrchové vody podle NV č. 61/2003 Sb., NV č. 229/2007 Sb. i směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES, překračují ve většině případů sumární koncentrace jednoduchých ethoxylátů (NP1EO + NP2EO) nejvyšší přípustnou koncentraci podle holandského RIVM reportu 120 ng/l.

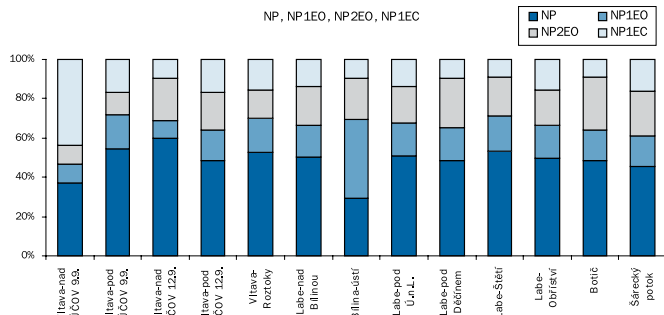
Koncentrační nálezy OP (*obr. 3*) byly na všech sledovaných lokalitách relativně vyrovnané s tím, že v žádném případě nebyl překročen imisní limit 10 ng/l podle NV č. 61/2003 Sb. a norma environmentální kvality 0,1 µg/l směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES.

Rovněž koncentrační nálezy BP-A se pohybovaly na všech sledovaných lokalitách na nízké úrovni (*obr. 4*), mírně zvýšené hodnoty byly zjištěny pouze ve vodě řeky Bílina v Ústí nad Labem a potoce Botič v Praze.

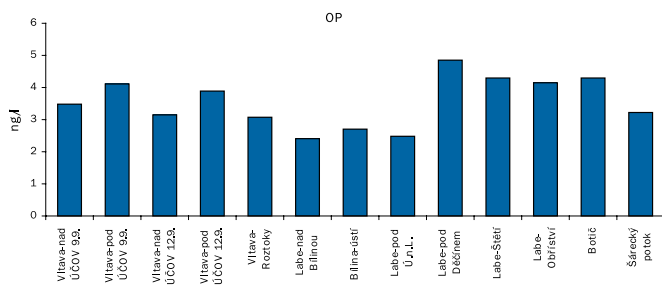
Kromě povrchových vod byly paralelně sledovány i vyčištěné odpadní vody z komunálních čistíren odpadních vod. Na *obr. 5* jsou zobrazeny koncentrační nálezy jednotlivých sledovaných nonylfenolových látek na čistírnách odpadních vod v Praze, Ústí nad Labem, Děčíně a Litoměřicích.



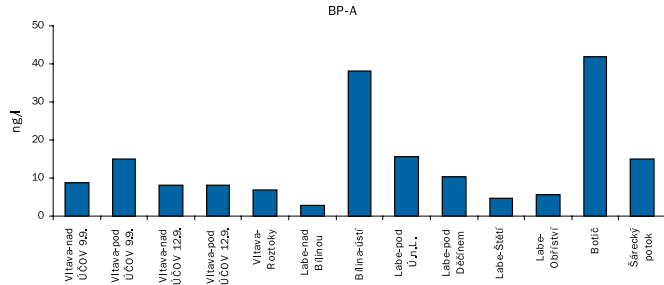
**Obr. 1.** NP, NP1EO, NP2EO a NP1EC v povrchových vodách vodních toků ČR (odběry v roce 2008)



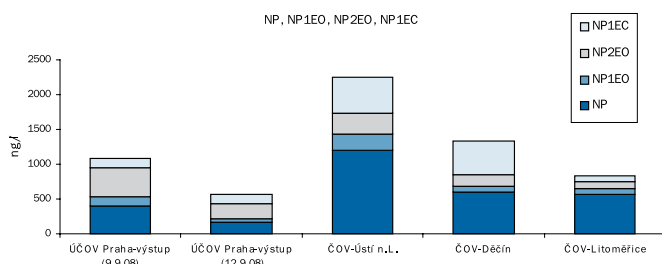
**Obr. 2.** Procentuální zastoupení NP, NP1EO, NP2EO a NP1EC na sumárním obsahu sledovaných nonylfenolových látek v povrchových vodách vodních toků ČR (odběry v roce 2008)



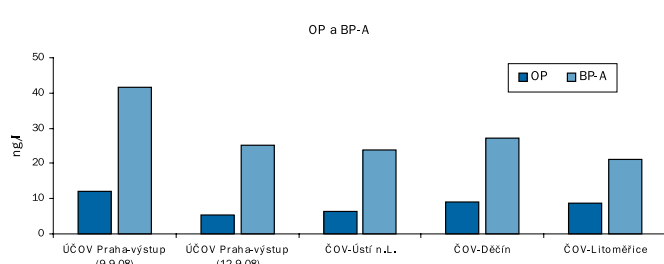
**Obr. 3.** OP v povrchových vodách vodních toků na území ČR (odběry v roce 2008)



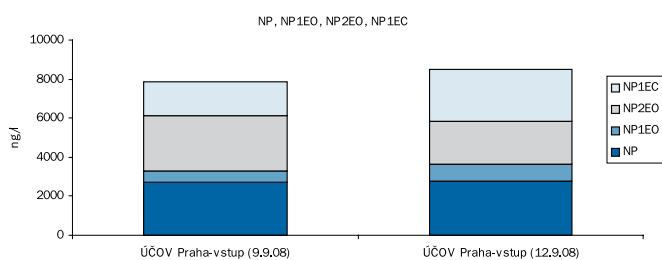
**Obr. 4.** OP v povrchových vodách vodních toků na území ČR (odběry v roce 2008)



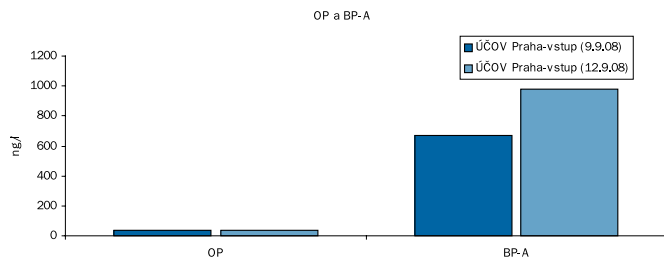
**Obr. 5.** NP, NP1EO, NP2EO, NP1EC ve vyčištěné odpadní vodě komunálních čistíren odpadních vod (odběry v roce 2008)



**Obr. 6.** OP a BP-A ve vyčištěné odpadní vodě komunálních čistíren odpadních vod (odběry v roce 2008)



**Obr. 7.** NP, NP1EO, NP2EO, NP1EC v surové odpadní vodě na ÚČOV Praha (odběry v roce 2008)



**Obr. 8.** OP a BP-A v surové odpadní vodě na ÚČOV Praha (odběry v roce 2008)

Z obr. 5 je patrné, že na celkové zátěži nonyl-  
fenolovými látkami se značnou měrou podílejí  
i jejich deriváty, obdobně jako u vod povrchových,  
náleží na jednotlivých lokalitách se přitom  
značně lišily. Naproti tomu koncentrační nálezy  
OP a BP-A (obr. 6) byly na výstupu z čistíren  
odpadních vod na nízké úrovni, srovnatelné  
s nálezy v samotných recipientech.

Na obr. 7 jsou znázorněny koncentrační nálezy  
sledovaných nonylfenolových látek v surové  
odpadní vodě na ÚČOV v Praze. Zjištěné koncentrace  
jsou zde více než řádově vyšší v porovnání  
s nálezy v recipientech. Rovněž podíl derivátů  
4-nonylfenolu na sumárním obsahu analyzova-  
ných nonylfenolových látek je v porovnání s nálezy  
v recipientech vyšší. Nutno však podotknout, že  
vedle námi sledovaných nonylfenolových látek  
se na celkové zátěži surové odpadní vody  
podílejí zejména nonylphenolpolyethoxyláty  
(Wettstein, 2004), které nebyly v rámci této  
práce stanoveny.

Na obr. 8 jsou pak znázorněny koncentrační nálezy  
4-*tert*-oktylfenolu a BP-A v surové odpadní vodě  
na ÚČOV Praha.

V tabulce 5 jsou shrnuty výsledky analýz  
vybraných nonylfenolových látek, OP a BP-A  
z odběrů provedených v letech 2007–2008  
(povrchové vody, vyčištěné odpadní vody z  
komunálních čistíren odpadních vod a surové  
odpadní vody z ÚČOV Praha).

Jak je patrné z tabulky 5, pohybovaly se  
nálezy NP, NP1EO a NP2EO, NP1EC ve  
sledovaných říčních vodách v širokém  
koncentračním rozmezí, řádově v desítkách  
až stovkách ng/l, výskyt NP a NP2EO  
přitom převažoval nad ostatními sledovanými  
látkami. Nálezy OP v povrchových vodách  
se pohybovaly poblíž meze stanovitelnosti  
použité analytické metody (2 ng/l), nálezy  
BP-A pak převážně na koncentrační úrovni  
desítek ng/l. V porovnání s koncentracemi  
stanovenými v povrchových vodách v  
zahraníčí jsou námi zjištěné nálezy  
převážně na nižší úrovni (Laganà et al.,  
2006; Parkkonen, 2000; Solé et al., 2000),  
v dobré shodě jsou pak v porovnání s  
výsledky průzkumů na Labi a některých  
dalších německých řekách (Stachel et al.,  
2003).

Rovněž ve vodách z odtocích z ČOV jsou  
námi zjištěné koncentrace alkyfenolových  
látek a BP-A v porovnání se zahraničními  
údaji převážně na nižší úrovni (Svenson et  
al., 2006; Parkkonen, 2000; Solé et al.,  
2000).

## Závěr

Na základě dosavadních výsledků sledování  
relevance vybraných látek s estrogením  
účinkem (alkylfenoly, jejich deriváty a  
bisfenol A) lze konstatovat, že zatížení  
vodních toků těmito látkami na území ČR je  
značně rovnoměrné, bez významnějších  
koncentračních výkyvů. K větším  
koncentračním výkyvům však dochází ve  
vodách na vstupu a výstupu komunálních  
čistíren odpadních vod. V povrchových  
vodách byly nejvyšší koncentrační nálezy  
prokázány u NP a NP2EO, ve vyčištěných  
odpadních vodách pak u NP, NP2EO a  
NP1EC. U všech analyzovaných vzorků  
povrchové vody ležely koncentrační nálezy  
NP pod nejvyšší přípustnou hodnotou  
imisičního zatížení povrchových vod  
330 ng/l (NV č. 61/2003 Sb.), popřípadě  
300 ng/l podle směrnice Evropského  
parlamentu a Rady 2008/105/ES. Naproti  
tomu sumární koncentrace jednoduších  
ethoxylátů 4-nonylfenolu překračovaly ve  
většině případů imisiční limit 120 ng/l  
(NP1EO + NP2EO) stanovený v Holandsku  
pro povrchové vody (RIVM report 2003).  
U NP1EC nebyl v žádném námi analyzovaném  
vzorku povrchové vody překročen  
holandský imisiční limit pro tyto vody  
1000 ng/l, stanovený rovněž na základě  
výše uvedeného reportu.

U 4-*tert*-oktylfenolu se většina nálezu  
v povrchových vodách pohybovala pod  
nejvyšší přípustnou koncentrací 10 ng/l  
(NV č. 61/2003 Sb.), všechny nálezy  
splňovaly normu environmentální kvality  
0,1 µg/l podle směrnice Evropského  
parlamentu a Rady 2008/105/ES.

U bisfenolu A se koncentrační nálezy  
pohybovaly jak v povrchových vodách,  
tak ve vodách na výstupu z čistíren  
odpadních vod na nízké a velmi podobné  
úrovni. Tato skutečnost svědčí zřejmě i o  
dalších zdrojích kontaminace vodních toků,  
než pouze z výpustí čistíren odpadních  
vod.

## Literatura

- Alder, AC., Siegrist, H., Fent, K., Egli, T., Molnar, E., Poiger, T., Schaffner, C., and Giger, W. (1997) The fate of organic pollutants in wastewater and sludge treatment: Significant processes and impact of compound properties. *Chimia*, 51 (12), p. 922–928.
- Balaguer, P., François, F., Comunale, F., Fenet, H., Boussieux, AM., Pons, M., Nicolas, JC., and Casellas, C. (1999) Reporter cell lines to study the estrogenic effects of xenoestrogens. *Sci. Total Environ.*, 233, p. 47.
- Benanou, D., Ben Ali, D., Boireau, V., and Cigana, J. (2004) Determination of Alkylphenols and Alkylphenol Mono- and Diethoxylates in Sewage

**Tabulka 5.** Výsledky analýz NP, NP1EO, NP2EO, NP1EC, OP a BP-A v povrchových vodách a vodách odpadních z let 2007–2008 (vše v ng/l)

	Povrchové vody			Vyčištěné odpadní vody			Surové odpadní vody		
	min.	max.	průměr	min.	max.	průměr	min.	max.	průměr
NP	< 20	255	158	87	1220	407	2740	2770	2757
NP1EO	< 30	152	51	< 30	237	62	547	893	720
NP2EO	< 40	206	103	113	421	208	2161	2819	2490
NP1EC	< 30	75	54	76	523	272	1724	2680	2200
OP	< 2	13	7	5	160	24	37	39	38
BP-A	< 3	52	21	14	51	28	670	978	824

Sludge by High Speed Gas Chromatography. *Agilent Technologies Notes*, Publication Number 5989-1152EN.

- Dorn, PB., Chou, CS., and Gentempo, JJ. (1987) Degradation of Bisphenol A in natural waters. *Chemosphere*, 16 (7), p. 1501–1507.
- Gaido, KW., Mc Donnell, DP., Korach, KS., and Safe, SH. (1997) CIT Activities 17, 1.
- Giger, W. Spurenstoffe in der Umwelt, EAWAG NEWS (40D), (1995) 3–7.
- Hansen, BG., Munn, SJ, DeBruijn, J., Pakalin, J., Luotamo, SM., and Vehro, FS. (2002) European Union Risk Assessment Report: 4-Nonylphenol (branched) and nonylphenol, Report N. EUR 20387 EN, (2002) Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg.
- Laganà, A., Bacaloni, A., De Leva, I., Faberi, A., Fago, G., and Marino, A. (2006) Chemical monitoring and occurrence of alkylphenols, alkylphenol ethoxylates, alcohol ethoxylates, phthalates and benzothiazoles in sewage treatment plants and receiving waters along the Ter River basin (Catalonia, N. E. Spain). *Anal. Chim. Acta*, 501, 79.
- Montgomery-Brown, J. and Reinhard, M. (2003) Occurrence and behavior of alkylphenol polyethoxylates in the environment. *Environ. Eng. Sci.*, 20, 471–486.
- 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.
- Parkkonen, J., Larsson, DGJ., Adolfsson-Erici, M., Pettersson, M., Berg, AH., Olsson, PE., and Förlin, L. (2000) Contraceptive pill residues in sewage effluent are estrogenic to fish. *Mar. Environ. Res.* 50, 191.
- RIVM REPORT 601501019/2003 by Vlaardingen, PLA., Posthumus, R., and Traas, TP. (2004) Environmental Risk Limits for Alkylphenols and Alkylphenol ethoxylates, National Institute of Public Health and the Environment, Netherland.
- Servos, MR. (1999) Review of the aquatic toxicity, estrogenic responses and bioaccumulation of alkylphenols and alkylphenol polyethoxylates. *Water Qual. Res. J. Canada*, 34, 123–177.
- Silva, E., Rajapakse, N., and Kortenkamp, NA. (2002) Something from “nothing” – eight weak estrogenic chemicals combined at concentrations below NOECs produce significant mixture effects. *Environ. Sci. Technol.*, 36 (8), 1751–1756.
- Solé, M., López de Alda, MJ., Castillo, M., Porte, C., Ladegaard-Pedersen, K., and Barceló, D. (2000) Estrogenicity Determination in Sewage Treatment Plants and Surface Waters from the Catalanian Area (NE Spain). *Environ. Sci. Technol.*, 34, 5076.
- Svenson, A., Allard, AS., and Ek, M. (2003) Occurrence and Some Properties of the Androgenic Activity in Municipal Sewage Effluents. *Wat. Res.*, 37, 4433.
- Thorpe, KL., Cummings, RL., Hutchinson, TH., Scholze, M., Brighty, G., Sumpter, JP., and Tyler, CR. (2003) Relative potencies and combination effects of steroidal estrogens in fish. *Environ. Sci. Technol.*, 37 (6), 1142–1149.
- WETTSTEIN, FE. (2004) Diss. ETH Nr. 15315, Auftreten und Verhalten von Nonylphenoxyessigsäure und weiteren Nonylphenolverbindungen in der Abwasserreinigung, Eidgen. Techn. Hochschule, Zürich.

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

**RNDr. Petr Lochovský**  
**Ing. Danica Pospíchalová**  
**VÚV T.G.M., v.v.i., Praha**  
**petr\_lochovsky@vuv.cz, danica\_pospichalova@vuv.cz**  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

## Key words

*tensides, alkylphenols, nonylphenolethoxylates, bisphenol A, surface waters, waste waters*

Alkylphenols, their derivatives and bisphenol A in surface waters and in effluents of waste water treatment plants (Lochovský, P., Pospíchalová, D.)

Concentrations of the selected alkylphenols, alkylphenol derivatives and bisphenol A (4-tert-octylphenol, 4-nonylphenol, 4-nonylphenol-monoethoxylate, 4-nonylphenoldiethoxylate, 4-nonylphenoxyacetic acid) were measured in surface waters and in some effluents of the wastewater treatment plants in the Czech Republic. Current results indicate relatively high contribution of nonylphenol derivatives on the

total load with nonylphenolic compounds. At present there is no legislative regulation for the occurrence of alkylphenol derivatives in surface waters in the CR. Therefore the measured results were compared with the Dutch Environmental Risk Limits for surface waters set after RIVM report 601501019/2003. In many cases the presented results exceeded the above mentioned Dutch limits.

The concentration findings of 4-octylphenol and bisphenol A at the investigated localities can be classified as low.

## ÚSPĚŠNOST PŘIROZENÉ REPRODUKCE RYB NA DOLNÍM ÚSEKU ŘEKY LABE

Pavel Horký, Petra Kulíšková, Ondřej Slavík

### Klíčová slova

společenstvo juvenilních ryb, reprodukční plocha

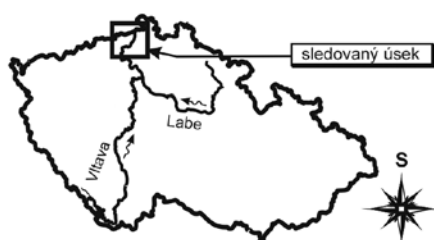
### Souhrn

Byla sledována úspěšnost přirozené reprodukce ryb na 12 profilech toku dolního Labe v ČR. Přirozená reprodukce byla doložena u 15 druhů náležejících zejména mezi reofilní, psamofilní a litofilní druhy. Byl prokázán význam komunikace hlavního toku se záplavovou zónou a přítoky pro úspěšnou přirozenou reprodukci společenstev ryb v říčních prostředích.

### Úvod

Reprodukční úspěch společenstev ryb je obecně uvažován jako signifikantní ukazatel vývoje a ekologického stavu říčního ekosystému (Copp, 1989; Slavík a Jurajda, 2001). Princip využití metody sledování juvenilních ryb je založen na skutečnosti, že jednotlivé druhy ryb mají specifické nároky na prostředí vhodné k reprodukci a následnému vývoji během juvenilní fáze (Balon, 1975). Podle těchto požadavků lze druhy dělit na určité reprodukční skupiny, jejichž zastoupení nebo nepřítomnost ve společenstvu lze vztahovat ke kvalitě říčního prostředí (Copp et al., 1991). Podobně jsou společenstva říčních ryb řazena do ekologických skupin podle nároků na rychlosti proudění vody v průběhu celého životního cyklu (Schiemer and Waidbacher, 1992). Jestliže dochází ke změně intenzity proudění (např. v důsledku snížení spádu toku), lze sledovat i změnu složení rybích společenstev. Lze tak zobecnit, že podle četnosti zastoupení reprodukčních a ekologických skupin je možné hodnotit vliv úprav říčního koryta nebo průtokové variability na přirozenou reprodukci ryb, jak bylo mnohokrát uvedeno (Copp, 1990; Jurajda, 1995; Slavík a Bartoš, 2000).

Předkládaná studie hodnotí úspěšnost přirozené reprodukce společenstev ryb na dolním úseku řeky Labe, cenném především pro zachovaný vyšší spád a proudný charakter toku.



Obr. 1. Mapa s vyznačením sledovaného úseku řeky Labe

### Materiál a metoda

Odlov vzorků byl realizován v srpnu 2005. Byl použit metodický přístup, při kterém je pomocí elektrického agregátu nepřetržitě vzorkována břehová linie, kde se raná vývojová stadia zdržují (Slavík a Jurajda, 2001). Početnost juvenilních ryb byla hodnocena jako počet ks na m břehové linie. Odběr vzorků byl prováděn tak, aby minimálně ovlivnil strukturu společenstva juvenilních ryb; vzácné a podle velikosti snadno určitelné druhy byly zpracovávány přímo v terénu

a vráceny do vody živé. Vzorek zbývajících juvenilních ryb byl fixován ve 4% formaldehydu a následně zpracován v laboratoři.

Vzorky juvenilních ryb byly odebrány celkem na 12 lokalitách v podélném profilu dolního Labe mezi Ústím nad Labem a Hřenskem (obr. 1). Konkrétně šlo o Ústí nad Labem I a II, Centrální přístav, Svádov, Valtířov, Velké Březno, Malé Březno, Nebočadský luh, Boletice nad Labem, Děčín I a II (soutok s Ploučnicí) a Dolní Žleb.

Pro statistickou analýzu byly odběry z jednotlivých lokalit sloučeny pomocí clusterové analýzy (Ward's Minimum Variance Cluster Analysis) do čtyř skupin. Skupiny byly vygenerovány na základě podobnosti hodnocených parametrů. Výpočet závislostí byl proveden programem SAS (Statistical Analysis System; metoda GLM). K vyhodnocení výsledků byla použita metoda nejmenších čtverců (LSMEANs).

### Výsledky

Celkem bylo na dvanácti hodnocených lokalitách odloveno 930 kusů juvenilních stadií ryb. Přirozená reprodukce byla prokázána u 15 druhů ryb, z toho 12 bylo zjištěno na lokalitě Nebočadský luh. Z hlediska druhové skladby byly významně zastoupeny zejména reofilní, psamofilní a litofilní druhy (např. hrouzek obecný, jelec tloušť, jelec proudník, jelec jesen, parma obecná).

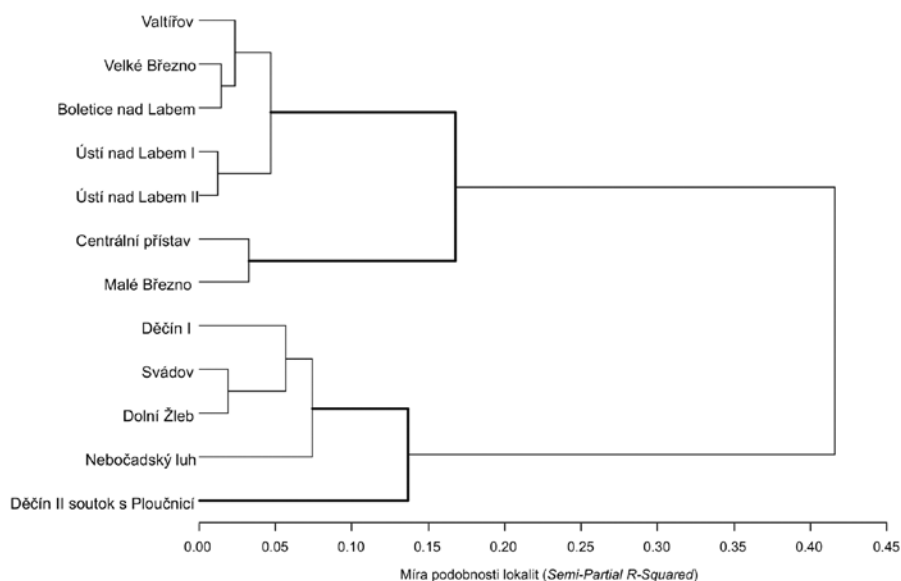
Na základě clusterové analýzy byly lokality rozděleny do čtyř skupin podle podobnosti hodnocených parametrů (obr. 2). Skupiny byly následující:

- I. Děčín II (soutok s Ploučnicí),
- II. Děčín I, Svádov, Dolní Žleb, Nebočadský luh,
- III. Centrální přístav, Malé Březno,
- IV. Valtířov, Velké Březno, Boletice, Ústí nad Labem I a II.

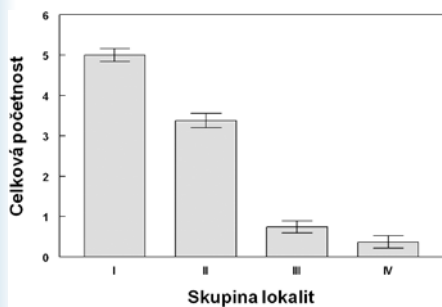
Mezi skupinami byly nalezeny signifikantní rozdíly v celkové početnosti všech druhů ( $F_3 = 16,20$ ;  $P < 0,0028$  – obr. 3), početnosti litofilních druhů ( $F_3 = 39,16$ ;  $P < 0,0002$  – obr. 4), početnosti reofilních druhů ( $F_3 = 33,78$ ;  $P < 0,0004$  – obr. 5) a v početnosti parmy obecné *Barbus barbus* L. ( $F_3 = 46,33$ ;  $P < 0,0002$  – obr. 6). Ve všech výše zmiňovaných parametrech byly nejlepší podmínky nalezeny na lokalitě Děčín II. Vhodnost lokalit pro reprodukci a vývoj juvenilních stadií ryb klesala podle zařazení do jednotlivých skupin (nejlepší podmínky v I. skupině, nejméně vhodné ve IV. skupině).

### Diskuse

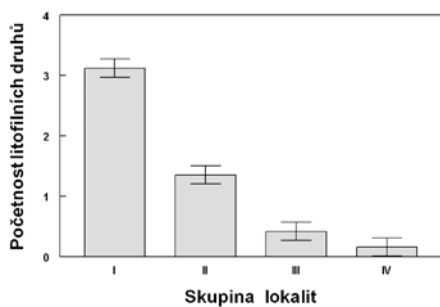
Z výsledků je patrné, že úspěšnost přirozené reprodukce se v podélném profilu dolního Labe značně odlišuje. Z obecného hlediska lze



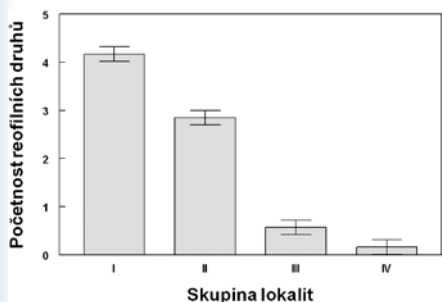
Obr. 2. Výstup clusterové analýzy hodnotící míru podobnosti lokalit z hlediska přirozené reprodukce



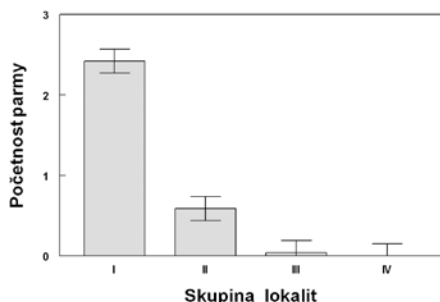
Obr. 3. Celková početnost juvenilních ryb podle skupin lokalit seřazených dle clusteru



Obr. 4. Početnost litofilních druhů podle skupin lokalit seřazených dle clusteru



Obr. 5. Početnost reofilních druhů podle skupin lokalit seřazených dle clusteru



Obr. 6. Početnost parmy podle skupin lokalit seřazených dle clusteru

jako nevhodnější pro reprodukci ryb vyhodnotit lokalitu Děčín II v místě soutoku s Ploučnicí. Potvrzuje se tak výjimečnost delty Ploučnice, jejíž přirozený charakter nenarušený nevhodnými antropogenními úpravami je na dolním Labi ojedinělý. Velký význam pro vývoj juvenilních stadií ryb byl prokázán i u lokalit Děčín I, Svádov, Dolní Žleb a Nebočadský luh. Zařazení Nebočadského luhu do této skupiny dokládá význam přirozených záplavových území pro reprodukci ryb. Většina ze zjištěných druhů byla nalezena právě na této lokalitě. Díky tomu také stoupl počet celkově zjištěných úspěšně se reprodukcujících druhů. V kanalizovaném toku Labe je nabídka úkrytů pro juvenilní vývojová stadia ryb omezená a zbytky záplavové zóny jako je Nebočadský luh tak hrají velmi důležitou roli v populační dynamice ryb. Druhová skladba juvenilních ryb z výše uvedených lokalit byla reprezentována především reofilními, litofilními a psamofilními druhy, které preferují vyšší rychlosti proudění a svým životním i reprodukčním cyklem jsou vázané na šterkový substrát. Mezi reofilní druhy patří např. parma a všechny tři druhy u nás se vyskytujících jelců. Úsek dolního Labe patří mezi jedny z mála lokalit v ČR, kde se tyto druhy pravidelně a pohromadě rozmnožují. Při porovnání úspěšnosti reprodukce v podélném profilu Labe vyhodnotili Slavík a Bartoš (2004) dolní Labe mezi Ústím nad Labem a Hřenskem jako úsek s největším zastoupením reofilních, psamofilních a litofilních reprodukčních skupin v rámci celého sledovaného úseku českého Labe. Nejnížší zastoupení těchto druhů bylo naopak nalezeno na středním toku Labe, kde jsou překryty původní substráty dna bahnitými sedimenty. Negativní efekt zanášení šterkového substrátu sedimenty na přirozenou reprodukci v průmyslově ovlivněných tocích prokázali i Turnpenny a Williams (1980). Tento proces je mimo jiné důsledkem snížení spádu toku způsobeného výstavbou jezů. Lze tedy konstatovat, že v úseku dolního Labe je zachována přirozená reprodukce druhů ryb preferujících původní typy substrátů a proudný charakter prostředí. Z hlediska zvýšení ekologické kvality lze v rámci revitalizačních opatření doporučit obnovu komunikace hlavního toku s původním záplavovým územím a s přítoky.

## Speciální studijní program Fulbrightovy komise

Fulbrightova komise vyhledává nové kolo výběru do speciálního stipendijního programu zaměřeného na studium doktorských programů v přírodních vědách a technických oborech na špičkových amerických univerzitách. Program zajišťuje financování od zahájení studia v akademickém roce 2010/11 až do zisku titulu Ph.D. Zájemci se musí registrovat do 25. dubna 2009 s tím, že uzávěrka pro zkompletovanou přihlášku je 1. června 2009.

Podporovány jsou následující obory: biologie, chemie a chemické inženýrství, elektrotechnika, informatika a informační technologie,

Poděkování

Studie byla zpracována za podpory výzkumného záměru Ministerstva životního prostředí ČR (MZP0002071101).

## Literatura

- Balon, EK. (1975) Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, 821–864.
- Copp, GH. (1989) The habitat diversity and fish reproductive function of floodplain ecosystems. *Environmental Biology of Fishes*, 26, 1–6.
- Copp, GH. (1990) Effect of regulation on 0+ fish recruitment in the Great Ouse, a lowland river. *Regul. Riv.: Res. and Mgmt.*, 5, 251–263.
- Copp, GH., Olivier, JM., Peňáz, M., and Roux, AL. (1991) Juvenile fishes as functional descriptors of fluvial ecosystems dynamics: Applications on the River Rhone. *Regul. Riv.: Res. and Mgmt.*, 6, 135–145.
- Jurajda, P. (1995) Effect of channelization and regulation on fish recruitment in a flood plain river. *Regul. Riv.: Res. and Mgmt.*, 10, 207–215.
- Schiemer, F. and Weidbacher, H. (1992) Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. In Boon, PJ. et al. (eds) *River Conservation and Management*. John Wiley & Sons, Ltd., 363–382.
- Slavík, O. and Bartoš L. (2000) Seasonal and diel changes of young-of-the-year fish in the channelized stretch of the Vltava River (Bohemia, Czech Republic). In Cowx, IG. (ed.) *Management and ecology of River Fisheries*. Oxford : Fishing News Books, Blackwell Science, p. 101–114.
- Slavík, O. a Bartoš, L. (2004) Reprodukční úspěch rybích společenstev v českém úseku řeky Labe. 11. Magdeburský seminář, Lipsko, 18.–22. října 2004.
- Slavík, O. a Jurajda, P. (2001) Metodika odběru a vyhodnocení vzorků juvenilních ryb pro účely standardního monitoringu v tekoucích vodách. Zpráva VÚV T.G.M. Praha, 29 s.
- Turnpenny, AWH. and Williams, R. (1980) Effects of sedimentation on the gravels of an industrial river system. *Journal of Fish Biology*, 17, 681–693.
- Ing. Pavel Horký, Mgr. Petra Kulišková, Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.**  
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha  
Pavel\_horky@vuv.cz, Petra\_Kulikova@vuv.cz, Ondrej\_Slavik@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

## Key words

juvenile fish assemblage, spawning site

*Success of fish natural reproduction on the lower Elbe River, Czech Republic (Horký, P., Kulišková, P., Slavík, O.)*

**The success of fish natural reproduction was observed on 12 sites of the lower Elbe River, Czech Republic. Rheophilic, psamophilous and lithophilous species represented a majority of 15 reproducing species observed on these sites. The importance of the main channel, flood plane areas and tributaries interconnection for successful fish natural reproduction was proved.**

letectví a kosmonautika, geologie, fyzika a astronomie, matematika, neurověda, oceánografie, stavebnictví, strojírenství, životní prostředí, popřípadě obory příbuzné.

Základním předpokladem pro podání přihlášky je dokončené vysokoškolské studium, alespoň bakalářský program, před 1. srpnem 2010. Do 1. srpna je také třeba dodat výsledky z amerických standardizovaných zkoušek TOEFL a GRE.

Detailní informace k programu, požadavky na uchazeče a přístup k elektronické přihlášce najdete na stránce programu: <http://www.fulbright.cz/fulbrightova-stipendia/stipendium-prodiktorske-studium-vedy-a-techniky.shtml>



# LÉČIVA A ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD – MOŽNOSTI ODSTRAŇOVÁNÍ A REÁLNÁ DATA

Jan Svoboda, Josef K. Fuksa, Lenka Matoušová, Lucie Schönbauerová, Alena Svobodová, Miroslav Váňa, Václav Štastný

## Klíčová slova

PPCPs, ibuprofen, kyselina salicylová, diklofenak, karbamazepin, čistírný odpadních vod, řeky, recipienty, Labe

## Souhrn

**V letech 2007 a 2008 byly na třech čistírnách odpadních vod a v jejich recipientech měřeny koncentrace vybraných léčiv. Pro stanovení byla použita metoda HPLC-UV s extrakcí pomocí SPE s mezi stanovitelnosti v oblasti  $1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Ze sledovaných léčiv a jejich metabolitů byly v čistírnách odpadních vod prokázány měřitelné koncentrace ibuprofenu, kyseliny salicylové, diklofenaku a karbamazepinu. Jejich koncentrace v podléhacím profilu technologických linek vybraných čistíren odpadních vod obecně klesaly, nejnižší koncentrace byly nalezeny na odtocích. V recipientech nebyl použitou metodou prokázán výskyt žádné ze sledovaných látek.**

**U některých ze sledovaných látek je dokázán negativní vliv na populace vodních živočichů obývajících recipienty odpadních vod. Vzhledem k rezistenci některých léčiv může docházet k jejich akumulaci ve vodním prostředí. Omezení dostupnosti léčiv používaných v humánní medicíně legislativními nástroji není možné, a proto lze zabránit jejich vnosu do vodního prostředí pouze jejich odstraněním z odpadních vod během čistírenských procesů.**

**Předkládaná studie poskytuje první ucelená data z území České republiky o zátěži čistíren odpadních vod vybranými léčivy a o jejich odstraňování z odpadních vod. Zároveň získaná data informují o zátěži povrchových vod sledovanými léčivy.**

## Úvod

Klasické znečištění povrchových vod organickým uhlíkem z nedostatečně čištěných splaškových a průmyslových vod ztratilo v zemích s rozvinutými vodohospodářskými systémy a se zavedenými postupy nakládání se splaškovými vodami z pohledu recipientů i z technologické stránky problému na aktuálnosti (Fuksa a Svoboda, 2007). Podobný trend lze ve výrazně menší míře sledovat i v případě přísunu dusíku a reaktivních forem fosforu zodpovědných za eutrofizaci vnitrozemských vod a moří. Děje se tak částečně postupným zaváděním a zdokonalováním postupů jejich odstraňování z odpadních vod a také legislativními nástroji omezujícími používání jejich zdrojů v čistících prostředcích, průmyslových výrobcích a v zemědělství v podobě hnojiv. Legislativní omezení používání, vypouštění a zavádění nových šetrných výrobních technologií se promítá také do omezování výskytu dalších nebezpečných látek pocházejících z průmyslu nebo zemědělství v životním prostředí.

Stále větší význam mají z hlediska ochrany vodních ekosystémů i zdrojů pitné vody látky se specifickým účinkem, které jsou součástí léků, čistících a kosmetických přípravků apod. a které se do vody dostávají až po jejich užití populací. Skupina těchto látek je v literatuře obecně označována PPCPs – Pharmaceuticals and Personal Care Products (léčiva a produkty osobní péče). V případě léků nelze vzhledem k pozitivnímu účinku na lidské zdraví předpokládat omezování jejich používání legislativními nástroji, naopak jejich spotřeba bude mít pravděpodobně vzrůstající trend. Také lze předpokládat, že vzhledem k rozvoji medicíny a farmaceutického průmyslu se budou stále objevovat nové, dosud neznámé látky. Přitom v případě některých volně prodejných i předepsovaných léků jejich celkový výdej v České republice již dnes dosahuje řádově až desítek tun za rok.

Léčiva nejsou ve většině případů po působení v organismu metabolizována na jednoduché sloučeniny, ale jsou transformována tak, aby mohla být vyloučena v hydrofilní (tj. ve vodě rozpustné) polární formě. V některých případech mohou být vyloučena v nezměněném stavu, ale většinou jsou metabolicky pozměněna. Výsledný metabolický produkt může být méně, ale i více biologicky aktivní než původní sloučenina. Výsledné metabolity jsou vyloučeny z těla a dostávají se do vodního prostředí splaškovými vodami, které jsou v případě větších aglomerací odváděny k další úpravě na biologické čistírně odpadních vod (ČOV).

Obecně je na základě chemické struktury léčiva nebo jeho metabolitu velmi složité odhadnout, do jaké míry bude podléhat degradaci biologickými a fyzikálně-chemickými procesy probíhajícími v ČOV. Tyto složité, často uměle vyrobené sloučeniny nejsou jediným substrátem pro růst

mikroorganismů schopných jejich rozkladu, ale jsou kometabolizovány spolu s dalšími přirozenými zdroji organického uhlíku. Z toho vyplývá, že nelze předpokládat jejich významnou biodegradaci v řekách (recipientech), ve kterých ve srovnání s minulostí není nadbytek zdrojů snadno dostupného organického uhlíku (Fuksa a Svoboda, 2007) a které jsou navíc často technickými zásahy znaveny habitatů vhodných pro výskyt bakteriálních společenstev se schopností rozkladu sledovaných látek. Z uvedených důvodů je třeba ČOV považovat za zdroje PPCPs ve vodním prostředí a zároveň za místa jejich největšího možného záchytu, degradace a odstraňování z hydrosféry obecně.

## Sledované látky

Součástí výzkumného záměru MZP0002071101 je komplexní problematika výskytu a transportu vybraných léků v povrchových a odpadních vodách a sledování jejich možných dopadů na biotu v recipientech odpadních vod s jejich výskytem. Řešena je na metodické úrovni z hlediska jejich stanovení v povrchových i odpadních vodách a především z hlediska jejich transformací v recipientech odpadních vod a technologických možnostech jejich odstraňování v ČOV. Sledování výskytu některých léčiv a jejich metabolitů se stává předmětem nejrůznějších monitorovacích programů a již v době psaní tohoto článku lze sledovat zvýšenou společenskou poptávku po informacích o možných dopadech nejrůznějších léčiv vyskytujících se ve vodním prostředí na kvalitu zdrojů pitné vody i na možnosti ovlivnění ekosystémů a potravních řetězců s možnými dopady na lidské zdraví.

Na počátku řešení byl podle rešerší z odborné literatury o dopadech jednotlivých farmakologicky účinných látek na vodní ekosystémy a podle dat o jejich spotřebě ve světě a v České republice vypracován seznam prioritně sledovaných léků, popřípadě jejich metabolitů. Podle charakteru fyziologického a farmakologického působení na lidské zdraví a účinků na recipienty lze vybranou skupinu rozdělit takto:

1. Estrogenní hormony estron (E1) a  $17\beta$ -estradiol (E2) a syntetický analog E2  $17\alpha$ -ethinylestradiol (EE2), které jsou součástí nejrůznějších hormonálních přípravků, např. kontraceptiv, léčiv pro hormonální substituční léčbu atd. Estron a  $17\beta$ -estradiol jsou přírodní hormony a v průběhu biologického čištění dochází ke konverzi  $17\beta$ -estradiolu na estron, který je ve velké míře dále metabolizován na oxid uhlíčitý a vodu. Lidskou populací je produkováno také velké množství původních estrogenních hormonů.  $17\alpha$ -ethinylestradiol, který je masově užíván jako součást syntetických kontraceptiv, je rezistentní vůči biodegradaci (Ternes et al., 1999) a ve vodním prostředí je považován za jednu z hlavních látek působících narušení přirozených hormonálních mechanismů řídicích rozmnožovací procesy ryb i ostatních vodních obratlovců i bezobratlých živočichů. Skupina látek s obecným patologickým účinkem na hormonální řídicí procesy se označuje jako endokrinní disruptory (EDCs – Endocrine Disrupting Chemicals). Sumární spotřeba léčiv obsahujících estrogenní hormony v ČR odpovídá přibližně jednomu stovce kilogramů aktivních látek za rok.

2. Další skupinou léků, která jsou středem vědeckého zájmu především díky velkému množství distribuovaných aktivních látek, jsou léky ze skupiny nesteroidních protizánětlivých léčiv (NSAIDs – Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs). Jejich hlavní účinek je především v léčbě bolesti, působí protizánětlivě a ulevují při horečnatých stavech. Velmi často jsou volně dostupné bez lékařského předpisu. Hlavními a typickými zástupci této skupiny jsou ibuprofen, diklofenak, kyselina acetylsalicylová a ketoprofen. Ibuprofen je celosvětově nejprodávánější farmakologicky účinnou látkou. Jeho výdej lékárnami v České republice v roce 2005 dosáhl téměř 180 tun. Ibuprofen i další NSAIDs jsou často prodávány jako směsi s hlavní protizánětlivou složkou spolu se stimulační složkou kofeinem nebo pseudoefedrinem, který snižuje překrvení sliznic. Pseudoefedrin je využíván při nelegální výrobě drogy pervitinu a jeho významným zdrojem jsou právě zmíněné volně prodejné preparáty ibuprofenu. Je odhadováno, že na území České republiky je při nelegální výrobě pervitinu při extrakci pseudoefedrinu z volně prodejných směsných NSAIDs pro perorální užití (modafen apod.) ročně spotřebováno množství odpovídající dvanácti tunám ibuprofenu s těžko odhadnutelným a regulovatelným osudem. Je vysoce pravděpodobné, že nevyužitý ibuprofen končí ve své čisté aktivní formě v kanalizačních soustavách. Kyselina acetylsalicylová (komerčně prodávána jako acylpyrin apod.) se používá při léčbě podobných příznaků jako ibuprofen a její spotřeba dosahuje zhruba šedesáti tun za rok. Do ČOV a povrchových vod se dostává její metabolit kyselina salicylová. Diklofenak je určen pro zmírnění příznaků onemocnění kloubů končetin a páteře např. revmatoidní artritidy, osteoartrózy nebo dny. Rezidua jednotlivých NSAIDs byla identifikována jak v odtocích z čistíren odpadních vod, tak v povrchových i podzemních vodách. Podle literatury (Ternes, 1998) koncentrace ve vypouštěných odpadních vodách dosahují až jeden mikrogram na litr. Přesný účinek na jednotlivé vodní organismy není znám, ale jeho patologické působení v terestrických potravních řetězcích je prokázáno.

3. Fibráty jsou léky určené pro kontrolu hladiny krevních lipoproteinů, která má vliv na usazování cholesterolu v cévním řečišti a na krevní tlak. Jejich spotřeba v ČR přesahuje deset tun ročně. Jedním z jejich meta-

bolitů je kyselina klobfibrová, která je strukturálním izomerem zakázaného herbicidu mecopropu. Kyselina klobfibrová byla nalezena v komunálních odpadních vodách, v ČOV nedochází k její degradaci a je dále vypouštěna do recipientů. Její stopy byly nalezeny i v podzemních zdrojích pitné vody (Ternes, 1998).

4. Léky s vysokou spotřebou jsou také antidepresiva či sedativa. Nejčastěji předepisovaná antidepresiva jsou látky s účinkem na kontrolu míry zpětného vstřebávání serotoninu z nervových synapsí v mozkových centrech zodpovědných za řízení nálad. Tyto léky jsou předepisovány často a ve velkých dávkách i k léčbě bolestivých stavů po amputacích apod. V ČR je nejčastěji předepisovaným zástupcem antidepresiv anti-epileptikum karbamazepin, v roce 2005 ho bylo vydáno téměř sedm tun. Karbamazepin je po svém účinku z těla odstraňován v nezměněné aktivní formě, z odpadních vod nejsou známy současně vylučované metabolity. V ČOV je odstraňován ve velmi malé míře – nepodléhá zřejmě biodegradaci a vzhledem ke své polaritě se ani nesorbují na pevné částice. Po vstupu do prostředí ovlivňuje hladinu serotoninu u necílových organismů.

Obecně se při správném užívání ze spotřebovaných léčiv či jejich metabolitů do splaškových vod dostává zlomek původní dávky v závislosti na jejich metabolismu a farmakologickém účinku. Pokud však dochází k jejich nesprávné likvidaci nebo zneužívání při výrobě tvrdých drog, tak se do prostředí pravděpodobně dostává téměř 100 % takto zlikvidovaných biologicky aktivních látek. Podstatné ovšem je, že již z povahy léčiv vyplývá jejich vysoká biologická aktivita i při velmi nízkých koncentracích v prostředí, která může ovlivňovat nejrůznější fyziologické procesy vodních organismů a zprostředkovaně i další články potravních řetězců, popřípadě vlastnosti vody při dalším užívání, včetně úpravy na pitnou.

## Sledované lokality a metodika

### Sledované čistírny

Jako zdroje vzorků pro získání terénních dat byly vybrány tři velikostně rozdílné aktivační ČOV na území ČR s charakterově odlišnými recipienty. Hlavní těžiště prací bylo soustředěno na Ústřední čistírnu odpadních vod (ÚČOV) v Praze-Podbabě, představující velkou ČOV, se zatížením více než jeden milion ekvivalentních obyvatel (EO). Další vybranou čistírnou byla relativně malá ČOV v Hostinném se zatížením odpovídajícím jedenácti tisícům EO. Poslední sledovanou ČOV byla čistírna obsluhující průmyslovou aglomeraci do 100 000 EO s jednotnou kanalizační soustavou. V tomto případě si provozovatel ČOV výslovně nepřál, aby byl původ vzorku udáván jmenovitě, proto bude v dalším textu uváděna pod označením ČOV(X).

### Odběr vzorků

Odběr vzorků probíhal v letech 2007 a 2008. Pro získání informací o změnách koncentrací jednotlivých léčiv v podélném profilu technologických linek jednotlivých ČOV byla použita stejná strategie odběru vzorků. Na ČOV Hostinné a ČOV(X) byly při jednotlivých odběrech vzorkovány: přítok na ČOV za česlemi, odtok z mechanické fáze a odtok z dosazovacích nádrží. Vzhledem k řešení technologické linky ÚČOV Praha (Kos a kol., 1998) byly na této čistírně odebírány vzorky z obou větví aktivačních a dosazovacích nádrží, které jsou dále v grafech označovány jako Idos a pdos.

Vzorky byly odebrány do skleněných zábrusových vzorkovnic o objemu 2 l a byly konzervovány přidávkou 1 ml·l<sup>-1</sup> koncentrované HCl; po úpravě se pH vzorků pohybovalo v rozmezí hodnot 2–3. Do některých vzorků byl z důvodu testování vyvíjené metody stanovení PPCPs v okamžiku odběru přidán směsný standard stanovených látek v takovém množství, aby koncentrace všech analytů vzrostla o 20 µg·l<sup>-1</sup>. Vzorky se do zpracování uchovávaly maximálně po dobu 48 hodin při teplotě 4 °C.

### Analytické metody

V rámci přípravné fáze řešení výzkumného záměru MZP0002071101/3614 chemické laboratoře VÚV T.G.M., v.v.i., pro tento výzkum zvolily metodiku založenou na vysokoúčinné kapalinové chromatografii s detekcí v ultrafialovém spektru (HPLC/UV). Byl připraven a používán následující postup.

Vzorky byly zpracovány technikou extrakce na pevnou fázi (SPE). Před SPE bylo nutné vzorek vody přefiltrovat, aby nedocházelo k ucpaní kolony nerozpuštěnými částicemi. Pro filtraci se používaly filtry ze skelných vláken GF/C Whatman o průměru 47 mm a velikosti pórů 1 µm. Výhodné bylo při filtraci použít také vatu ze skelných vláken, na které se částice zachytily, takže nedocházelo k zanášení filtru.

Extrakce se prováděla na SPE kolonkách Oasis typu HLB (Waters) o objemu 6 ml s 200mg množstvím sorbentu. Před extrakcí se SPE kolony kondicionovaly promytím 3 ml methyl-*tert*-butyletheru (MTBE) a následujícím propláchnutím 3 ml methanolu (MeOH) a 3 ml Milli Q vody okyselené na pH 2,3. Přes takto připravenou kolonku bylo převedeno 0,5 l zfiltrovaného vzorku vody rychlostí 5 ml·min<sup>-1</sup>. Před elucí analytů byla kolonka promyta 3 ml směsí MeOH/voda v poměru 1 : 19 a po dobu 20 min byla sušena prosáváním vzduchu. Sledované analyty byly z kolony eluovány 6 ml směsí MeOH/MTBE v poměru 1 : 9. Eluát byl odpařen pomocí dusíku a odparek převeden do mobilní fáze tvořené

acetonitrem (ACN) a 0,1% kyselinou fosforečnou (1 : 4, v : v). Objem výsledného extraktu k měření byl 500 µl.

### Příprava standardů

Z pevných látek (estron, 17β-estradiol, 17α-ethinylestradiol, kyselina salicylová, ibuprofen, diklofenak, karbamazepin, kyselina klobfibrová (Dr. Ehrenstorfer) a kyselina o-hippurová (Aldrich) byly připraveny základní roztoky jednotlivých analytů v methanolu. Z těchto základních roztoků byl připraven směsný pracovní roztok o koncentraci 1 mg·ml<sup>-1</sup>. Tento roztok byl dále podle potřeby naředěn methanolem a použit pro sestavení kalibračních křivek, průběžnou kontrolu účinnosti chromatografické separace a přípravu modelových vzorků pro kontrolu celé metody realizované v místě odběru (viz výše) nebo až v laboratoři.

### Stanovení pomocí HPLC s UV detekcí

Vybraná léčiva byla stanovena metodou HPLC/UV na kapalinovém chromatografu (Waters), vybaveném separačním modulem W2695, který zahrnuje vysokotlaké gradientové čerpadlo, vakuový odplynovač mobilní fáze, autosampler a termostat kolon, dále UV detektorem W2996 a chromatografickým softwarem Empower.

Separace analytů probíhala na koloně LiChroCART 250-3 s ochrannou předkolonkou LiChroCART 4-4 (Merck). Obě byly naplněny sorbentem Purospher STAR RP-18e s velikostí částic 5 µm.

Analyty byly detekovány při vlnové délce 220 nm při teplotě kolony 28 °C, průtoku mobilní fáze 0,64 ml·min<sup>-1</sup> a objemu nástřiku vzorku na kolonu 15 µl. Mobilní fázi tvořila směs ACN a 0,1 % kyseliny fosforečné. Složení mobilní fáze se měnilo v závislosti na čase, jak uvádí *tabulka 1*.

**Tabulka 1.** Složení mobilní fáze v závislosti na čase

Čas (min)	ACN (%)	0,1% k. fosforečná (%)
0	20	80
10	80	20
15	80	20
18	95	5

Jednotlivé látky byly identifikovány porovnáním retenčních časů s retenčními časy externích standardů. K identifikaci byla rovněž využita data ze spektrální analýzy chromatografických píků. Kvantifikace byla provedena na základě příslušných kalibračních křivek.

### Statistické hodnocení

Pro statistické hodnocení získaných dat byl využit volně dostupný statistický balík R (R Development Core Team, 2008) šířený pod licencí GNU GPL. Pomocí jednocestné analýzy rozptylu byla testována hypotéza o shodě středních hodnot zjištěných koncentrací sledovaných látek (One Way ANOVA) v jednotlivých ČOV. Vzhledem k charakteru rozdělení dat byl test proveden po logaritmicizaci zjištěných koncentrací.

### Výsledky a diskuse

Při validaci použité metody HPLC/UV byly pro jednotlivé analyty nalezeny meze stanovitelnosti odpovídající hodnotám 1 µg·l<sup>-1</sup>. Z tohoto důvodu případné nálezy látek o koncentraci pod mezí stanovitelnosti, tj. méně užívaných léčiv, popřípadě léčiv s vyšší účinností odstraňování v ČOV, nebyly zaznamenány.

V odebraných vzorcích byly spolehlivě stanoveny pouze kyselina salicylová, ibuprofen, karbamazepin a diklofenak. Tyto látky byly stanoveny pouze ve vzorcích pocházejících z jednotlivých ČOV, ve vzorcích z recipientů nebyl zaznamenán žádný pozitivní nález. Počty pozitivních nálezů jsou uvedeny v *tabulce 2*.

**Tabulka 2.** Počet pozitivních nálezů ibuprofenu, kyseliny salicylové, diklofenaku a karbamazepinu ve sledovaných místech vybraných ČOV

	Ibuprofen	Kyselina salicylová	Diklofenak	Karbamazepin
<b>ÚČOV</b>				
česle	5	5	3	4
mechanika	5	5	4	5
Idos	0	0	3	1
pdos	1	0	2	0
<b>ČOV Hostinné</b>				
česle	4	4	4	4
mechanika	4	4	4	4
dosazovací nádrž	0	0	2	3
<b>ČOV(X)</b>				
česle	5	5	5	3
mechanika	5	4	5	4
dosazovací nádrže	2	0	5	3

Na obr. 1–3 jsou formou krabicových diagramů (box and whisker plot) znázorněny koncentrace kyseliny salicylové, ibuprofenu, karbamazepinu a diklofenaku v jednotlivých fázích čistírenského procesu ve sledovaných ČOV. Ze všech grafů lze vysledovat tendenci, že nejnižší koncentrace zjištěných léčiv byly naměřeny na odtocích z dosazovacích nádrží, pokud se nedostaly pod meze stanovitelnosti. Ve většině případů kromě ÚČOV Praha a diklofenaku v ČOV Hostinné lze také předpokládat, že k odstranění všech čtyř zjištěných léčiv či jejich metabolitů (kyselina salicylová nebyla zjištěna na odtoku z dosazovacích nádrží). V případě karbamazepinu a diklofenaku lze tvrzení o postupné eliminaci opřít i o výsledek jednoduše analýzy rozptylu, která potvrdila, že na pětiprocentní hladině významnosti lze zamítnout předpoklad, že střední hodnoty koncentrací se neliší (diklofenak  $p = 0,45$ , karbamazepin  $p = 0,0005$ ).

## Závěr

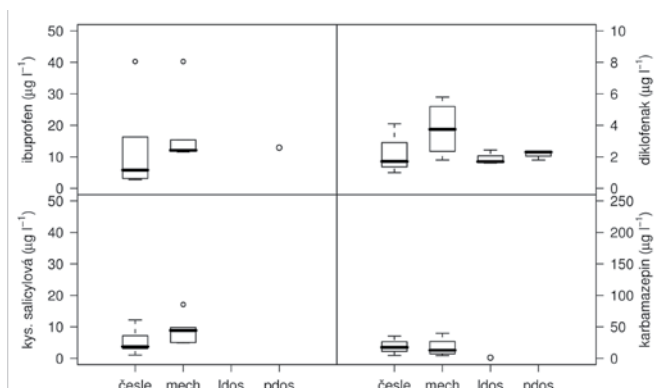
V letech 2007 a 2008 probíhaly práce zaměřené na získání představy o vstupu některých hormonálně a farmakologicky účinných látek do vodních ekosystémů komunálními odpadními vodami s cílem zjistit míru jejich odstraňování běžnými biologickými ČOV s aktivním procesem. V rámci České republiky šlo o jeden z prvních výzkumů, který se systematicky zabývá problematikou vstupu některých léčiv do vodního prostředí přes ČOV. Toto téma je v rozvinutých evropských zemích aktuální a pozornost je na ně zaměřena již od poloviny devadesátých let minulého století (Jobling et al., 1998).

Vzhledem k nedostatečné citlivosti použité detekční techniky však byly zjištěny ve vzorcích ze sledovaných ČOV měřitelné koncentrace pouze v případě ibuprofenu, karbamazepinu, diklofenaku a kyseliny salicylové, která je degradačním produktem kyseliny acetylsalicylové. Ve sledovaných recipientech nebyly zjištěny koncentrace vyšší, než jsou meze stanovitelnosti použité analytické metody. Moderní postupy s využitím kapalinové chromatografie v kombinaci s hmotností spektroskopii v tandemovém uspořádání (LC-MS/MS) s případným využitím standardů značených těžkými izotopy (Kasprzyk-Hordern et al., 2008) však posunují meze stanovitelnosti vybraných látek o dva až tři řády níže na úroveň desítek a jednotek  $\text{ng l}^{-1}$  v závislosti na původu vzorků (odpadní nebo povrchové vody). V dalších fázích řešení problematiky výskytu a transformací PPCPs v povrchových a odpadních vodách autoři článku předpokládají využít právě této moderní analytické metody spolu se zde popsaným postupem vyvinutým pro extrakci jednotlivých PPCP ze vzorků odpadních a povrchových vod pomocí SPE.

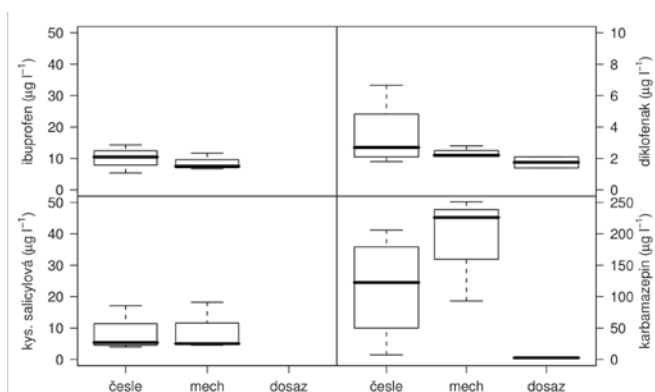
Přes nedostatky v citlivosti zvolené analytické metody bylo možné na některých datech demonstrovat chování určitých léčiv a jejich metabolitů v prostředí komunálních ČOV. Lze předpokládat, že v našich podmínkách dochází k částečné eliminaci sledovaných látek. Ačkoliv nebyl prokázán výskyt sledovaných látek v recipientech, lze předpokládat, že jsou do povrchových vod vypouštěny v měřitelném množství. Vzhledem k jejich povaze a pravděpodobnému dlouhodobému působení na biotu recipientů i lidskou populaci díky jejich trvalému přísunu do vodního prostředí, i vzhledem k jejich nízké míře degradace v povrchových vodách, autoři předpokládají v dalších fázích řešení využití citlivějších analytických metod. Je třeba si uvědomit, že některé složky hormonálních kontraceptiv, především syntetický a rezistentní  $17\alpha$ -ethinylestradiol, mají jasně prokázán negativní vliv na populace vodních živočichů právě již v koncentracích nad úrovní mezí detekce nejmodernějších analytických postupů. Jak uvádějí některé experimentální práce (Kidd et al., 2007) dlouhodobě simulující přísun  $17\alpha$ -ethinylestradiolu do jezerních ekosystémů na úrovni koncentrací zjišťovaných v recipientech komunálních ČOV, stačí již koncentrace v jednotkách  $\text{ng l}^{-1}$  k projevu fyziologických změn na reprodukční mechanizmy vodních obratlovců. Tyto změny vedly až k úplnému vymizení některých krátkověkých rybích druhů ze sledovaných jezerních ekosystémů.

## Literatura

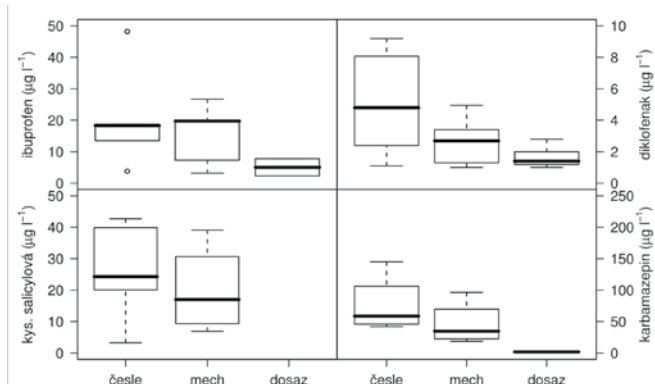
- Fuksa, J. a Svoboda, J. (2007) Znečištění řek klesá – ale je tu stále a vyvíjí se. *VTEI* 49 (1), příloha *Vodního hospodářství* 57(2), s. 15–16.
- Jobling, S., Nolan, M., Tyler, C.R., Brighty, G., and Sumpter, J.P. (1998) Widespread sexual disruption in wild fish. *Environmental Science and Technology*, 32(17), p. 2498–2506.
- Kasprzyk-Hordern, B., Richard, M., Dinsdale, A., and Guwy, J. (2008) The occurrence of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs in surface water in South Wales, UK. *Water Research*, 42, p. 3498–3518.
- Kidd, K.A., Blanchfield, P.J., Mills, K.H., Palace, V.P., Evans, R.E., Lazorchak, J.M., and Flink, R.W. (2007) Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *Proceedings of the National*



**Obr. 1.** Koncentrace kyseliny salicylové, ibuprofenu, karbamazepinu a diklofenaku v podélném profilu pražské ÚČOV: mech – mechanická fáze čistírenské linky, ldos – výtok z levé větve aktivních a dosazovacích nádrží, pdos – výtok z pravé větve dosazovacích nádrží; v případě pouze jednoho použitelného výsledku je zjištěná koncentrace vyznačena kroužkem



**Obr. 2.** Koncentrace kyseliny salicylové, ibuprofenu, karbamazepinu a diklofenaku v podélném profilu linky ČOV Hostinné: mech – mechanická fáze čistírenské linky, dosaz – výtok z dosazovacích nádrží



**Obr. 3.** Koncentrace kyseliny salicylové, ibuprofenu, karbamazepinu a diklofenaku v podélném profilu linky ČOV(X): mech – mechanická fáze čistírenské linky, dosaz – výtok z dosazovacích nádrží

*Academy of Sciences of the United States of America* 104 (21), p. 8897–8901.

- Kos, M., Hartig, K., Divecká, H. a Roškota, J. (1998) Intenzifikace Ústřední čistírny odpadních vod Praha. *VTEI* 40 (1), s. 3–10.
- R Development Core Team. (2008) The R Project for Statistical Computing. A Language and Environment for Statistical Computing and Graphics. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ternes, T.A. (1998) Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Water Research* 32(11), p. 3245–3260.
- Ternes, T.A., Kreckel, P., and Mueller, J. (1999) Behaviour and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants – II. Aerobic batch experiments with activated sludge. *The Science of the Total Environment*, 225, 91–99.

Mgr. Jan Svoboda, RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.,  
Ing. Lenka Matoušová, Ing. Lucie Schönbauerová,  
Ing. Alena Svobodová, Ing. Miroslav Váňa, Ing. Václav Šťastný  
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha  
jan\_svoboda@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

#### Key words

PPCPs, ibuprofen, salicylic acid, diclofenac, carbamazepine, wastewater treatment plant, rivers, recipients, the Elbe

*Pharmaceuticals and wastewater treatment plants – possibilities of removal and real data (Svoboda, J. et al.)*

Concentrations of selected pharmaceuticals had been measured in three wastewater treatment plants and their recipients during years 2007 and 2008. HPLC-UV with SPE sample preparation had been used

## ÚROVEŇ KONTAMINACE STARÝCH SEDIMENTOVÝCH NÁNOSŮ VLTAVY V PLOVEBNÍM KANÁLU PRAHA-PODBABA

Vladimír Kužílek, Petr Lochovský

#### Klíčová slova

říční sediment, vertikální sedimentový profil, sedimentová jádra, organické polutanty, těžké kovy

#### Souhrn

Na základě odběru a analýzy sedimentových jader byla zjišťována zátěž sedimentových nánosů plavebního kanálu Vltavy Praha-Podbaba organickými polutanty, těžkými kovy, metaloidy a fosforem. Z výsledků průzkumu vyplývá, že tyto nánosy představují z hlediska vodního toku Vltavy významnější potenciální riziko v případě resuspendace, neboť jejich zátěž jak organickými polutanty, tak kovy, metaloidy a fosforem je převážně nižší, popřípadě srovnatelná se zátěží recentních sedimentů. U většiny organických polutantů dochází k výraznému koncentračnímu poklesu s rostoucí hloubkou uloženého sedimentového materiálu (v korelaci s poklesem obsahu TOC), u kovů, metaloidů a fosforu je tento pokles méně výrazný, u některých prvků (Ag, Cd, Hg) bylo možno pozorovat v rámci sledovaných profilů i určitá maxima. Koncentrační nálezy kovů a metaloidů byly porovnány s hodnotami přirozeného pozadí říčních sedimentů dolní Vltavy.

### 1 Úvod

Řada organických polutantů a těžkých kovů se významně kumuluje v říčních sedimentech, sledování jejich kontaminace proto patří k rutinním činnostem v rámci správy vodních toků a je také součástí řady monitorovacích či výzkumných projektů (Státní sledování jakosti povrchových vod, Mezinárodní program měření Labe, Projekt LABE a další). Převážně však jde o sledování povrchových vrstev říčních sedimentů (čerstvé sedimenty). Jak organické polutanty, tak těžké kovy mohou být ale uloženy i v hlubších vrstvách sedimentových nánosů (staré zátěže). Při mimořádných hydrologických situacích, popřípadě stavebních úpravách říčního koryta pak může dojít k jejich resuspendaci a negativnímu ovlivnění vodního toku. Proto je této problematice věnována značná pozornost [1–4].

Předkládaná práce se zabývá kontaminací hlouběji uložených sedimentových vrstev plavebního kanálu Praha-Podbaba, a to na základě odběru a analýzy sedimentových jader. Mocnost sedimentových nánosů v uvedeném plavebním kanále přesahuje na některých místech tři metry. Plavební kanál je v provozu přibližně 100 let, postupné ukládání sedimentů tudíž musí spadat do uvedeného časového období. V tomto období bylo možno na Vltavě zaznamenat několik mimořádných povodňových situací, které patrně narušily pravidelné ukládání sedimentů, proto není možno z hloubky jednotlivých sedimentových vrstev jednoduše usuzovat na jejich stáří.

Plavební kanál Praha-Podbaba leží těsně pod pražskou průmyslově-městskou aglomerací, není však přímo dotčen výpustí vyčištěných odpadních vod z ÚČOV Praha.

### 2 Odběry a příprava vzorků k analýze

Odběry sedimentových jader byly provedeny pomocí půdního vrtáku s nástavci o vnitřním průměru 2,8 cm v říjnu 2007, v době vypuštění

for determination. Limit of quantification of selected method was in the range of  $1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Measurable concentration of traced pharmaceuticals and their metabolites had been obtained only for ibuprofen, diclofenac, salicylic acid and carbamazepin. Their concentrations had been generally decreasing along the longitudinal profile of wastewater treatment plants, the lowest ones had been found at discharge to recipients. Evidence of selected compounds in recipients had not been confirmed with the used methodology.

Negative effect of some compounds in question on populations of aquatic animals is proven. As some pharmaceuticals are resistant against degradation, they can accumulate in aquatic environment. A restriction of usage of pharmaceuticals in human medicine is impossible by standard legislation instruments. That is why the wastewater treatment plant is a sole agent on which the abatement of these compounds depends prior to discharge to the aquatic environment.

Presented study shows the first consistent data set from the Czech Republic about the load of wastewater treatment plants by pharmaceuticals and about their removal from wastewater. Acquired data also give an insight into the load of pharmaceuticals to surface water.

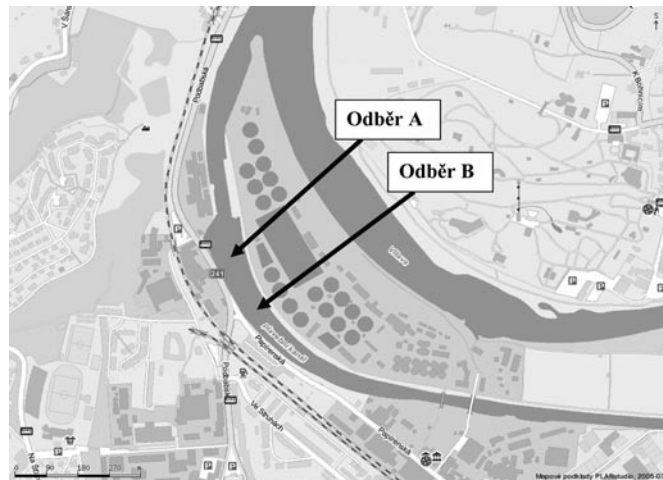
plavebního kanálu (obr. 1), a to na dvou místech (označených A a B) do hloubky 2,0 m, resp. 3,0 m. Odebraný sedimentový materiál z příslušné hloubky byl převeden do aluminiových (stanovení organických látek) a plastových (stanovení kovů) vzorkovnic a zamražen k dalšímu zpracování. Odběry byly prováděny po 0,5 m úsecích, takže byly získány vzorky sedimentů z následujících hloubek:

**odběrové místo A:** povrch – 0,5 m – 1,0 m – 1,5 m – 2,0 m,

**odběrové místo B:** povrch – 0,5 m – 1,0 m – 1,5 m – 2,0 m – 2,5 m – 3,0 m.

Po vysušení sedimentového materiálu vymražením byla část vzorku, určená pro organické analýzy, extrahována směsí hexan/aceton (9 : 1) v automatickém extraktoru Dionex ASE 300. Získaný extrakt byl přečištěn pomocí gelové permeační chromatografie, zakonzentrován a analyzován na obsah organických polutantů.

Obsah kovů a metaloidů byl stanoven ve frakci o velikosti částic  $< 20 \mu\text{m}$  (odděleno síťováním zamokra v ultrazvukové lázni) po rozkladu lučavkou královskou v mikrovlnné peci (s výjimkou rtuti, která byla stanovena přímo v pevném sedimentovém materiálu).



Obr. 1. Vypuštěný plavební kanál Praha-Podbaba s vyznačením míst odběru sedimentových jader

### 3 Přehled sledovaných chemických ukazatelů

#### Organické polutanty

- polychlorované bifenylly (PCB),
- chlorované benzeny (trichlorbenzeny, pentachlorbenzen, hexachlorbenzen),
- organochlorované pesticidy (DDT a jeho metabolity, alachlor,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -endosulfan, heptachlor, chlorpyrifos, aldrin, endrin, dieldrin, methoxychlor, oktachlorstyren, trifluralin),
- alkyfenoly (4-nonylfenol a 4-terc-oktylfenol),
- syntetické mošusové látky (Tonalide a Galaxolide).

#### Kovy a metaloidy

- Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Mn, Ni, Pb, Sc, Sn, V, Zn.

#### Další ukazatele

- fosfor, celkový organický uhlík.

### 4 Použité analytické metody

#### Stanovení organických polutantů

Pro stanovení PCB, chlorovaných benzenů a organochlorovaných pesticidů byl použit plynový chromatograf Agilent 6890 N, vybavený dvěma detektory elektronového záchytu (ECD), split/splitless duálním automatickým injektorem a elektronickou kontrolou tlaku (EPC). Nosným plynem bylo helium v čistotě 5.0. K separaci jednotlivých analytů byly použity následující chromatografické kolony:

- kolona DB - 5, délka 60 m, vnitřní průměr 0,25 mm, zakotvená stacionární fáze 0,25  $\mu$ m,
- kolona DB - XLB, délka 60 m, vnitřní průměr 0,25 mm, zakotvená stacionární fáze 0,25  $\mu$ m,
- kolona DB - 1701, délka 60 m, vnitřní průměr 0,25 mm, zakotvená stacionární fáze 0,25  $\mu$ m.

Stanovení alkyfenolů a syntetických mošusových látek bylo provedeno pomocí plynového chromatografu Agilent 6890N vybaveného automatickým dávkovačem firmy Gerstel. K dělení byla použita křemenná kapilární kolona HP-5MS o délce 30 m, vnitřním průměru 0,25 mm a tloušťce filmu stacionární fáze 0,25  $\mu$ m. Injektor pracoval technikou „pulsní splitless“. Mobilní fází bylo helium 5.0. K detekci byl použit hmotnostně selektivní detektor Agilent 5973 s vyhodnocovacím softwarem. Pro kvantitativní vyhodnocení byl detektor nastaven v SIM modu (měření vybraných iontů) s ionizací EI, nebo NCI.

#### Stanovení kovů, metaloidů a fosforu

Obsah kovů, metaloidů a fosforu (s výjimkou rtuti) byl stanoven technikami ICP-OES (přístroj IRIS Intrepid II. XSP od firmy Thermo Elemental) a AAS (přístroj Varian AA 240Z).

Rtuť byla stanovena v pevném materiálu sedimentu (frakce o velikosti částic < 20  $\mu$ m) na analyzátoru rtuti AMA 254.

#### Stanovení celkového organického uhlíku (TOC)

Obsah TOC byl stanoven na přístroji firmy Shimadzu – Solid Sample Modul 5000A.

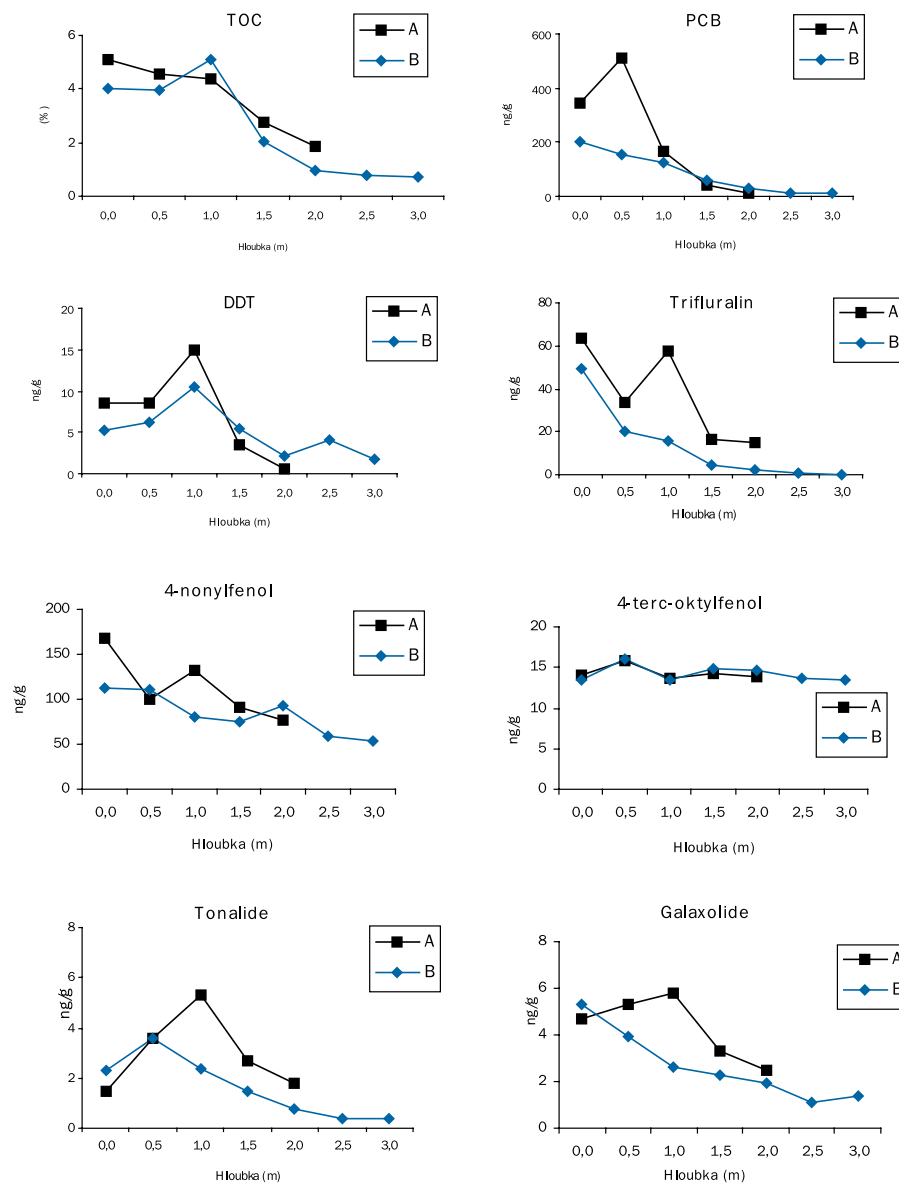
### 5 Výsledky a diskuse

Materiál sedimentových jader byl v celém vertikálním profilu značně homogenní s vysokým podílem jemného jílu. V tabulce 1 jsou shrnuty výsledky zrnitostní analýzy (frakce o velikosti částic < 200  $\mu$ m a < 20  $\mu$ m) a obsahu organického uhlíku (TOC) v jednotlivých polohách sedimentového jádra.

Z tabulky 1 je patrné, že odebraný sedimentový materiál obsahoval v průměru 10–25 % velmi jemné frakce o velikosti částic < 20  $\mu$ m a přibližně polovinu hmotnosti tvořil nepřísný, jílovitý materiál o velikosti částic < 200  $\mu$ m. Obsah TOC výrazně klesal s přibývajícím hloubkou uloženého sedimentu. U svrchních sedimentových vrstev činil obsah TOC přibližně 5 % hmotnosti, zatímco v hlubších polohách klesl pod 1 %. Výrazný pokles obsahu TOC byl pozorován zejména v hloubce 1,5 m. Nízký obsah TOC v hlubších sedimentových polohách podporuje předpoklad uplynutí delšího období od jejich depozice (aerobní i anaerobní degradace organických látek). Rovnoměrná distribuce velikosti částic, stejně jako relativně vyrovnaný průběh koncentrace geogenního prvku

**Tabulka 1.** Výsledky zrnitostní analýzy a obsahu TOC v jednotlivých polohách sedimentových jader

Odběrové místo a poloha sedimentové vrstvy	Podíl frakce < 200 $\mu$ m v %	Podíl frakce < 20 $\mu$ m v %	TOC (%)
A – povrch	43	15,6	5,1
A – 0,5 m	48	21	4,5
A – 1 m	37	15	4,4
A – 1,5 m	42	10	2,8
A – 2 m	38	13	1,8
B – povrch	55	26	4,0
B – 0,5 m	45	22	4,0
B – 1 m	54	26	5,1
B – 1,5 m	52	23	2,0
B – 2,0 m	52	19	1,0
B – 2,5 m	52	16	0,76
B – 3 m	55	18	0,73



**Obř. 2.** Koncentrační průběh vybraných organických polutantů ve vertikálních profilech sedimentových jader (odběrová místa A a B)

skandia (obr. 3) ve vertikálním profilu obou sedimentových jader svědčí o poměrně pravidelném ukládání sedimentového materiálu.

#### Organické polutanty

Analytická stanovení byla provedena pro širokou škálu organických polutantů. Koncentrační nálezy některých z nich však ležely pod mezí stanovitelnosti příslušné analytické metody nebo v její blízkosti (tj. v oblasti desetin ng/g), a nebylo je proto možné hodnotit v souvislosti s hloubkou odebraných vzorků. Příkladem je hexachlorbenzen a další chlorované benzeny nebo řada organochlorovaných pesticidů (izomery

hexachlorcyklohexanu, alachlor,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -endosulfan, heptachlor, chlorpyrifos, aldrin, endrin, dieldrin, methoxychlor, oktachlorstyren aj.).

Na obr. 2 jsou v grafech uvedeny koncentrace celkového organického uhlíku (TOC) a vybraných organických polutantů stanovených v jednotlivých polohách odebraných sedimentových jader. V případě PCB jde o sumu sedmi kongenerů (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) a v případě DDT o sumu pěti metabolitů (o,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT a p,p'-DDT).

Z uvedených grafů je patrné, že s přibývajícím hloubkou uložených sedimentů obecně dochází k poklesu obsahu TOC a koncentrací sledovaných organických polutantů. Tento pokles je markantní především od hloubky 1,5 metru, jeho míra je však pro různé skupiny látek odlišná. V případě PCB a trifluralinu jde až o řádové snížení koncentrací, v případě DDT a 4-nonylfenolu je toto snížení výrazně nižší a u 4-terc-oktylfenolu není téměř prokazatelné. Také v případě syntetických mošusových látek Tonalide a Galaxolide byl s rostoucí hloubkou uložených sedimentů pozorován obdobný trend, nutno však poznamenat, že šlo o stanovení velmi nízkých koncentrací blížících se mezím stanovitelnosti.

Nález organických polutantů ve svrchních vrstvách sedimentových jader plavebního kanálu Praha-Podbaba byly dále porovnány s nálezem v čerstvých sedimentech vlastního říčního toku Vltavy (tabulka 2). K porovnání byly použity výsledky analýz sedimentů odebraných v lokalitách Vltava-Roztoky a Vltava-Zelčín v období 2005–2007. Z tabulky 2 je zřejmé, že nález organických polutantů v povrchových vrstvách sedimentů plavebního kanálu a vlastního říčního toku jsou v zásadě srovnatelné (výjimkou jsou pouze nález DDT, jejichž koncentrace byly v plavebním kanálu nižší, a trifluralinu, jehož nález byly naopak vyšší).

### Kovy, metaloidy a fosfor

V tabulce 3 jsou shrnuty výsledky analýz kovů, metaloidů a fosforu v materiálu odebraných sedimentových jader. Koncentrační nález pro jednotlivé prvky jsou zde porovnány s hodnotami přirozeného pozadí říčních sedimentů dolní Vltavy, stanovenými v [5]. Poměr koncentrace v sedimentovém jádře a hodnoty přirozeného pozadí je pak uveden jako koeficient nakoncentrování příslušného prvku vůči přirozenému pozadí. Jak je patrné z tabulky 3, nejvyšších hodnot koeficientů nakoncentrování je dosaženo u ekologicky relevantních prvků, zejména u Cd, Ag, Hg, dále pak u Pb, Sb a Zn.

**Tabulka 3.** Koncentrační nález jednotlivých prvků v sedimentových jádrech odebraných v plavebním kanálu Vltavy Praha-Podbaba (analýza frakce < 20  $\mu$ m po mikrovlnném rozkladu lučavkou královskou) v porovnání s požadovými hodnotami na dolní Vltavě [5]

Prvek	Rozsah koncentrací (mg/kg)	Přirozené pozadí říčních sedimentů dolní Vltavy	Koeficient nakoncentrování
Ag	1,1–3,2	0,35	3–9
As	24–39	20	1–2
Be	2,7–3,9	2,4	1–2
Cd	1,0–4,4	0,2	5–22
Co	26–32	26	1
Cr	80–115	90	1
Cu	58–111	41	1–3
Hg	0,7–1,0	0,17	4–6
Mn	790–1800	1350	1
Ni	61–83	63	1
P	1300–3100	1100	1–3
Pb	88–180	33	3–5
Sb	2,5–4,3	0,8	3–5
Se	0,5–3,7	0,45	1–8
Sc	11,8–15,9	13	1
Sn	10–16	5	2–3
V	84–123	93	1
Zn	200–580	209	1–3

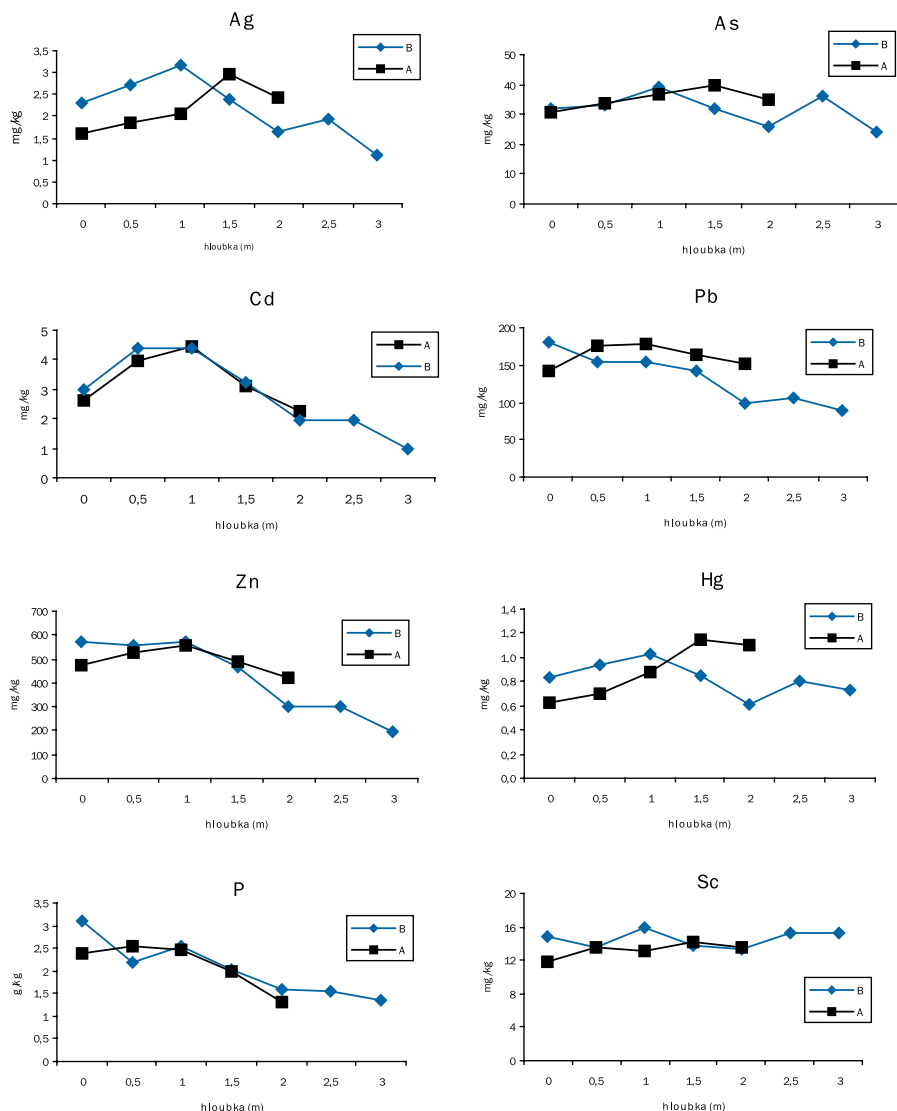
**Tabulka 2.** Porovnání nálezů organických polutantů v povrchových sedimentech plavebního kanálu Praha-Podbaba a čerstvých sedimentech vlastního říčního toku Vltavy

Odběrová místa	TOC (%)	Koncentrace organických polutantů (ng/g)							
		PCB suma	DDT suma	Trifluralin	4-nonylfenol	4-terc-oktylfenol	Tonalide	Galaxolide	
Plavební kanál Praha-Podbaba	A	5,1	345,4	8,5	63,4	168,2	14,1	1,5	4,7
	B	4,0	201,6	5,2	49,7	111,8	13,4	2,3	5,3
Vlastní říční tok Vltavy	průměr 7 stanovení v profilech Roztoky a Zelčín	3,4	241,0	38,6	< 0,2	114,8	< 5	4,2	5,5

V grafech na obr. 3 je zobrazen koncentrační průběh některých vybraných prvků ve vertikálních sedimentových profilech. Obecně zde s přibývajícím hloubkou nedochází k tak výrazným koncentračním změnám jako u většiny organických látek, přesto však lze pozorovat převážně nižší koncentrační nález v nehlubších sedimentových polohách, v porovnání s polohami svrchními. U koncentračního průběhu některých prvků můžeme pozorovat i určité maximum (např. u Cd v hloubce 1 m). U geogenního prvku scandia lze pozorovat v celém sedimentovém profilu velmi vyrovnaný koncentrační průběh. Průměrný obsah uvedeného prvku v sedimentovém jádře velmi dobře koreluje s pozadovou hodnotou pro dolní Vltavu 13 mg/kg Sc.

### 6 Závěr

Práce se zabývá odběrem a analýzou starších sedimentových nánosů plavebního kanálu Vltavy (Praha-Podbaba), jejichž mocnost často přesahuje tři metry, a zaměřuje se na obsah organických polutantů,



**Obr. 3.** Koncentrační průběh některých vybraných prvků ve vertikálních profilech odebraných sedimentových jader (odběrová místa A a B)

kovů, metaloidů a fosforu. Z výsledků průzkumu vyplývá, že tyto nánosy nepředstavují z hlediska vodního toku Vltavy významnější potenciální riziko v případě resuspendace, neboť jejich zátěž jak organickými polutanty, tak kovy a metaloidy je převážně nižší, popřípadě srovnatelná se zátěží recentních sedimentů. U většiny organických polutantů dochází k výraznému koncentračnímu poklesu s přibývajícím hloubkou uloženého sedimentového materiálu. Příčinou je kromě vlastní degradace organických polutantů zejména paralelní pokles obsahu TOC, na který jsou jednotlivé organické látky vázány. U většiny kovových prvků, metaloidů a fosforu lze ve vertikálních sedimentových profilech rovněž pozorovat určitý koncentrační pokles s rostoucí hloubkou, který je však méně výrazný než u polutantů organických; u některých prvků (Ag, Cd, Hg) bylo možno pozorovat v rámci sledovaných profilů i určitá maxima.

## Literatura

- [1] Ouyang, Y., Zhang, J.E., and Ou, L.T. Temporal and Spatial Distributions of Sediment Total Organic Carbon in an Estuary River. *J. Environ. Qual.* 35, 2006, p. 93–100.
- [2] Kim, Y.S., Eun, H., Katase, T., and Fujiwara, H. Vertical distributions of persistent organic pollutants (POPs) caused from organochlorine pesticides in a sediment core taken from Ariake bay, Japan. *Chemosphere*, vol. 67, issue 3 (March 2007), p. 456–463.
- [3] Dalla Valle, M., Marcomini, A., Jones, K.C., and Sweetman, A.J. Reconstruction of historical trends of PCDD/Fs and PCBs in the Venice Lagoon, Italy. *Environment International*, vol. 31, issue 7 (September 2005), p. 1047–1052.
- [4] Prange, A. et al. Geogene Hintergrundwerte und zeitliche Belastungsentwicklung. Abschlussbericht für den Zeitraum 1. 9. 1993–30. 9. 1997, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH-Geesthacht, Dezember 1997, 405 S. ISBN 3-00-003186-3.
- [5] Lochovský, P., Kužilek, V. a Svoboda, J. Výzkum a ochrana hydrosféry, oddíl C: Antropogenní tlaky na vodní ekosystémy (výzkumná zpráva). Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006, 122 s.

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

Ing. Vladimír Kužilek,  
RNDr. Petr Lochovský  
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha  
vladimir\_kuzilek@vuv.cz,  
petr\_lochovsky@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

## Key words

river sediment, vertical sediment profile, sediment cores, organic pollutants, heavy metals

*Contamination of the old sediment deposits in the Vltava River channel Praha-Podbaba (Kužilek, V., Lochovský, P.)*

**Concentrations of organic pollutants, heavy metals, metalloids and phosphorus in vertical sediment profiles of the Vltava River channel Praha-Podbaba were determined. In the collected sediment cores the concentrations of TOC and most of the analysed parameters decreased with the increasing depth. Concentration levels of the organic pollutants in the upper parts of the sediment cores and in fresh sediments sampled in the natural part of the Vltava River bed correlated very well. Concentration findings of metals and metalloids in the collected sediment cores were compared with natural sediment background values for the Vltava River.**

**The results of the presented study indicate, that the massive sediment layers deposited in the Vltava River channel Praha-Podbaba does not represent a serious potential risk for water ecosystem in the case of their remobilisation.**

# KONTINUÁLNÍ VZORKOVAČ PLAVENIN NOVÉ KONSTRUKCE

Ondřej Simon, Kamila Fricová

## Klíčová slova

partikulovaný organický materiál, plaveniny, vzorkovač, metodika

## Souhrn

**Detritový kontinuální vzorkovač DDG je nově vyvinuté zařízení vhodné pro drobné toky, umožňující odebírat zakoncentrované vzorky plavenin (partikulovaného organického materiálu) z toků. Vzorkovač odvádí proudící vodu do sedimentačního prostoru, kde dochází vlivem snížení rychlosti proudění k sedimentaci partikulovaných částic. Při obvyklých koncentracích plavenin v oligotrofních vodách vykazuje vzorkovač dobrou funkci při expozičních dobách do 14 dnů a lze jej použít již při průtocích okolo 0,2 l/min. Průtok zařízením lze regulovat podle množství plavenin ve vzorkovaném toku.**

## Úvod

Sledování chemických, biologických a dalších charakteristik jemných suspenzí, nacházejících se ve vznosu ve vodním prostředí, má kratší tradici než sledování látek v roztoku. Odběr plavenin – v biologické oblasti bývá tato frakce označována jako jemný detrit (frakce FPOM – fine particulate organic matter čili jemně partikulovaná organická hmota) – se potýká s několika problémy. Jde především o zakoncentrování příliš naředěného vzorku ve velmi čistých tocích a postihnout rychlé časové změny koncentrací na drobných tocích. Problematické bývá rovněž získání natolik reprezentativního vzorku, aby mohl být proveden přepočít množství plavenin na litr vody. Tyto náročné operace jsou většinou řešeny prostřednictvím velmi složitých stabilních analyzátorových stanic s kontinuálním odběrem vzorků nebo prostřednictvím přenosných samočinných programovatelných vzorkovačů. Zásadním limitem použití těchto zařízení pro rozsáhlejší plošné monitorovací programy je jejich cena a také nemožnost ponechat zařízení bez dozoru pracovat na lokalitě bez jeho zabezpečení v pevném stavebním objektu. I pro odběr bodových vzorků je proto například v síti Českého hydrometeorologického ústavu používán především ruční odběr [6].

S výjimkou analyzátorových stanic, vybavených nákladným zařízením pro filtraci vzorku, nelze při žádném z těchto přístupů provést zakoncentrování vzorku přímo při odběru. V případě nízkých koncentrací v toku a potřeby větší navážky materiálu pro analýzu je tedy nutné odebrat buď

velmi objemné vzorky vody anebo ručně provést filtraci přímo při odběru vzorku na lokalitě.

V oblasti biologického výzkumu s odlišnými nároky na šetrnost odběru se na experimentálních povodích dosud používají složitá stabilní zařízení, která jsou svou cenou i stavební náročností analogická analyzátorovým stanicím pro monitoring jakosti vod. Levnější kvantitativní metody předpokládají oddělení odběru vody (20–30 l) pro filtraci jemných částic a současně instalaci Millerova síťového odběráku pro zachycení méně koncentrovaných partikulů větších rozměrů [7]. Jinou jednoduchou semikvantitativní metodou je metoda sedimentační pastí. Do nádoby o definovatelné ploše vzhůru obráceného ústí se nechá po definovatelnou dobu sedimentovat materiál z okolní vody [4]. Použití těchto relativně jednoduchých zařízení je však doporučované a vhodné zejména ve stojatých nebo pomalu tekoucích vodách. Na malých proudných vodních tocích je jeho funkce nestandardní, pokud ho vůbec lze použít. Jestliže je tato sedimentační past zasazena do dna toku, je možné ji použít i na relativně malém toku, nezískáme však vzorek umožňující bilancovat teoretický látkový odnos. Pokud materiál chceme dále použít k biologickým, respektive mikrobiologickým analýzám, jeví se jako problém také rychlý nástup anoxických podmínek neumožňující delší expozici.

V některých literárních zdrojích je pro vzorkování transportovaného organického materiálu doporučeno umístit do toku za sebou několik sítí s různou velikostí ok, které budou simultánně zachytávat plaveniny rovnou rozdělené do několika velikostních frakcí. Před zařízením je umístěna hydrometrická vrtule, sloužící k měření rychlosti proudění. Tato metoda je ale vhodná spíše pro větší toky a je uzpůsobena pro kratší expozice – v případě malých toků je velmi pravděpodobné, že při delší expozici by se odběrové zařízení ucpalo většími plaveninami [1]. Na sítích založený systém na tocích druhého řádu byl použit v [5]. Tato instalace však vyžadovala převedení celého průtoku toku do krátkého potrubí a byla náročná na pravidelnou údržbu. Systém mohl být nainstalován jen na tocích s velkým spádem. Zásadní nevýhodou je, že síťová zařízení nemohou zachycovat partikule pod 40 µm, která při bazálním odtoku představují většinu celkového odnosu partikulů [7].

## Metoda a popis funkce

### Princip zařízení

Detritový kontinuální vzorkovač pro drobné toky (vzorkovač DDG) využívá spádu toku ke kontinuálnímu nasávání definovaného objemu vzorkované vody do sedimentačního prostoru. Zde probíhá vlivem snížení rychlosti proudění vody sedimentace partikulů, jejichž sedimentační rychlost je větší než rychlost proudění vody. Nastavením rozdílu výšek přívodní a odtokové hadice lze regulovat průtok zařízením – tedy poměry proudění

v sedimentačním prostoru a charakter sedimentujících částic. Princip funkce zařízení je schematicky znázorněn na obr. 1.

### Konstrukce zařízení

Zařízení začíná sacím košem, opatřeným vnější mříží z potahovaného kovového pletiva pro odclonění hrubých unášených předmětů. Koš je válcovitého tvaru o průměru asi 5 cm a délce 15 cm. Vnitřní část sacího koše je opatřena polyetylenovou síťovinou o zvolené velikosti ok – např. 1 mm – dovnitř zařízení tak vstupuje např. pouze frakce jemného detritu (FPOM). Sací koš je v toku umístěn na místo trvale zaplavené vodou. Je formovatelný, proto je možné ho přizpůsobit konkrétnímu mikroreliefu. Stabilizován je buď místními kameny, nebo fixován do jílovitého či písčitého substrátu kotvou ve tvaru dlouhého U ze silného kovového drátu potaženého PVC.

Od sacího koše k sedimentační nádobě vede flexibilní sací potrubí. Nápuštná část uvnitř sedimentační nádoby je opatřena nápuštným košem s otvory v jeho bocích a dně, omezujícími zkratové proudění, a zátěží, která udržuje nápuštný koš vždy v dolní části sedimentační nádoby bez ohledu na její polohu. Sedimentační nádoba je uložena pod vodní hladinu a obložena kameny nebo kotvena drátěnou kotvou. Umístění pod hladinou zajišťuje shodné tepelné poměry pro sbíraný vzorek s poměry v toku. Sedimentační nádoba může být umístěna výškově mezi horní a dolní pracovní hladinou, nebo níže či výše, podle konkrétní dispozice v místě odběru. Sedimentační nádoba je z polyethylenu, má tvar kvádru se zaoblenými hranami a objem 5 l.

Odpadní potrubí začíná nasávacím košem v horní části sedimentační nádoby, opatřeným síťovinou pro zamezení vzniku zkratovitého proudění. Jeho konec tvoří volná trubice s ústím ležícím alespoň o 10 cm níže než sací koš. Odpadní potrubí je stabilizováno kameny nebo kovovou kotvou do dna.

Potrubí vedoucí od sacího koše k sedimentační nádobě a odpadní potrubí je položeno na dně a zakryto kameny. Při popsaném způsobu instalace je odběrové zařízení jen obtížně viditelné, což snižuje pravděpodobnost jeho poškození cizí osobou. Vzhledem k pořizovacím nákladům případné zcizení jednoho nebo i série těchto zařízení představuje rozumné riziko pro práci v terénních podmínkách.

Rychlost průtoku zařízením lze snadno regulovat nastavením výšky flexibilního odpadního potrubí v místě jeho volného ústí. Průtok tedy není regulován škrticí tratí nebo kohoutem, kde by snadno docházelo k ucpání při dlouhodobé expozici.

### Stavebnicový princip

Celé zařízení je vyrobeno na stavebnicovém principu z přesně zhotovených plastových komponent a sestává se z jednotlivých dílů bez použití lepidla, šroubů nebo spojovacího materiálu. Sedimentační nádoba a koše jsou k přírubám připojeny šroubovým závitem. Konce jednotlivých pružných silnostěnných hadic jsou seříznuty do šikma pro snazší protahování otvory. Vzorkovač DDG lze tedy kdykoli bez nástrojů rozebrat, vyčistit a opět složit, a to i v terénních podmínkách. Při poškození některých částí je lze snadno doplnit.

### Možnost jednorázového použití

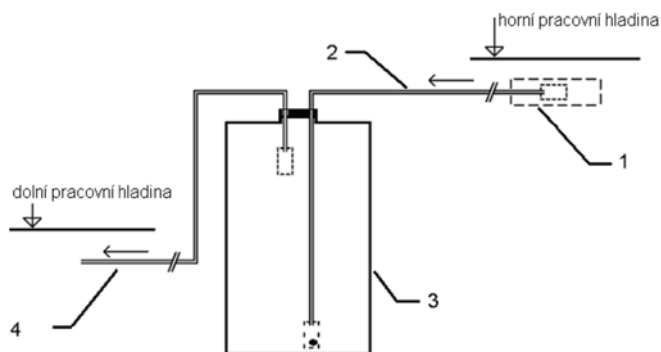
Pro přesné analýzy nebo mikrobiologická stanovení ve velmi čistých vodách nebo kultivace mikroorganismů z plaveného materiálu, kde je nutné zachování sterility, je s výhodou možné použít vždy nový vzorkovač DDG. Zařízení je tedy vhodné i pro jednorázové použití. Pro běžné užití lze vzorkovač DDG vymýt a popřípadě chemicky sterilizovat.

### Uchování vzorku ve vzorkovači

Konstrukce zařízení je vytvořena tak, aby mohlo být v případě potřeby při použití zcela ponořeno ve vzorkovaném prostředí. Voda je vedena sedimentační nádobou tak, že po celou dobu expozice omývá vzorek plavenin, a nedochází proto ke změnám kyslíkového režimu a chemismu v postupně hromaděném vzorku. Tenkostěnná průhledná konstrukce z polyethylenu umožňuje zachování teplotních poměrů okolního prostředí v postupně hromaděném vzorku, stejně jako obdobného světelného režimu, včetně přítomnosti ultrafialové složky procházející dobře stěnami sedimentační nádoby z odolného plastu. Tyto funkce jsou podstatné při odběru dlouhodobých vzorků pro citlivé biologické analýzy živých složek plavenin a chemické analýzy labilních látek.

### Popis funkce zařízení

Nové nebo vyčištěné zařízení se před instalací naplní vodou z toku bez zákalu, uzavře se a nechá se tlakově stabilizovat. Poté se vytvořením podtlaku na konci odpadního potrubí uvede do chodu, pokud je to vlivem vzduchových kapes v hadicích potřebné. Zařízení funguje na principu rozdílů hladin, kde jako horní pracovní hladina slouží hladina nad místem uložení sacího koše v toku, dolní pracovní hladina je pak hladina nad odpadním potrubím, jak je vyznačeno na schématu (obr. 1). Rozdíl hladin je dán postavením sacího koše a ústí odpadního potrubí vůči sobě navzájem. Nastavením výšky hladin lze regulovat průtok vody zařízením, tedy i poměry proudění v sedimentačním prostoru, které ovlivňují charakter sedimentujících částic. Skutečný průtok zařízením se před



**Obr. 1.** Princip zařízení: 1 – sací koš umístěný do vodního toku, 2 – přívodní flexibilní potrubí, 3 – tělo se sedimentačním prostorem, 4 – odtokové flexibilní potrubí; horní hladina znázorňuje místo uložení sacího koše ve výše položené části toku a dolní pracovní hladina ústí odpadního potrubí v níže položené části toku s velkým spádem

zahájením odběru měří na zvednuté části odpadního potrubí odměrnou nádobou a stopkami. Při měření musí být ústí odpadního potrubí umístěno do výšky dolní pracovní hladiny vody v toku. Před odběrem vzorku po ukončení odběru se opět změří průtok.

Při odběru vzorku je možné provést buďto kompletní výměnu sedimentační nádoby, která slouží současně jako velkokapacitní vzorkovnice, nebo pouze vylít vzorek či jeho poměrné části do přinesené vzorkovnice. Při obvyklých koncentracích plavenin v oligotrofních tocích vykazuje vzorkovač DDG opakovaně dobrou funkci při expozičních dobách do 14 dnů, přičemž již za 24 hodin je sesbíraný vzorek dostatečný pro analýzy i v tocích s malým množstvím plavenin. Zařízení vykazuje dobrou funkci při průtocích okolo 0,2 l/min.

Sedimentační nádoba pojme velké množství detritu, takže je rovněž možné použít ji k delším expozicím, přičemž je znám průtok zařízením pro bilanci látkového odnosu. Je možné ho umístit i do drobných potoků a vzhledem k malé velikosti sacího koše i běžného průtoku zařízením může fungovat i za nízkých průtoků.

Vzorkovač DDG je určen ke kontinuálnímu odběru vzorků plavenin z vody tekoucí pod atmosférickým tlakem a spádem větším než 3 % na délku tří metrů. Při tomto spádu je průtok dostatečně velký na to, aby nedocházelo k ucpávání zařízení plaveninami. Celková délka trubice u testovaného prototypu DDG 01 byla 3 m při vnitřním průměru 4 mm. Při použití kratších trubec nebo trubec s větším průměrem předpokládáme možnou funkci i při nižším spádu, respektive menším rozdílu mezi horní a dolní hladinou.

Velikost použité sedimentační nádoby, rychlost průtoku a příslušný poměr spádu a velikosti trubice je závislý na účelu, ke kterému má být zařízení použito. Pro zachytávání rychleji sedimentujících částic postačí menší sedimentační nádoba nebo může být významně zvýšena rychlost průtoku odběrákem.

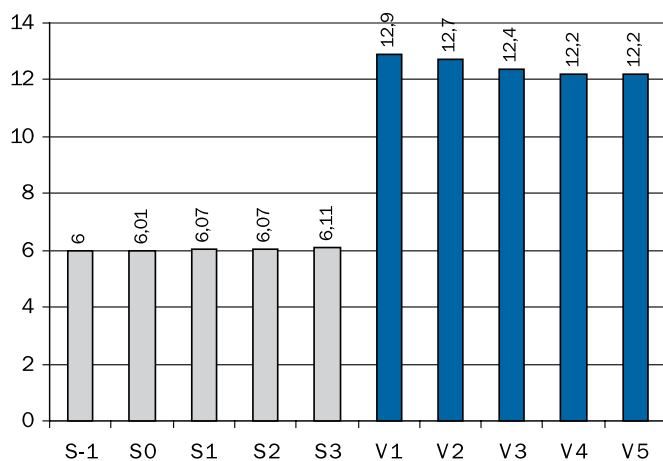
### Výsledky testování v drobných tocích a diskuse

Testy zařízení probíhaly od poloviny roku 2007 na drobných tocích druhého řádu a dále v roce 2008 ve vývěrech pramenišť. Celkem bylo vyrobeno 10 ks prototypu DDG 01 pro testování paralelních expozic na drobných tocích. V srpnu a září 2007 bylo zařízení testováno jak při kratší době expozice (24 hodin), tak při delší době expozice (5, 7, 12 a 23 dní), a to paralelně na několika místech Znojemského a Vyšného potoka (povodí Blanice, CHKO Šumava). Na každém toku bylo umístěno 3 až 5 vzorkovačů. Odebrané vzorky detritu byly potom porovnávány na základě mikroskopického obrazu, kdy je detrit sledován při dvacetinásobném zvětšení a jako základní charakteristiky slouží poměr jednotlivých rozlišitelných frakcí, oživení a pestrost fauny a přítomnost živých řas. V paralelních vzorcích detritu byla rovněž provedena řada chemických analýz. Sledován byl obsah uhlíku, dusíku, fosforu, vápníku a některých kovů jak v pevném podílu, tak v roztoku získaných vzorků. Vzorky z odběráků byly porovnány i se vzorky získanými jinými metodami (přímý odběr z detritových depozic v toku nebo odběr řízenou sedimentací v pískem naplněných plastových boxech).

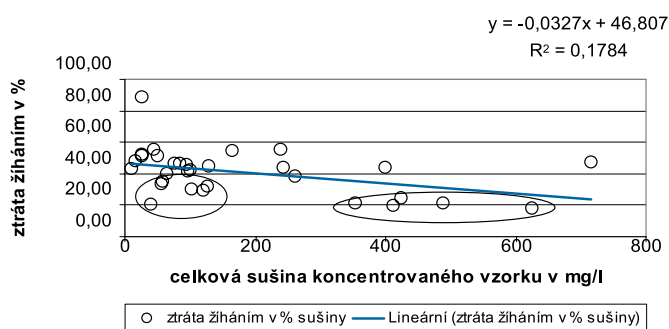
Typický detrit ze sledovaného povodí má světle hnědou barvu a i při pohledu pouhým okem tvoří flokulující shluky materiálu. Detrit ze smrkových rašelinných poloh je tmavě hnědý až černý. Skládá se v různém poměru převážně z rostlinných zbytků s dosud zachovalými pletivy, fekálními pelety živočichů různé velikosti a tvaru a více či méně kompaktních, a nerozlišené hmoty, která se pravděpodobně skládá z anorganických – jílovitých částic a vysráženého organického materiálu, vzniklého z DOM (dissolved organic matter – rozpuštěný organický materiál) [3] a rozpadlých fekálních pelet. Nebyly zjištěny významné rozdíly mezi



## Ca (mg/l) - Sněženský/Vyšný



**Obr. 2.** Porovnání obsahu vápníku ve vzorcích detritu z pěti paralelních vzorků ze Sněženského potoka a pěti paralelních vzorků z Vyšného potoka; jednodenní expozice, 5. 9. 2007



**Obr. 3.** Závislost ztráty žháním na naakumulované sušině v odběráku DDG Q1 z experimentů s různou dobou expozice 1–24 dní; vzorky ze dvou sérií z Vyšného potoka s obecně menším podílem organického uhlíku označeny elipsou; závislost naznačuje možný rozklad vzorku při dlouhých dobách expozice spojených s velkou akumulací materiálů

detritovým materiálem získaným ze vzorkovačů a detritem odebraným jinými způsoby.

Při porovnání chemického složení paralelních vzorků bylo u většiny parametrů dosaženo uspokojivých výsledků, některé parametry naopak mezi jednotlivými paralelními vzorky velmi kolísaly. Příklad porovnání obsahu vápníku ve vzorcích detritu z pěti paralelních vzorků ze Sněženského potoka a pěti paralelních vzorků z Vyšného potoka je na obr. 2. Ukázka výsledků testování z odběrů s různou dobou expozice na příkladu obsahu sušiny ve vzorcích je na obr. 3.

Další testování, které dosud probíhá, se soustředilo na ověření možnosti využití kontinuálního vzorkovače přímo pro odběr suspendovaných materiálů z vývěrů prameništ. Bude také ověřeno, jaké procento partikulů v jednotlivých velikostních frakcích je zařízením v konkrétních podmínkách zachycováno. Vzhledem k rozdílné sedimentační rychlosti organických a anorganických částic však tyto výsledky není možné zobecnit pro jiné typy vod.

V době experimentálního ověřování sérií prototypů přestály instalace vzorkovače DDG na tocích druhého řádu i povodňový průtok Q1 (povodňový průtok opakující se s pravděpodobností 1x ročně). Došlo sice k částečnému vytrhání nebo odnesení sacích košů a v několika

případech k ucpání sacího koše nebo přívodního potrubí zvrženým pískem, všechny vzorky v sedimentačních nádobách ale byly zachovány a mohly být následně analyzovány [2].

Funkce zařízení byla ověřována v tocích s nízkým množstvím dostupných živin a relativně chladnou vodou. Lze předpokládat, že například v prostředí drobných toků v nížinách s intenzivní zemědělskou produkcí se mohou projevit některé nevýhody odběráku DDG. Při vzorkování prostředí s vysokou trofíí, jako jsou znečištěné řeky nebo odpadní vody, bude pravděpodobně nutné pro zachování vzorku v optimálních podmínkách přiměřeně zkrátit dobu expozice, nebo zvýšit průtok.

### Závěr

Vzorkovač DDG je určen ke kontinuálnímu odběru vzorků plavenin v drobných tocích. Pokud je sedimentační nádoba instalovaná přímo v toku, zařízení zachovává ve sbíraném vzorku kyslíkové poměry, chemismus vody, teplotu i osvit obdobný vzorkovanému prostředí při dlouhodobých expozicích. Tato funkce je ověřena při expozici zařízení v oligotrofních tocích. Upravený kontinuální vzorkovač s vhodně nastavenými průtokovými a sedimentačními vlastnostmi je potenciálně využitelný na jiných typech vod i ve vodárenství nebo průmyslových provozech. Zařízení je chráněno užitným vzorem (užitný vzor č. 18924, 2008).

### Literatura

- [1] Davis, J.C., Minshall, G.W., Robinson, C.T., and Landres, P. (2001) Monitoring Wilderness Stream Ecosystems, United States Department of Agriculture.
- [2] Fricová, K., Simon, O. a Douda, K. (2007) Detritové toky v oligotrofních povodích – metoda kontinuálního vzorkování. In Měkotová, J. a Štěrbá, O. (eds) *Říční krajina*, 5, 59–67.
- [3] Mann, K.H. (1988) Production and use of detritus in various freshwater, estuarine, and coastal marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 33 (4 part 2), 910–930.
- [4] Short, R.A. and Ward, J.W. (1981) Benthic detritus dynamics in a mountain stream. *Holarctic Ecology*, 4, 32–35.
- [5] Wipflý, M.S. and Gregorovich, D.P. (2002) Export of invertebrates and detritus from fishless headwater streams in southeastern Alaska: implications for downstream salmonid production. *Freshwater Biology* (2002) 47, 957–969
- [6] www.chmi.cz, 2008.
- [7] Wallace, J.B., Hutchens, J.J. jr., and Grubaugh, J.W. (2007) Transport and storage of FPOM. In Hauer, F.R. and Lamberti, G.A. (eds) *Methods in stream ecology*, 249–271, New York : Academic Press – Elsevier.

**Mgr. Ondřej Simon,**  
**Mgr. Kamila Fricová**  
**VÚV T.G.M., v.v.i., Praha**  
**Ondrej\_Simon@vuv.cz, kamila\_fricova@vuv.cz**  
*Příspěvek prošel lektorským řízením.*

### Key words

*particulate organic matter, floating particles, sampler, methodology*

*Continual floating particles sampler for small streams (Simon, O., Fricová, K.)*

**Continual detrital sampler DDG is a newly developed device, suitable for small streams, which allows sampling of concentrated samples of floating particles (particulate organic matter) from the streams. The sampler is draining water into the sedimentary tank, where thanks to the current velocity the decrease of sedimentation proceeds. At usual concentrations of floating particles the sampler shows a good function by the time of exposition up to 14 days, and it is applicable at the discharge of 0.2 l/min, already. Flow through the device can be adjusted according to the floating particles amount in the stream water sample.**

## Publikace VÚV T.G.M., v.v.i.

### **Effects of Environmental Factors on the Freshwater Pearl Mussel Population in the National Nature Monument “Lužní Potok” (Zinnbach)**

*Edited by Michal Bílý*

Praha, VÚV T.G.M., v.v.i., 2008, ISBN 978-80-85900-86-6

Publikace, která vychází v angličtině, informuje o výskytu perlorodky říční v ašském výběžku v západních Čechách.

Jak stav populace perlorodky, tak složek jejího životního prostředí v Lužním potoce je neuspokojivý. Od roku 1995, kdy bylo v Lužním poto-

ce zjištěno téměř 18 000 exemplářů perlorodky říční, její počty prudce poklesly na 1 135 exemplářů v roce 2006 a stále se snižují. Přírozená reprodukce zde recentně nebyla doložena. Přes řadu aktivit a opatření ze všech zúčastněných stran dosud nedošlo k potřebnému obnovení narušených funkcí biotopu perlorodky říční.

Vlivem dalekosáhlých změn v minulosti došlo k plošnému útlumu potravních funkcí jednotlivých složek povodí, především z prameništ, drobných přítoků a vegetace nivních luk. Jak detritus přítomný ve vlastním toku, tak i ve zkoumaném vzorku pramenných zdrojů vykazuje jen velmi nízkou či nulovou míru uživnosti. To se projevuje stagnací růstu mladých stadií perlorodky v toku a pravděpodobně i zvýšením mortality starých jedinců. Snaha o zlepšení potravní situace v povodí by měla být prioritou v rámci ostatních ochranných aktivit v této oblasti. Zcela nezbytná

je obnovou narušených potravních funkcí, a to podle studie speciální revitalizace, která se v současné době zpracovává.

Rovněž chemismus Lužního potoka se ukazuje jako ne příliš příznivý. Pásmo, kde se v toku po celou sezónu udržují všechny důležité parametry v přijatelných hodnotách, je velmi úzké a v některých letech se nevyskytuje vůbec. Třebaže překračování limitních hodnot parametrů chemismu vody nemusí být primárním důvodem vymírání populace perlorodky, jde bezpochyby o signál narušené situace v povodí.

Lužní potok je stále velmi cenným oligotrofním tokem. Má kvalitní intersticiál, který je i bez jakýchkoli umělých úprav dobře prokysličený a voda v něm zjevně nestagne. Aerobní podmínky byly zjištěny i v hloubce 40 cm pod povrchem dna. Nebylo zaznamenáno žádné výrazné zvýšení množství organické hmoty, které by zhoršovalo kvalitu vody. Nicméně významné je zjištění vysoké koncentrace železa, což má též nepříznivý dopad na znehodnocování potravního zásobení biotopu. Snížení koncentrací Fe je očekáváno teprve po úpravách vodního režimu v pramenné oblasti v rámci speciální revitalizace.

V Lužním potoce se vyskytuje obsádka pstruha potočního, důležitého pro životní cyklus perlorodky. Migrační aktivita místní populace pstruha je však nízká, což snižuje možnost osidlování vhodných

habitátů juvenilními perlorodkami, pokud by v toku lužního potoka byly přítomny.

Význam Lužního potoka podtrhuje bohatá biodiverzita této lokality, jakou dokládají rozborů bentického společenstva. Byly zde nalezeny druhy se statutem IUCN i druhy s vysokou bioindikací váhou, jejichž výskyt je podmíněn neznečištěným životním prostředím.

V povodí Lužního potoka proběhla opakovaně reintrodukce mladých perlorodek, získaných polopřirozeným odchovem z místní populace. V rámci českého Záchraného programu perlorodky říční byly takto realizovány tři polopřirozené odchovné cykly s celkovým výstupem 1 429 juvenilních jedinců ve věku tří až pěti roků. Ti jsou již schopni se minimálně osm až deset let dále vyvíjet i v současném potravně odušeném prostředí. Pokud by však potravní nedostatečnost trvala příliš dlouho, předstihne rychlost spoje spojovacího vazou schránky (ligamentu) jeho růst a dojde k úhynu.

Cílem záchraného programu není udržení výskytu perlorodky pomocí dlouhodobého posilování populací odchovem, nýbrž obnovení funkce všech společenstev oligotrofního povodí. Výsledkem by měl být opětovný nástup přirozené reprodukce a možnost trvalé existence populace perlorodky.

**Redakce**

## ASLAB – STŘEDISKO PRO POSUZOVÁNÍ ZPŮSOBILOSTI LABORATOŘÍ

V rámci Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka působí jako jeho organizační složka také ASLAB – Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoří, a to již 18. rok. Kontinuálně pokračuje v činnosti „Akreditačního střediska laboratoří pro rozborů vod“, zřízeného jako samostatný útvar při VÚV T.G.M. ministrem životního prostředí dopisem č. j. M/4601/91 ze dne 31. 12. 1991. V roce 1997 byl dopisem ředitele odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí č. j. 114/00V/97 změněn název na ASLAB – Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoří.

Středisko ASLAB je pověřeno samostatnou působností zejména ve výkonu funkce Národního inspekčního orgánu správné laboratorní praxe (SLP), v posuzování a zkoušení odborné způsobilosti laboratoří a v organizování mezilaboratorních porovnávání zkoušek v oblasti životního prostředí. Uvedené činnosti provádí ASLAB na základě pověření Ministerstva životního prostředí jakožto ústředního orgánu státní správy (opatření č. 12/06 MŽP z 12. 12. 2006).

Funkci Národního inspekčního orgánu SLP upravuje zákon č. 356/2003 Sb. ve znění zákona č. 186/2004 Sb. a vyhlášky č. 279/2005 Sb.

*Osvědčení o správné činnosti laboratoře*, které je výsledkem posuzování správné činnosti laboratoře střediskem ASLAB, je jednou z podmínek splnění požadavků zákona č. 254/2001 Sb. a příslušné prováděcí vyhlášky o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových na oprávněnou laboratoř.

Od loňského roku je *Osvědčení o správné činnosti laboratoře* vydané ASLAB také jedním z nezbytných předpokladů splnění podmínek vyhlášky č. 341/2008 Sb. pro laboratoře provádějící analytické rozborů a mikrobiologické zkoušky výstupů ze zařízení k využívání bioodpadů pro účely jejich hodnocení.

### Seznam laboratoří s platným Osvědčením o správné činnosti laboratoře

**Stav ke dni 1. 3. 2009**

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

Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů  
Osvědčení: č. 370 ze dne 1. 10. 2008, platné do 31. 10. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, MB, HB, RA, VZ / pit, pov, pod, odp, výluh  
Adresa: Podbabská 30, 160 00 Praha 6-Podbaba  
Telefon: 220 197 321                      Telefax: 224 310 759  
Vedoucí: Ing. Věra Očenášková           vera\_ocenaskova@vuv.cz

#### Vodohospodářské laboratoře, s. r. o.

laboratoř  
Osvědčení: č. 377 ze dne 30. 1. 2009, platné do 31. 1. 2014  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, MB, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Teplého 2014, 530 02 Pardubice  
Telefon: 466 304 832                      Telefax: 466 304 163  
Vedoucí: Ing. Vlastislav Mácha           vhl@iol.cz

#### TOMA, a. s.

laboratoř TOMA, a. s.  
Osvědčení: č. 315 ze dne 8. 6. 2006, platné do 30. 9. 2010  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, VZ / pit, pov, odp, výluh  
Adresa: tř. T. Bati, 765 82 Otrokovice  
Telefon: 577 664 357                      Telefax: 577 662 490  
Vedoucí: Ing. Jiří Chromek, CSc.           jchromek@tomaas.cz

#### Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.

laboratoře  
Osvědčení: č. 307 ze dne 26. 1. 2006, platné do 31. 1. 2011  
Oblast platnosti: SOA / pov, odp, výluh  
Adresa: U Vodárny 137, 537 01 Chrudim II  
Telefon: 469 637 101                      Telefax: 469 630 401  
Vedoucí: Milada Bukačová               tefr@vz.cz

#### Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., pobočka Brno

laboratoř  
Osvědčení: č. 316 ze dne 30. 6. 2006, platné do 30. 6. 2010  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, MB, HB, TX, VZ / pit, pov, pod, odp, výluh  
Adresa: Mojžírovo náměstí 16, 612 00 Brno  
Telefon: 541 126 311                      Telefax: 541 211 397  
Vedoucí: RNDr. Michal Pavonič           michal.pavonic@vuv.cz

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

laboratoř chemických a biologických analýz  
Osvědčení: č. 376 ze dne 30. 1. 2009, platné do 31. 1. 2014  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, MB, HB, VZ, TX / pit, pov, pod, odp, výluh  
Adresa: Macharova 5, 702 00 Ostrava-Přívóz  
Telefon: 596 134 181                      Telefax: 596 134 180  
Vedoucí: Ing. Petr Tušil, Ph.D.           petr\_tusil@vuv.cz

#### Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a. s.

VAK JČ – laboratoř Jindřichův Hradec  
Osvědčení: č. 348 ze dne 28. 8. 2007, platné do 31. 8. 2012  
Oblast platnosti: ZCHR, MB / pit, pov, odp  
Adresa: Jiráskovo předměstí 622/III, 377 32 Jindřichův Hradec  
Telefon: 384 361 898                      Telefax: 384 321 308  
Vedoucí: Jana Fiedlerová

#### PRECIOSA, a. s.

Úsek rozvoje – laboratoř  
Osvědčení: č. 322 ze dne 5. 9. 2006, platné do 30. 9. 2011  
Oblast platnosti: ZCHA, SAA / pod, pov, odp  
Adresa: Podhorská 77, 466 01 Jablonec nad Nisou  
Telefon: 488 111 477                      Telefax: 483 313 785  
Vedoucí: Ing. Věra Pitrová               vaclav.kulas@preciosa.com

#### Hexion Specialty Chemicals, a. s.

laboratoř OŽP a PB  
Osvědčení: č. 338 ze dne 26. 4. 2007, platné do 30. 4. 2012  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Tovární 2093, 356 01 Sokolov  
Telefon: 352 614 410                      Telefax: 352 623 079  
Vedoucí: Ing. Miroslav Wittner           miroslav.wittner@hexionchem.com

**Miroslav Šena, vodohospodářská laboratoř, Nymburk-Babín**  
laboratoř  
Osvědčení: č. 340 ze dne 23. 5. 2007, platné do 31. 5. 2012  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, MB, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Nymburk Babín, Pošt. schr. 2, 288 02 Nymburk  
Telefon: 325 513 518                      Telefax: 325 513 518  
Vedoucí: Ing. Stanislav Marek            senalab@centrum.cz

**ČEZ, a. s., sídlem Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, OJ Jaderná elektrárna Dukovany**  
Chemická laboratoř, odd. chemické režimy  
Osvědčení: č. 336 ze dne 21. 2. 2007, platné do 28. 2. 2012  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: 675 50 Dukovany  
Telefon: 561 102 038                      Telefax: 568 866 437  
Vedoucí: Ing. Petr Chvátal                Petr.Chvatal@cez.cz

**Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a. s.**  
VAK JČ – laboratoř Písek  
Osvědčení: č. 359 ze dne 18. 1. 2008, platné do 31. 1. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR / pov, odp  
Adresa: Alešova ulice, 397 11 Písek  
Telefon: 382 214 603  
Vedoucí: Petr Pulkrab                      petr.pulkrab@vakjc.cz

**ČEZ, a. s., sídlem Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, OJ Elektrárny Poříčí**  
Vodní laboratoř, odd. provozních režimů  
Osvědčení: č. 358 ze dne 1. 2. 2008, platné do 28. 2. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Kladská 466, 541 37 Trutnov 3-Poříčí  
Telefon: 492 102 227                      Telefax: 492 102 199  
Vedoucí: Ing. Věra Krouželová            Vera.Krouzelova@cez.cz

**Vodovody a kanalizace Havlíčkův Brod, a. s.**  
provozní laboratoř ČOV  
Osvědčení: č. 361 ze dne 1. 2. 2008, platné do 28. 2. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Okrouhlická 3288, 580 01 Havlíčkův Brod  
Telefon: 569 423 896                      Telefax: 569 425 562  
Vedoucí: Petr Krejčí                      laborp@mujbox.cz

**ČEZ, a. s., sídlem Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, OJ Elektrárna Chvaletice**  
Chemická laboratoř  
Osvědčení: č. 365 ze dne 30. 6. 2008, platné do 30. 6. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: 533 12 Chvaletice  
Telefon: 462 102 920                      Telefax: 462 103 525  
Vedoucí: Ing. Lea Pražáková              Lea.Prazakova@cez.cz

**VODAK Humpolec, s. r. o.**  
Laboratoř Vodak  
Osvědčení: č. 365 ze dne 30. 5. 2008, platné do 31. 5. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, MB, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Lužická 1673, 396 01 Humpolec (ČOV)  
Telefon: 565 533 150                      Telefax: 565 533 307  
Vedoucí: Ing. Václav Čech                sekretariat@vodakhu.cz

**Ekologická laboratoř PEAL, s. r. o.**  
ekol. laboratoř  
Osvědčení: č. 364 ze dne 28. 4. 2008, platné do 30. 4. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, SOA, MB, VZ / pit, pov, odp, výluh  
Adresa: U Vodojemu 914/15, 142 00 Praha 4  
Telefon: 241 728 264                      Telefax: 241 728 264  
Vedoucí: Ing. Ivan Černý                 milankempny@volny.cz

**Precheza, a. s.**  
Centrální laboratoře – lab. životního prostředí  
Osvědčení: č. 369 ze dne 1. 10. 2008, platné do 31. 10. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR / odp, pov  
Adresa: Nábř. Dr. E. Beneše 24, 751 62 Přerov  
Telefon: 581 252 344                      Telefax: 581 252 342  
Vedoucí: Ing. Jan Balcárek, Ph.D.        jan.balcarek@precheza.cz

**Severočeské doly, a. s., Doly Nástup Tušimice**  
OŘKJ – laboratoř severočeských dolů  
Osvědčení: č. 373 ze dne 1. 1. 2009, platné do 31. 12. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, VZ / odp  
Adresa: 432 01 Kadaň  
Telefon: 474 902 158                      Telefax: 474902016  
Vedoucí: Ing. Miroslav Šíma              msima@mail.sdass.cz

**AQUA-CONTACT Praha, v. o. s.**  
laboratoř  
Osvědčení: č. 371 ze dne 31. 10. 2008, platné do 31. 10. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR / pov, odp  
Adresa: Buzulucká 6, 160 00 Praha 6  
Telefon: 233 321 977                      Telefax: 224 311 424  
Vedoucí: Ing. Karel Běhounek            karel.behounek@aqua-contact.cz

**Mondi Štětí a. s.**  
Laboratoř vodního hospodářství, Centrální laboratoře  
Osvědčení: č. 378 ze dne 23. 2. 2009, platné do 28. 2. 2014  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pov, odp  
Adresa: Litoměřická 272, 411 08 Štětí  
Telefon: 416 802 890                      Telefax: 416 802 158  
Vedoucí: Ing. Martina Mihalková  
martina.mihalkova@mondipackaging.com

**ČEZ, a. s., sídlem Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, OJ Elektrárna Mělník**  
laboratoř vody ČEZ Mělník  
Osvědčení: č. 372 ze dne 1. 12. 2008, platné do 30. 11. 2013  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: 277 03 Horní Počaply  
Telefon: 311 102 558                      Telefax: 311 102 013  
Vedoucí: Katarína Vrnáková              Katarina.Vrnakova@cez.cz

**Jiří Žovinec – AQUA-CHEM**  
laboratoř odpadních vod ČOV  
Osvědčení: č. 345 ze dne 14. 6. 2007, platné do 30. 6. 2009  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Čechova ul., 256 01 Benešov u Prahy  
Telefon: 317 721 496                      Telefax: 317 721 496  
Vedoucí: Jiří Žovinec                      zovinec@quick.cz

**AQUA-AGRO SERVIS, s. r. o.**  
Hydroanalytická zkušební laboratoř  
Osvědčení: č. 343 ze dne 1. 6. 2008, platné do 31. 5. 2009  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, odp, výluh  
Adresa: Siroťčí 1145/7, 703 00 Ostrava 2-Vítkovice  
Telefon: 596 618 654                      Telefax: 596 618 654  
Vedoucí: Ing. Jana Bzonková              aqua.agroservis@worldonline.cz

**Jana Svobodová**  
Chemická laboratoř  
Osvědčení: č. 320 ze dne 30. 6. 2006, platné do 30. 6. 2010  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: 9. května 1184, 742 58 Příbor  
Telefon: 556 719 560                      Telefax: 556 719 679  
Vedoucí: Ing. Jana Svobodová            laborator\_pribor@seznam.cz

**ČEZ Energetické služby, s. r. o.**  
vodohospodářská laboratoř  
Osvědčení: č. 360 ze dne 15. 1. 2008, platné do 31. 12. 2010  
Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pit, pov, pod, odp  
Adresa: Výstavní 1144/103, 706 02 Ostrava-Vítkovice  
Telefon: 597 015 361                      Telefax: 597 015 309  
Vedoucí: Zdeňka Poláčková              zdenka.polachova@evias.cz

**Vodohospodářská společnost Benešov, spol. s r. o.**  
laboratoř pitných vod  
Osvědčení: č. 312 ze dne 3. 4. 2006, platné do 30. 4. 2011  
Oblast platnosti: ZCHR, MB / pit, pov  
Adresa: Černoleská 1600, 256 13 Benešov  
Telefon: 317 726 005                      Telefax: 317 722 472  
Vedoucí: Ing. Věra Syslová                vhs@abnet.cz

**Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a. s.**  
Útvar kvality – detašované pracoviště Tábor  
Osvědčení: č. 309 ze dne 1. 3. 2006, platné do 31. 3. 2011  
Oblast platnosti: ZCHR, MB, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Kosova 2894, 390 02 Tábor  
Telefon: 381 264 706                      Telefax: 381 281 004  
Vedoucí: Alena Melicharová              tebichova@ta.vakjc.cz

**AQUA SERVIS, a. s.**  
laboratoř  
Osvědčení: č. 323 ze dne 3. 10. 2006, platné do 31. 10. 2011  
Oblast platnosti: ZCHR, SAA, MB, VZ / pit, pov, odp  
Adresa: Štemberkova 1094, 516 01 Rychnov nad Kněžnou  
Telefon: 494 535 267                      Telefax: 494 539 109  
Vedoucí: Ing. Hana Hamplová            aquaservis.hamplova@tiscali.cz

**HUMECO, a. s.**

Laboratoř vod HUMECO, a. s.  
 Osvědčení: č. 339 ze dne 27. 1. 2009, platné do 30. 4. 2012  
 Oblast platnosti: ZCHR, VZ / pov, odp  
 Adresa: Most-Starý Most čp. 1, PSČ 434 01  
 Telefon: 476 203 854                      Telefax: 476 206 860  
 Vedoucí: Ing. Lenka Zachová           laborator@humeco.cz

**ČEZ, a. s., sídlem Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, OJ Jaderná elektrárna Temelín**

skupina Laboratoře OJ  
 Osvědčení: č. 374 ze dne 30. 1. 2009, platné do 31. 1. 2014  
 Oblast platnosti: ZCHR, RA, VZ / pit, pov, odp  
 Adresa: 373 05 Temelín  
 Telefon: 381 103 932                      Telefax: 381 103 566  
 Vedoucí: Ing. Zdenka Pávková           Zdenka.Pavkova@cez.cz

**DIAMO, s. p., o. z. Správa uranových ložisek Příbram**

laboratoř Příbram Diamo, s. p.  
 Osvědčení: č. 375 ze dne 30. 1. 2009, platné do 31. 1. 2014  
 Oblast platnosti: ZCHR, RA / pit, pov, dül  
 Adresa: 28. října 184, 261 01 Příbram VII  
 Telefon: 318 644 211                      Telefax: 318 664 225  
 Vedoucí: Ing. Stanislava Dvořáková   dvorakova@diamo.cz

**Technické služby Strakonice s. r. o.**

TS Strakonice, laboratoř VHS  
 Čistírna odpadních vod Strakonice  
 Osvědčení: č. 310 ze dne 3. 4. 2006, platné do 30. 4. 2009  
 Oblast platnosti: ZCHR / pit, pov, pod, odp  
 Adresa: Za Káním vrchem, 386 01 Strakonice  
 Telefon: 383 322 067                      Telefax: 383 322 067  
 Vedoucí: Ing. Alena Chumová

**Spolana, a. s.**

Útvar řízení jakosti  
 Osvědčení: č. 311 ze dne 3. 4. 2006, platné do 30. 4. 2009  
 Oblast platnosti: ZCHR, SAA, VZ / pov, odp  
 Adresa: Práce 657, 277 11 Neratovice  
 Telefon: 315 662 550                      Telefax: 315 665 008  
 Vedoucí: Ing. Jarmila Škrhová           jskrhova@spolana.cz

**Vodaprim s. r. o.**

Osvědčení: č. 329 ze dne 31. 10. 2006, platné do 31. 10. 2009  
 Oblast platnosti: ZCHR, MB / pit, pod, odp  
 Adresa: Daimlerova 1172/5, 301 00 Plzeň-Skvřňany  
 Telefon: 377 823 323                      Telefax: 377 822 029  
 Vedoucí: Jiří Poupá                      vodaprim@seznam.cz

**DEKONTA, a. s.**

Laboratoř Dřetovice  
 Osvědčení: č. 341 ze dne 23. 5. 2007, platné do 31. 5. 2010  
 Oblast platnosti: ZCHR, MB, SOA / voda, zemina  
 Adresa: Dřetovice 109, 273 42 Stehelčevy  
 Telefon: 602 133 383                      Telefax: 312 292 966  
 Vedoucí: Ing. Petra Žáčková           zackova@dekonta.cz

**Lučební závody a. s. KOLÍN**

Vodohospodářská laboratoř  
 Osvědčení: č. 342 ze dne 23. 5. 2007, platné do 31. 5. 2010  
 Oblast platnosti: ZCHR / pov, odp  
 Adresa: Pražská 54, 28024 Kolín II  
 Telefon: 321 741 590                      Telefax: 321 725 243  
 Vedoucí: Ing. Markéta Šimůnková      simunkova@lucebni.cz

**Vodovody a kanalizace Náchod, a. s.**

Laboratoř  
 Osvědčení: č. 347 ze dne 10. 9. 2007, platné do 30. 9. 2010  
 Oblast platnosti: ZCHR / pit, odp  
 Adresa: Kladská 1521, 547 01 Náchod  
 Telefon: 491 419 312  
 Vedoucí: Ing. Pavel Šulc                      laborator@vakna.cz

**Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR**

**Institút ochrany obyvatelstva**  
 Laboratoř – pracoviště protichemických opatření  
 Osvědčení: č. 367 ze dne 1. 7. 2008, platné do 31. 7. 2011  
 Oblast platnosti: ZCHR, BChL, SOA / pit, pov, odp, methan. a ethan. roztoky, vzduch, půda, pevné vzorky, zemina  
 Adresa: Na Lužci 204, 533 41 Lázně Bohdaneč  
 Telefon: 950 580 331                      Telefax: 466 921 153  
 Vedoucí: Ing. Tomáš Čapoun, CSc.      jana.krykorkova@ioolb.izscr.cz

**Český hydrometeorologický ústav**

Laboratoř – oddělení jakosti vod  
 Osvědčení: č. 368 ze dne 1. 8. 2008, platné do 31. 8. 2011  
 Oblast platnosti: ZCHR / pov, pod  
 Adresa: Generála Šišky 942, 143 00 Praha 412-Kamýk  
 Telefon: 244 033 498                      Telefax: 244 033 499  
 Vedoucí: Ing. Larisa Zayets              zayets@chmi.cz

**Vysvětlivky:**

ZCHR	– základní chemický rozbor
SAA	– speciální anorganická analýza
SOA	– speciální organická analýza
RA	– radiochemická analýza
MB	– mikrobiologie
HB	– hydrobiologie
TX	– testy toxicity
VZ	– odběry vzorků
BChL	– bojové chemické látky
pit	– pitná voda
pov	– povrchová voda
odp	– odpadní voda
pod	– podzemní voda
výluh	– vodné výluhy
dül	– důlní vody

Poznámka: Oblast působnosti laboratoře uvedená zkratkou je pouze orientační – podrobně je specifikována v příloze osvědčení.

**ASLAB – Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoř**  
**Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.**  
**Podbabská 30, 160 00 Praha 6**  
**Tel., fax: 224 319 783**  
**aslab@vuv.cz, http://aslab.vuv.cz**

Dne 21. 5. 2009 se koná odborný seminář **Metody ochrany vybraných vodních organismů chráněných celoevropskou soustavou NATURA 2000** (Mgr. O. Simon).  
 Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Podbabská 30, Praha 6, kinosál budovy C, začátek ve 14 hodin.

# VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

**Redakční rada:** RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Šárka Blažková, DrSc., Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., prof. Ing. Pavel Pitter, DrSc., prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc., prof. Ing. Jiří Zezulák, DrSc.  
 Redakční rada časopisu VTEI spolupracuje s Redakční radou Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i., která řídí ediční politiku ústavu.

Ročník 51

ISSN 0322 - 8916

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



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