

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

DYNAMIKA FYTOPLANKTONU V DOLNÍM TOKU BEROUNKY A VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN

Blanka Desortová

Klíčová slova

toky, fytoplankton, sezonní změny, klimatické podmínky, průtoky

Souhrn

Článek shrnuje výsledky víceletého (2002–2007) intenzivního sledování společenstva fytoplanktonu v řece Berounce nad ústím do Vltavy. Získaná data umožňují hodnotit vztah vývoje fytoplanktonu, jeho sezonních změn a meziročních rozdílů k hydrologickým podmínkám a ke koncentracím hlavních živin. Výsledky hodnocení ukázaly, že charakter vývoje a biomasa fytoplanktonu závisí větší měrou na velikosti a ročním průběhu průtoků než na stávající úrovni živin. To znamená, že předpokládaná změna klimatu provázená oteplením, častějším výskytem sucha a poklesy průtoků v létě může vést k výraznějšímu nárůstu biomasy fytoplanktonu a prodloužení období jeho výskytu v toku.

Úvod

Berounka je jedním z vodohospodářsky významných toků, ve kterém dochází v průběhu roku k nadměrnému rozvoji fytoplanktonu, např. [1]. Přestože je společenstvo fytoplanktonu zcela přirozenou součástí vodní biocenózy, jeho vysoká koncentrace má negativní vliv na kvalitu vody. Vysoká biomasa fytoplanktonu zvyšuje zákal vody, ovlivňuje kyslíkové poměry a způsobuje obohacení vody organickými látkami, které jsou výsledkem primární produkce. S ohledem na význam Berounky pro kvalitu vody Vltavy proběhlo v letech 2002 až 2007 intenzivní sledování fytoplanktonu s cílem postihnout jeho sezonní vývoj a vyhodnotit meziroční variabilitu ve vztahu k hydrologickým poměrům a koncentracím živin.

Metodika

Sledování dynamiky fytoplanktonu bylo založeno na vysoké četnosti odběrů, zejména ve vegetační sezoně (tj. březen až říjen), kdy byly vzorky odebírány 2–3x týdně. Odběry byly prováděny v profilu Radotín, přibližně 1,5 km nad ústím Berounky do Vltavy. Analýzy vzorků vody zahrnovaly stanovení koncentrace chlorofylu-a (jako měřítka biomasy fytoplanktonu), rozbor druhové struktury fytoplanktonu a stanovení koncentrace živin (celkový P, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺).

Charakteristika klimatické situace

Během období sledování (2002–2007) byly zachyceny roky, které se výrazně lišily klimatickými podmínkami a také hydrologickou situací. Podle souhrnných hydrologických informací publikovaných v Hydrologických ročenkách ČR [2] lze na základě průměrných ročních teplot vzduchu označit téměř celé období za nadprůměrně teplé. Výrazně teplotně nadnormální byly roky 2002, 2003 a 2007, mírně nadnormální pak r. 2005 a 2006. Teplotně průměrný (normální) byl pouze r. 2004. Co se týče srážkových úhrnů a následně průtokových situací, byl r. 2002 výrazně nadnormální s výskytem extrémních povodní v povodí Labe. Srážkově nadprůměrný byl i r. 2006, kdy se zejména v první polovině roku vyskytovaly povodňové epizody. Jejich příčinou bylo tání

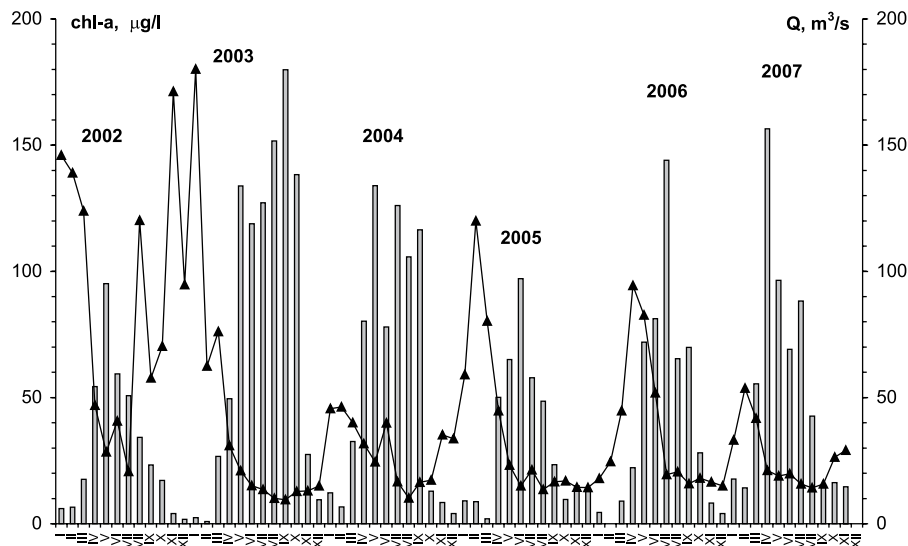
bohaté zásoby sněhu na horách a později (květen) vysoký úhrn dešťových srážek. Naopak mimořádně suchý byl r. 2003 v důsledku deficitních srážkových úhrnů zejména ve vegetačním období. Podobná situace nastala v jarním období r. 2007 po mírné zimě s nedostatkem sněhu a s deficitní sumou srážek v březnu a především v dubnu. Rozdíly mezi jednotlivými roky dokumentuje *tabulka 1*, kde jsou pro srovnání uvedeny sezonní průměry teploty vody a vzduchu zjištěné na základě měření při odběrech. Tabulku doplňují sezonní průměry průtoků a suma slunečního záření (podkladové údaje převzaty z databází ČHMÚ).

Výsledky

Průběh změn biomasy fytoplanktonu, resp. koncentrace chlorofylu-a v profilu Berounka-Radotín za sledované období 2002–2007 dokumentuje *obr. 1*. Na grafu jsou znázorněny průměrné měsíční hodnoty chlorofylu-a (vycházejí z vysoké četnosti odběrů) a měsíční průměry průtoků vypočtené z denních hodnot. Je patrné, že vývoj biomasy fytoplanktonu má výrazný sezonní charakter, jehož průběh je v jednotlivých letech podobný. Na druhou stranu, v hodnotách biomasy fytoplanktonu jsou mezi jednotlivými roky významné rozdíly. K rozvoji fytoplanktonu v monitorovaném profilu na toku obecně dochází na jaře po odeznění vysokých průtoků. V jarním a letním období se vesměs udržují vysoké biomasy fytoplanktonu s výjimkou epizod, kdy v důsledku krátkodobých intenzivních srážek může přivalová voda přítomný fytoplankton vyplavit. Koncem léta, popřípadě začátkem podzimu nastává pokles množství fytoplanktonu, jehož biomasa je v zimním období velmi nízká.

Tabulka 1. Průměrné hodnoty teploty vody, vzduchu a průtoků (Q) a suma slunečního záření za období března až října ve sledovaných letech

Rok	Teplota, °C		Q m ³ /s	Sluneční záření hod suma III.–X.
	voda	vzduch		
	průměr III.–X.			
2002	15,8	13,2	63,6	1 498
2003	16,1	13,5	23,7	1 865
2004	15,5	12,5	24,6	1 575
2005	15,2	12,7	29,0	1 657
2006	15,5	13,1	43,5	1 638
2007	16,6	13,6	21,7	1 610



Obr. 1. Průměrné měsíční hodnoty koncentrace chlorofylu-a (sloupce) a průtoků v profilu Berounka-Radotín ve sledovaném období

Na obr. 2 a 3 jsou na základě všech získaných výsledků znázorněny změny koncentrace chlorofylu-a a průtoků ve dnech odběru pro vybrané roky 2003 a 2004. Jak bylo výše uvedeno, r. 2003 byl teplotně nadnormální, výrazně suchý a s nejvyšší sumou slunečního záření za období sledování. Rok 2004 lze z hlediska klimatických a hydrologických podmínek považovat za více méně normální, s výjimkou relativně nízké sumy slunečního záření (viz tabulku 1). Zjevné rozdíly mezi oběma roky jsou jak v průběhu a úrovni hodnot chlorofylu-a, tak v průběhu a velikosti průtoků. Podprůměrné průtoky v důsledku sucha v r. 2003 umožnily dlouhodobě přítomnost vysoké biomasy fytoplanktonu (nad 150 µg chl-a/l). V r. 2004 byl průběh koncentrace chlorofylu-a výrazněji ovlivněn rozkolísaností průtoků během celého roku.

V tabulce 2 jsou uvedeny sezonní průměry koncentrací celkového P, N-NO₃ a N-NH₄ ve sledovaném období, které doprovázejí sezonní průměry a maxima koncentrace chlorofylu-a. Z údajů vyplývá, že jednotlivé sezony jsou dobře srovnatelné zejména v koncentraci fosforu, který je rozhodujícím faktorem pro rozvoj biomasy fytoplanktonu vnitrozemských povrchových vod. Naopak mezi sledovanými roky jsou výrazné rozdíly v hodnotách chlorofylu-a, které zjevně nekorespondují se změnami koncentrace živin. Srovnatelné koncentraci fosforu odpovídá široký rozsah sezonních průměrů hodnot chlorofylu-a. Z toho vyplývá, že klimatické a hydrologické podmínky mají rozhodující vliv jak na sezonní vývoj, tak na úroveň biomasy fytoplanktonu v toku.

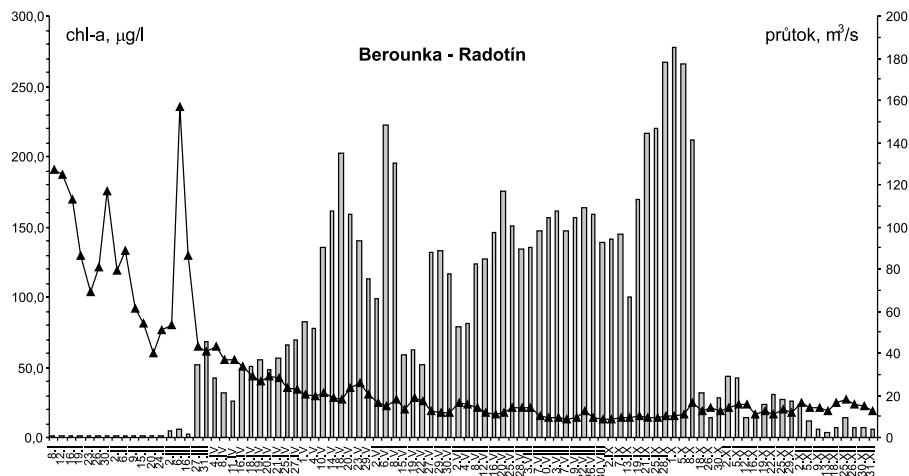
Z uvedených poznatků je možné odvodit, jak by se mohl změnit charakter sezonního vývoje fytoplanktonu v toku Berounky v důsledku předpokládané klimatické změny. Scénáře klimatické změny (např. [3]) shodně předpokládají zvýšení průměrné roční teploty, možné snížení úhrnu srážek a změnu jejich ročního chodu včetně ovlivnění průtoků a množství vody v tocích. Výstupy modelů klimatické změny předvídají v zimě (prosinec–únor, popřípadě březen) zvýšení odtoku vody v důsledku dřívějšího odchodu dešťových srážek a nízké zásoby sněhu; v létě (srpen–září) pak nízké srážky a následně průtoky a stavy vody [3]. Pro sezonní vývoj fytoplanktonu by zvýšení teploty a změna chodu průtoků, a zejména jejich pokles v létě, znamenaly prodloužení růstové sezony jak v jarním, tak podzimním období. Celkově lze předpokládat, že při stávající koncentraci živin dojde k dřívějšímu rozvoji fytoplanktonu na jaře, v létě pak k navýšení biomasy fytoplanktonu v důsledku prodloužení doby dotoku vody (následkem poklesu průtoků). Obrazem sezonního vývoje a úrovně biomasy fytoplanktonu v toku je za uvedených předpokladů situace odpovídající klimaticky a hydrologicky extrémnímu roku 2003 (obr. 2).

Tabulka 2. Průměrné hodnoty koncentrace celkového P, N-NO₃, N-NH₄ a průměrné a maximální hodnoty chlorofylu-a za období března až října ve sledovaných letech

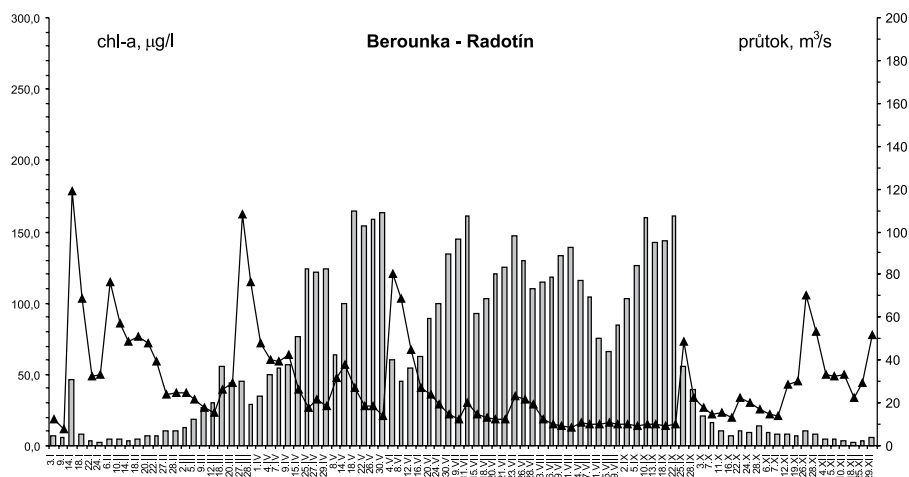
Rok	mg/l			Chl.-a, µg/l	
	P celk.	N-NO ₃	N-NH ₄	průměr	max
	průměr III.–X.			III.–X.	
2002	0,19	4,0	0,08	51,0	194,5
2003	0,16	2,1	0,11	116,8	277,3
2004	0,17	2,5	0,12	86,5	164,6
2005	0,15	2,9	0,10	51,2	124,3
2006	0,15	2,0	0,05	67,5	206,3
2007	0,16	1,5	0,04	77,6	203,7

Literatura

- [1] Desortová, B. Biomasa a struktura fytoplanktonu toků v povodí českého Labe. In Punčochář, P., Geller, W., Hladík, F. a kol. (eds) 12. Magdeburský seminář o ochraně vod, Český Krumlov, 10.–13. října 2006, s. 165.
- [2] ČHMÚ. Hydrologická ročenka České republiky 2002, 2003, 2004, 2005, 2006.



Obr. 2. Změny koncentrace chlorofylu-a (sloupce) a průtoku v profilu Berounka-Radotín v r. 2003



Obr. 3. Změny koncentrace chlorofylu-a (sloupce) a průtoku v profilu Berounka-Radotín v r. 2004

- [3] Kašpárek, L. a Peláková, M. Modelování vlivu klimatických změn na hydrologický režim v ČR. *Vodní hospodářství* 56, 2006, č. 10, s. 339–342.

Zpracováno s finanční podporou VZ MZP0002071101.

RNDr. Blanka Desortová, CSc.
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
tel.: 220 197 411
e-mail: blanka_desortova@vuv.cz
 Lektoroval RNDr. Pavel Punčochář, CSc., květen 2008

Key words

running waters, phytoplankton, seasonal changes, climatic conditions, flow rates

Phytoplankton dynamics in downstream of the Berounka River and influence of climate changes (Desortová, B.)

Results are presented of the intensive study of phytoplankton assemblage in the Berounka River above its confluence with the Vltava River carried out during 2002-2007. Data obtained enable to analyse the relation of phytoplankton development, its seasonal changes and interannual differences to hydrological conditions and concentrations of main nutrients. The obvious stronger relation was found of the phytoplankton biomass and its development to the annual variation of flow rates than to the existing level of nutrient concentration. This findings can serve for the prediction of possible climate change consequences for water quality – i.e. expectation of higher occurrence of summer droughts accompanied by substantial drop of flow rates will result in a remarkable increase of phytoplankton biomass and its prolonged occurrence in streams.

POUŽITÍ METOD ASE A GPC PŘI ANALÝZÁCH PERZISTENTNÍCH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V PEVNÝCH VZORCÍCH VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Vladimír Kužílek, Vladimíra Jánošíková
a Alena Svobodová

Klíčová slova

ASE (zrychlená extrakce rozpouštědlem), GPC (gelová permeační chromatografie), analýzy perzistentních organických polutantů, pevné vzorky vodních ekosystémů, říční sediment, čistírenský kal, zemina, rybí tkáň

Souhrn

Článek popisuje použití metod zrychlené extrakce rozpouštědlem (ASE) a gelové permeační chromatografie (GPC) v laboratoři VÚV Praha včetně ověření na referenčních materiálech. Obě metody jsou použity ve spojení s plynovou nebo kapalinovou chromatografií při analýzách široké škály perzistentních organických polutantů (PCB, chlorbenzeny, pesticidy, PAU, alkylfenoly, PBDE, syntetické mošusové látky) v pevných vzorcích vodních ekosystémů. Celým postupem bylo analyzováno mnoho vzorků z různých oblastí ČR a výsledky byly vyhodnoceny. Dopad současných i minulých aktivit některých chemických závodů a jejich okolí (např. Spolchemie Ústí nad Labem nebo Synthesia Pardubice) se projevuje zvýšením koncentrací určitých typů perzistentních organických polutantů v odebraných vzorcích půd a říčních sedimentů.

1 Úvod

Perzistentní organické polutanty (POPs) jsou důležitou skupinou látek sledovanou ve složkách životního prostředí. Jejich vymezení je dáno především Stockholmskou úmlouvou [1] a dalšími národními nebo mezinárodními legislativními podklady [2–4]. Kromě vzorků vod, především povrchových a odpadních, se tyto látky sledují i v různých typech vzorků pevných, které jsou charakteristické pro vodní ekosystémy nebo vodo-hospodářské technologie. Jsou to např. nové říční sedimenty, plaveniny, zeminy, biofilmy, tkáň ryb či jiných vodních organismů, čistírenské kaly a další. Látky typu POPs jsou na pevné částice těchto matic vázány dosti pevně, a proto jejich izolace a úprava pro následné analytické stanovení vyžaduje dostatečně účinný a robustní postup. Existuje řada technik, které tyto požadavky splňují, na druhou stranu mohou mít některá omezení. Například u extrakce pomocí Soxhletova přístroje je to přílišná pracnost a zdoluhavost celého postupu, v případě extrakce ultrazvukem může dojít k problémům s většími navážkami pro následné multiparametrické analýzy.

Tabulka 1. Přehled analyticky sledovaných organických polutantů

Skupina organických polutantů	Jednotlivé sloučeniny
Polychlorované bifenyly (PCB)	kongenery PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153, PCB-180 a PCB-194
Chlorované benzeny	1,3,5-trichlorbenzen, 1,2,4-trichlorbenzen, 1,2,3-trichlorbenzen, pentachlorbenzen a hexachlorbenzen
Izomery hexachlorcyklohexanu (HCH)	α -HCH, β -HCH, γ -HCH a δ -HCH
DDT a jeho metabolity	o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT a p,p'-DDT
Polychlorované cyklo-diény	aldrin, endrin, dieldrin, isodrin
Ostatní organochlorované pesticidy	α -endosulfan, heptachlor, methoxychlor, alachlor, trifluralin
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	naftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, dibenzo(ah)antracen a indeno(1,23-cd)pyren
Alkylfenoly	4-nonylfenol (NP) a 4-terc-oktylfenol (OP)
Polybromované difenylethyery (PBDE)	kongenery PBDE-47, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-153, PBDE-154, PBDE-183, PBDE-203 a PBDE-205
Syntetické mošusové (vonné) látky	musk keton (MK), musk xylen (MX), tonalide (AHTN) a galaxolide (HHCB)

trické analýzy. Srovnání různých technik extrakce organických polutantů z pevných vzorků je předmětem několika studií [5–7].

V laboratořích VÚV Praha byla pro izolaci perzistentních organických polutantů z pevných vzorků vodních ekosystémů úspěšně zavedena technika zrychlené extrakce rozpouštědlem (ASE – Accelerated Solvent Extraction) a pro přečištění získaných extraktů použita gelová permeační chromatografie (GPC). Metodou byly z pevných vzorků izolovány a připraveny k analytickému stanovení organické polutanty, jejichž přehled a rozdělení do skupin je uveden v tabulce 1.

Vlastní analytická stanovení byla provedena pomocí buď kapilární plynové chromatografie s detektory ECD a MS, nebo vysokoúčinné kapalinové chromatografie s fluorescenčním detektorem.

2 Experimentální část

2.1 Odběry vzorků a jejich předúprava

Pro účely sledování přítomnosti organických polutantů ve složkách vodních ekosystémů bylo odebráno několik desítek vzorků dnových říčních sedimentů, zemin z průmyslových areálů, čistírenských kalů a tkání ryb. Hmotnost odebraného vzorku činila cca 0,5 kg a byla získána po homogenizaci z většího množství materiálu charakterizujícího danou lokalitu a matici. Vzorky byly vysušeny lyofilizací, manuálně a s pomocí síta byly odstraněny částice větší než 1 mm a výsledný materiál byl pomlet v kulovém mlýnku na velmi jemnou zrnitost pro zvýšení měrného povrchu částic.

2.2 Zrychlená extrakce rozpouštědlem (ASE)

Podstatou metody je extrakce vzorku vhodně zvoleným organickým rozpouštědlem v hermeticky uzavřených kovových celách za zvýšené teploty a tlaku. Po ukončení vlastní extrakce je extrakt vypuštěn z cely přes fritu a vkládaný výměnný filtr do sběrné nádoby. ASE je díky zvýšené teplotě a tlaku velice účinnou extrakční metodou, někdy je však potřeba řešit určité provozní problémy při zpracování vzorků komplikovaných matic a také tehdy, dochází-li vzhledem k uvedené vysoké účinnosti extrakce k masivnímu přechodu balastních látek do surového extraktu. Tyto problémy se řeší smícháním vzorku s tzv. inertním materiálem a vhodným sorbentem. Inertní materiál zabraňuje „spékání“ vzorku do příliš hutné matrice, která by jednak snížila účinnost extrakce a navíc ucpala filtry a frity extrakční cely. Sorbent částečně zachycuje balastní, především polární koextrahující látky přímo v extrakční cele a snižuje tak jejich přechod do surového extraktu. Byly úspěšně testovány dva typy inertních materiálů:

- křemenný písek o velikosti částic 0,1–1,0 mm vypraný kyselinou chlorovodíkovou a destilovanou vodou a žháný při 550 °C po dobu 2 hodin;
- Hydromatrix (výrobce Varian Inc., USA) – materiál na bázi fosilní křemeliny.

Jako vhodný sorbent pro předčištění surového extraktu byl vybrán Florisil® (křemičitan hořečnatý), aktivovaný čtyři hodiny při 650 °C.

Pro extrakce organických polutantů z lyofilizovaných a rozemletých pevných vzorků byl použit přístroj DIONEX ASE 300, výrobce Dionex Corp. (Sunnyvale, CA, USA). Přístroj a jeho funkce jsou detailně popsány v příslušné firemní literatuře [8]. Do extrakční cely o objemu 34 ml se na spodní fritu vložily dva celulózové filtry, na ně byl nasypán aktivovaný Florisil v množství cca 3 g a vložen další celulózový filtr. Do takto připravené cely se kvantitativně převedla předmíchaná směs tvořená sypkým vzorkem (většinou v rozmezí 5–15 g podle sypné hmotnosti), cca 3 g Florisilu a inertním materiálem Hydromatrix v množství podle typu vzorku. Přesnost navážky vzorku činila 0,01 g. Přístroj umožňuje postupně zpracovat až 12 vzorků v sekvenci a jeho parametry byly nastaveny následovně:

ložení extrakčního činidla: hexan/aceton 9 : 1 objemově,
teplota extrakce: 120 °C,
doba extrakčního cyklu: 8 minut,
počet cyklů: 2,
objem proplachu: 70 % objemu cely.

Tlak v cele není nastavitelná hodnota. Udrží se automaticky v oblasti 10,34 MPa (1500 PSI), kde mírně kolísá v hysterezním intervalu. Udržení v rámci hystereze je dosaženo opakovaným vypouštěním malých objemů extraktu do sběrné nádoby a připouštěním stejného objemu čistého extrakčního činidla.

Po ukončení extrakce je celý extrakt pomocí tlakového dusíku vytlačen do sběrné nádoby, cela je promyta čistým extrakčním činidlem a vše je opět spojeno ve sběrné nádobě. Uvedené nastavení parametrů vedlo k získání surového extraktu o celkovém objemu cca 50–75 ml. Získaný surový extrakt byl zakoncentrován, převeden do směsi cyklohexan/ethylacetát 1 : 1 a opět zakoncentrován na výsledný objem 5 ml pomocí přístroje TurboVap (výrobce Zymark Corp., MA, USA). K následnému čištění pomocí techniky GPC byly použity 2 ml zakoncentrovaného surového extraktu.

2.3 Čištění extraktu gelovou permeační chromatografií (GPC)

Zakoncentrovaný surový extrakt byl čištěn pomocí techniky GPC, jejímž principem je separace látek podle velikosti molekul. Z molekul větších

než sledované analyty je významné oddělení tuků, olejů, přírodních polymerních látek (polysacharidy, bílkoviny) a dalších, z molekul menších je významné oddělení síry.

Byl použit kapalinový chromatograf firmy Waters složený z následujících komponentů:

- autosampler Waters 717 plus,
- čerpadlo Waters 600,
- kolona Envirogel GPC Cleanup Column, 19 x 300 mm, náplň kopolymer styren/divinylbenzen o velikosti částic 15 μm ,
- UV/VIS detektor Waters 486,
- sběrač frakcí Waters Fraction Collector III,
- PC a software Millennium pro řízení chromatografického procesu a sběr dat.

Kolona je chráněna mechanickými filtry VICI 2 μm a 0,5 μm a předkolonou Waters Envirogel 4,6 x 30 mm. Popsaná ochrana je pro provoz kolony nezbytná a zásadním způsobem prodlužuje její životnost.

Složení mobilní fáze bylo cyklohexan/ethylacetát 1 : 1 a průtok kolonou 5 ml.min⁻¹. Po nástřiku 2 ml surového extraktu byla jímána frakce v intervalu 10–15 minut, takže objem přečištěného extraktu činil 25 ml. Pomocí přístroje DryVap (Horizon Technology, USA) byl přečištěný extrakt zakonzentrován, převeden do hexanu a opět zakonzentrován na výsledný objem 5 ml. Z tohoto objemu bylo již potřebné množství převedeno do vialek, z nichž byly následně provedeny analýzy jednotlivých skupin organických polutantů.

Vzhledem k tomu, že popsaný postup metody GPC vykazoval v případě některých látek PAU snížení výtěžnosti, byla paralelně část surového extraktu čištěna nikoliv metodou GPC, ale technikou SPE (Solid Phase Extraction). 10 ml surového extraktu bylo v tomto případě zakonzentrováno na 1 ml a čištěno průchodem kolonkou o délce 65 mm a vnitřním průměru 15 mm s náplní 0,5 g Florisilu, který sorbuje látky polárního charakteru. Látky PAU byly z kolonky eluovány 4 ml hexanu a 4 ml směsi hexan/dichlormetan (2 : 1). Přečištěný extrakt byl zakonzentrován, převeden do metanolu a připraven ke kvantitativnímu stanovení PAU.

2.4 Stanovení jednotlivých skupin organických polutantů

Polychlorované bifenyly, chlorované benzeny, izomery hexachlorcyklohexanu, DDT a jeho metabolity, polychlorované cyklohexeny i ostatní organochlorované pesticidy

Stanovení se provádělo pomocí kapilární plynové chromatografie s detektorem elektronového záhytu (ECD). Byl použit plynový chromatograf Agilent 6890 N, vybavený dvěma detektory elektronového záhytu (ECD), split/splitless duálním automatickým injektorem a elektronikou kontrolou tlaku (EPC). Nosným plynem bylo helium v čistotě 5.0. K separaci jednotlivých látek byly použity následující kolony:

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

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Stanovení se provádělo pomocí vysokoúčinného kapalinového chromatografu (HPLC) firmy Waters s fluorescenčním detektorem a kolonou na bázi C18. Mobilní fází byla směs metanol/voda, přičemž poměr obou jejích složek se v průběhu analýzy měnil (tzv. gradientová eluce). Průtok mobilní fáze kolonou činil 0,6 ml.min⁻¹. Fluorescenční detektor byl optimalizován na základě spektrální analýzy nastavením vhodných vlnových délek excitačního a emisního záření pro jednotlivé PAU.

Alkylfenoly, polybromované difenylethery a syntetické mošusové látky

Stanovení se provádělo pomocí plynového chromatografu firmy Agilent Technologies typ 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 μm . 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 pracoval detektor v SIM modu (tj. měřením vybraných iontů) s ionizací EI (electron impact – náraz elektronů) nebo s negativní chemickou ionizací (NCI).

3 Výsledky a diskuse

3.1 Ověření metody pomocí referenčních materiálů

Celá metoda byla úspěšně testována pomocí referenčních materiálů řady Metranal (výrobce Analytika, s. r. o., Praha). Systematicky a opakovaně byl použit především Metranal-7 (čistírenský kal), doplňkově i Metranal-2 (říční sediment). Sumární výsledky testovacích analýz jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2. Výsledky testovacích analýz pomocí referenčních materiálů Metranal-2 a Metranal-7

Skupina parametrů	Metranal-2		Metranal-7	
	Počet analýz	Průměrná výtěžnost (%)	Počet analýz	Průměrná výtěžnost (%)
OCP	2	89,7	7	91,0
PCB	2	103,8	7	100,3
PAU	3	74,8	11	84,0

Tabulka 3. Koncentrace organických polutantů v říčních sedimentech

Organický polutant	Počet vzorků	Nalezené koncentrace [ng.g ⁻¹]				Lokalita s maximální koncentrací
		C _{min}	C _{max}	C _{průměr}	C _{medián}	
PCB (suma)	60	2,5	904	142	72,6	Vltava-Zelčín
Trichlorbenzeny (suma)	60	0,5	416	41,1	24,5	Černínoško-sl. r. Labe
Pentachlorbenzen	60	0,1	145	9,1	1,0	Labe-Štětí
Hexachlorbenzen	60	0,5	5 472	207	11,4	Klíšský p.-Spolchemie Ústí n. L.
Izomery HCH (suma)	60	0,1	216	10,1	0,9	Černínoško-sl. r. Labe
DDT a metabolity (suma)	60	1,2	6 170	237	45,7	Černínoško-sl. r. Labe
Polychlor. cyklohexeny (suma)	47	0,1	14,0	1,5	0,2	Labe-Obříství
α-endosulfan	47	0,1	0,6	0,1	0,1	Labe-Lysá
Heptachlor	47	0,1	0,7	0,1	0,1	Labe-Valy
Methoxychlor	47	0,4	17,0	2,6	0,4	Jizera-Sojovice
Alachlor	47	0,4	20,2	1,8	0,4	Vltava-Braník
Trifluralin	47	0,1	8,8	0,5	0,1	Bohumínská stružka
PAU (suma)	47	805	23 750	6 294	5 044	Jizera-Sojovice
4-nonylfenol	60	2,3	1 590	157	70,7	Klíšský p.-Spolchemie Ústí n. L.
4-terc-oktylfenol	60	2,0	19,4	3,5	2,0	Klíšský p.-Spolchemie Ústí n. L.
Bisphenol A	42	1,1	601	37,4	9,2	Bílina-Ústí n. L.
PBDE (suma)	58	0,8	73,1	4,6	1,0	Klíšský p.-Spolchemie Ústí n. L.
Tonalide AHTN	60	1,0	31,0	6,0	1,7	Labe-Obříství
Galaxolide HHCB	60	1,0	131	11,7	3,9	Bílina-Ústí n. L.

Tabulka 4. Koncentrace organických polutantů v čistírenských kalesích z ČOV (Praha a Ostrava)

Organický polutant	Počet vzorků	Nalezené koncentrace [ng.g ⁻¹]				ČOV s maximální nalezenou koncentrací
		C _{min}	C _{max}	C _{průměr}	C _{medián}	
PCB (suma)	5	94,1	334	210	229	Ostrava
Trichlorbenzeny (suma)	5	28,7	187	93,1	68,8	Ostrava
Pentachlorbenzen	5	0,5	15,4	4,3	1,8	Ostrava
Hexachlorbenzen	5	10,7	74,0	28,8	18,4	Ostrava
Izomery HCH (suma)	5	0,1	28,0	8,0	3,7	Ostrava
DDT a metabolity (suma)	5	17,4	81,5	38,1	25,4	Ostrava
Polychlor. cyklohexeny (suma)	3	0,1	0,5	0,2	0,1	Ostrava
α-endosulfan	3	0,1	0,1	0,1	0,1	~~~
Heptachlor	3	0,1	0,1	0,1	0,1	~~~
Methoxychlor	3	0,4	7,3	3,3	2,2	Ostrava
Alachlor	3	0,4	0,4	0,4	0,4	~~~
Trifluralin	3	0,1	3,5	1,2	0,1	Ostrava
PAU (suma)	3	8 151	97 166	54 064	56 876	Ostrava
4-nonylfenol	5	277	2 860	1 622	1 985	Praha
4-terc-oktylfenol	5	2,0	422	130	27,2	Ostrava
Bisphenol A	2	9,6	11,4	10,5	10,5	Ostrava
PBDE (suma)	5	19,2	114	52,8	34,1	Ostrava
Tonalide AHTN	5	43,3	2 183	925	993	Praha
Galaxolide HHCB	5	362	7 117	4 141	5 795	Praha

3.2 Výsledky a diskuse

V letech 2006–2007 byly popsány metodou stanovované koncentrace uvedených organických polutantů ve více než stovce pevných vzorků. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v *tabulkách* 3–6, v případě sumárních údajů jde o součet koncentrací jednotlivých látek v dané skupině (*tabulka 1*).

V *tabulce 3* jsou shrnuty koncentrační nálezy sledovaných organických polutantů ve dnových sedimentech dvanácti velkých řek ČR (Labe, Vltava, Odra, Morava, Ohře, Jizera, Blžina, Berounka, Dyje, Svratka, Dřevnice, Opava), jednoho slepého říčního ramene v blízkosti chemického závodu Spolana Neratovice (Labe–Čerňínovsko) a tří potoků protínajících průmyslové areály (Klíšský potok – Spolchemie Ústí nad Labem, Libišská strouha – Spolana Neratovice a Bohumínská stružka).

4 Závěr

Z výsledků uvedených v *tabulkách* 3–6 je možno formulovat několik závěrů:

- Pro většinu sledovaných látek nebyla zjištěna dramaticky zvýšená kontaminace říčních sedimentů. Výjimku tvořily nálezy HCB a 4-nonylfenolu v profilu Klíšský potok-Spolchemie Ústí nad Labem a nálezy DDT v lokalitě Čerňínovsko-slepé rameno Labe v blízkosti chemického závodu Spolana Neratovice. Především mimořádně vysoký nálezy HCB (5 472 ng.g⁻¹) v sedimentu pod výpustí odpadních vod ze závodu Spolchemie Ústí nad Labem je znepokojivý i tím, že je srovnatelný s podobnými měřeními v letech 1996–8 [9] a nesignalizuje eliminaci tohoto zdroje kontaminace Labe hexachlorbenzenem.
- V případě průmyslových, především chemických závodů bylo prokázáno, že pro určitý typ organických polutantů mohou stále představovat významné emisní zdroje kontaminace životního prostředí. Například ve vzorcích zemin odebraných v blízkosti chemického závodu Synthesia Pardubice byly opakovaně zjišťovány mimořádně vysoké koncentrace chlorovaných benzenů a PCB.
- V čistírenských kalesch se koncentrují organické polutanty z kontaminace charakteristické pro velké městské aglomerace. Proto jsou zde vyšší koncentrace PAU, 4-nonylfenolu, PBDE nebo galaxolidu.
- U vzorků ryb se projevila schopnost kumulace některých organických látek v jejich tkáních (PCB, DDT, PAU, 4-nonylfenol, bisphenol A a galaxolide).

Literatura

- [1] Stockholmská úmluva o perzistentních organických polutantech ze dne 22. května 2001.
- [2] Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- [3] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách.
- [4] Nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- [5] Lopez-Avila, V., Bauer, K., Milanés, J., and Beckert WF. Evaluation of Soxtec Extraction procedure for Extracting Organic Compounds from Soils and Sediments. *Journal of AOAC International*, 1993, vol. 76, No. 4, p. 864–880.
- [6] Ramos, L., Kristenson, EM., and Brinkman, UA. Current use of pressurised liquid extraction and subcritical water extraction in environmental analysis. *Journal of Chromatography A*, 975, 2002, p. 3–29.
- [7] Fidalgo-Used, N., Blanco-Gonzales, E., and Sanz-Medel, A. Sample handling strategies for the determination of persistent trace organic contaminants from biota samples. *Analytica Chimica Acta*, 590, 2007, p. 1–16.
- [8] Peterson, J., Henderson, S., and Richter, B. Determination of Persistent Organic Pollutants using Accelerated Solvent Extraction (ASE). Dionex Corporation – Application Book (March 2005).
- [9] Kužilek, V. a Tolma, V. Kontaminace labských sedimentů a plavenin

Tabulka 5. Koncentrace organických polutantů v zeminách areálů chemických závodů

Organický polutant	Počet vzorků	Nalezené koncentrace [ng.g ⁻¹]				Lokalita s maximální koncentrací
		C _{min}	C _{max}	C _{průměr}	C _{medián}	
PCB (suma)	21	31,5	615 730	74 276	799	Synthesia Pardubice-laguna destilačních zbytků (LDZ)
Trichlorbenzeny (suma)	15	2,9	2 054 170	205 669	382	
Pentachlorbenzen	15	0,5	3 120 000	470 467	29,2	
Hexachlorbenzen	15	0,8	3 480 000	621 069	175	
Izomery HCH (suma)	15	0,1	267 860	27 353	5,9	
DDT a metabolity (suma)	15	0,5	31 785	5 808	2,3	
Polychlor. cykloclodieny (suma)	11	0,1	1 167	174	5,2	Lachema Brno
α-endosulfan	11	0,1	184	27,1	0,1	Synthesia Pardubice-LDZ
Heptachlor	9	0,1	0,1	0,1	0,1	~~~~
Methoxychlor	9	0,4	20,8	3,4	0,4	Synthesia Pardubice-jímka 3
Alachlor	9	0,4	6,1	1,0	0,4	HCHZ Ostrava Hrušov-skládka
Trifluralin	9	0,1	145	38,6	7,6	Diamo Ostrava-skládka
PAU (suma)	11	448	4 704 000	508 275	12 072	Deza Valašské Meziříčí
4-nonylfenol	12	10,0	9 470	1 210	75,6	HCHZ Ostrava Hrušov-skládka
4-terc-oktylfenol	12	2,0	24 100	2 017	2,3	HCHZ Ostrava Hrušov-skládka
Bisphenol A	5	1,7	210	53,0	12,2	Synthesia Pardubice-jímka 3
PBDE (suma)	13	1,0	272	27,1	1,0	Synthesia Pardubice-LDZ
Tonalide AHTN	12	1,0	7,5	2,0	1,0	Synthesia Pardubice-jímka 3
Galaxolide HHCB	12	1,0	30,2	4,8	1,7	Synthesia Pardubice-jímka 3

Tabulka 6. Koncentrace organických polutantů v tkáních ryb (jelec tloušť)

Organický polutant	Počet vzorků	Nalezené koncentrace [ng.g ⁻¹]				Lokalita s maximální koncentrací
		C _{min}	C _{max}	C _{průměr}	C _{medián}	
PCB (suma)	23	32,2	864	236	112	Vltava-Braník
Trichlorbenzeny (suma)	23	0,2	61 435	2 679	3,9	Labe-Děčín
Pentachlorbenzen	23	0,1	701 000	30 486	0,6	Labe-Děčín
Hexachlorbenzen	23	1,3	106 000	4 628	5,7	Labe-Děčín
Izomery HCH (suma)	23	0,1	38,4	3,8	0,2	Labe-Děčín
DDT a metabolity (suma)	23	3,0	3 828	250	33,7	Labe-Děčín
Polychlor. cykloclodieny (suma)	12	0,1	6,9	2,4	1,6	Labe-Obříství
α-endosulfan	12	0,1	1,8	0,4	0,1	Labe-Děčín
Heptachlor	12	0,1	53,7	4,6	0,1	Labe-Děčín
Methoxychlor	12	0,4	12,6	3,0	0,4	Labe-Obříství
Alachlor	12	0,4	0,4	0,4	0,4	~~~~
Trifluralin	12	0,1	13,5	2,5	0,1	Ohře-Terezín
PAU (suma)	12	319	2 301	1 158	1 428	Odra-Bohumín
4-nonylfenol	22	29,0	2 068	265	53,8	Labe-Děčín
4-terc-oktylfenol	23	2,0	25,1	5,5	2,5	Stroupnický potok
Bisphenol A	5	20,4	171	101	94,3	Labe-Děčín
PBDE (suma)	23	1,0	165	24,5	4,5	Labe-Valy
Tonalide AHTN	23	1,0	101	11,3	6,1	Labe-Děčín
Galaxolide HHCB	23	7,5	524	52,3	23,2	Labe-Děčín

polychlorovanými bifenyly a hexachlorbenzenem. *Vodní hospodářství* 51, 2001, č. 10, příloha VTEI č. 3/2001, s. 12.

Ing. Vladimír Kužilek, Bc. Vladimíra Jánošíková,
Ing. Alena Svobodová
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha
kuzilek@vuv.cz

Lektoroval prof. Ing. Pavel Pitter, DrSc., březen 2008

Key words

ASE (Accelerated Solvent Extraction), GPC (Gel Permeation Chromatography), persistent organic pollutants analysis, solid samples of water ecosystems, river sediment, sewage sludge, soil, fish tissue

Using of ASE and GPC for the persistent organic pollutants analysis in solid samples of water ecosystems (Kužilek, V., Jánošíková, V., Svobodová, A.)

The application of ASE (Accelerated Solvent Extraction) and GPC (Gel Permeation Chromatography) methods in laboratory of the WRI Prague is described including the verification using reference materials. Both methods are used for analysis of wide scale of persistent organic pollutants (PCB, chlorobenzenes, pesticides, PAH, alkylphenols, PBDE, synthetic musk substances) in connection with gas or liquid chromatography procedures. Many environmental solid samples of water ecosystems in the Czech Republic were analyzed and the results were evaluated.

The impact of the recent or former activities in some of chemical plants and their vicinities (e.g. Spolchemie Ústí nad Labem or Synthesia Pardubice) on the higher concentration of relevant persistent organic pollutants in soil and river sediments samples was proved.

ODPOR POHYBLIVÉHO DNA SKLONITÉHO KORYTA ZA POVODŇOVÝCH PRŮTOKŮ

Václav Matoušek ml.

Klíčová slova

pohyb splavenin, drsnost koryta, dnové útvary, stabilita dna, Dubská Bystřice

Souhrn

Za extrémních průtoků se v korytě výrazně zvyšuje střední rychlost proudu a s ní smykové napětí ve dně. Toto napětí, resp. jeho bezrozměrná forma v podobě Shieldsova parametru, má zásadní vliv na stabilitu dna koryta a jeho odpor proti proudění. V důsledku smykové napětí ve dně ovlivňuje jak deformaci povrchu koryta, tak vztah mezi průtokem a výškou hladiny v korytě. Výpočet dnového smykového napětí vyžaduje určení hodnoty součinitele ztráty třením pro povrch dna. Způsob určování hodnoty součinitele je podrobně propracován pro pevné dno, ale podstatně méně pro dno pohyblivé (dno podléhající erozi). Téměř nic pak není známo o podmínkách tření na povrchu pohyblivého dna za situace vysokého smykového napětí mnohonásobně převyšujícího kritické smykové napětí pro začátek pohybu částic. V příspěvku je diskutován vliv vysokého smykového napětí na odpor koryta s příkrým podélným sklonem dna při extrémně vysokém průtoku a způsob určení součinitele ztráty třením pro povrch pohyblivého dna za masivního chodu splavenin. Řešení je ilustrováno na případě příkrého úseku koryta Dubské Bystřice za povodňového průtoku v srpnu 2002.

Úvod

Předpokladem úspěšné simulace povodňové události na toku a případně na ní založeného protipovodňového opatření je dostatečně přesné určení vztahu mezi vodním stavem a průtokem v korytě toku. Přesná podoba tohoto vztahu se zpravidla nejlépe určuje pro situace, kde je jí z praktického pohledu nejvíce třeba – pro extrémně vysoké průtoky. Vztah je výrazně ovlivněn odporem koryta a zejména hydraulickou drsností povrchu koryta. Specifikem extrémních průtoků v korytech s pohyblivým dnem je skutečnost, že extrémní průtoky přímo ovlivňují hydraulickou drsnost pohyblivého dna.

Shieldsovův parametr a kritéria pro různé režimy pohybu splavenin

Při proudění vody nad pohyblivým dnem dochází k vzájemné interakci proudu se dnem, jejíž důsledky ovlivňují vztah mezi průtokem a vodním stavem. Za extrémních průtoků se v korytě výrazně zvyšuje střední rychlost proudu a s ní smykové napětí ve dně. Toto napětí, resp. jeho bezrozměrná forma v podobě Shieldsova parametru, má zásadní vliv na stabilitu dna koryta a jeho odpor proti proudění. Smykové napětí ve dně ovlivňuje jak deformaci povrchu koryta, tak vztah mezi průtokem a výškou hladiny v korytě. Shieldsovův parametr pro dno se definuje jako $\theta = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot d}$, kde τ_b je smykové napětí na povrchu pohyblivého

dna, ρ_s hustota částic dna, d průměr částic, ρ hustota vody proudící nade dnem a g je gravitační zrychlení.

Někdy se nazývá parametrem mobility částic (např. van Rijn, 1989), což je název dobře vystihující význam tohoto parametru. Jeho hodnota totiž udává míru a rozsah pohybu původně dnových částic, které se do pohybu dostaly působením proudu vody na povrch zrnitého dna. Para-

metr byl původně (Shields, 1936) formulován pro potřeby určení kritéria pro počátek pohybu částic (klasický vztah mezi tzv. kritickou hodnotou Shieldsova parametru a smykovým Reynoldsovým číslem lze najít v téměř každé učebnici říční hydrauliky). Další výzkumy však ukázaly, že je vhodnou veličinou i pro hodnocení interakce proudu s povrchem pohyblivého dna za situací, kdy bezrozměrné smykové napětí ve dně je vyšší než kritické, tj. když dochází k pohybu splavenin (obr. 1).

Graf na obr. 1 udává závislost typu dnových útvarů a režimu pohybu splavenin na velikosti dnových částic a na Shieldsovu parametru. Výzkum platnosti kritérií pro různé podmínky proudění stále probíhá, poloha čar určujících v obr. 1 hranice mezi jednotlivými oblastmi proudění se bude jistě dále zpřesňovat (např. průběh kritéria pro počátek vznosu splavenin v oblasti velkých průměrů částic). Dále hodnota Shieldsova parametru spoluručuje množství pohyblivých se splavenin. Tento vztah neřeší diagram na obr. 1, nýbrž transportní rovnice, jichž lze v literatuře nalézt celou řadu (např. pro dnové splaveniny Meyer-Peterova a Müllerova rovnice a pro splaveniny ve vznosu van Rijnova rovnice).

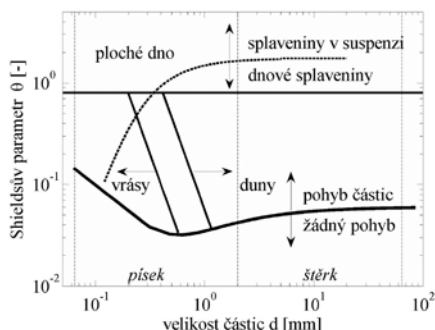
Použití Shieldsova parametru pro hodnocení splaveninových poměrů v korytě Dubské Bystřice za povodně v srpnu 2002

Na obr. 2 je diagram použit pro odhad splaveninových poměrů na Dubské Bystřici při extrémním průtoku za povodně v srpnu 2002. Dubská Bystřice má v úseku nad Dubím značný sklon a za povodňového průtoku byla v jejím korytě i velká hloubka. Smyková napětí ve dně (resp. hodnoty Shieldsova parametru) musely tedy být velké. Z vyhodnocení povodně na Dubské Bystřici (Havlík, 2002) vyplývá, že při kulminačním průtoku (jehož hodnota nebyla měřena) byla v úseku toku s přirozeným pohyblivým dnem o podélném sklonu dna 0,05 typická hloubka 1,4 m a jí odpovídající hydraulický poloměr průtočného průřezu 0,78 m. Z těchto hodnot plyne, že smykové napětí ve dně mohlo dosáhnout až hodnot kolem 400 Pa a kritická hodnota pro začátek pohybu byla překročena i u značně velkých částic krycí dlažby přirozeného dna koryta. Snímky koryta po povodni dokazují, že za povodňového průtoku se musely v korytě pohybovat i skutečně velké balvany. Podle Shieldsova kritéria pro počátek pohybu částic se za vzniklých vysokých smykových napětí mohly pohybovat částice až do velikosti 0,5 m. Zrnitostní rozdělení dna koryta ve sledovaném úseku bylo zhruba následující: $d_{16} \approx 1,3$ cm, $d_{50} \approx 5$ cm, $d_{84} \approx 18$ cm a $d_{90} \approx 22$ cm. Z toho plyne, že při kulminačním průtoku mohla být v pohybu převážná část dnových částic a chod splavenin musel být velmi významný. Pro zrna d_{90} bylo $\theta \approx 0,11$ (částice se pohybovaly, neboť $\theta > \theta_{cr}$, $\theta_{cr} \approx 0,05$), pro d_{50} bylo $\theta \approx 0,47$ (pohyb částic, možná přítomnost dun) a pro zrna menší než d_{16} bylo $\theta > 1,8$ (částice se pohybovaly ve vznosu). Masivní chod splavenin a možná přítomnost dnových útvarů pravděpodobně významně ovlivnily tření proudu o dno, a tedy vztah mezi vodním stavem a extrémním průtokem. Pohyb splavenin zřejmě podstatně zvýšil odpor koryta a v důsledku toho vodní stav za extrémního průtoku. Otázkou je, zda umíme vliv masivního chodu splavenin na odpor dna, a tedy na vztah mezi průtokem a vodním stavem postihnout v hydraulických výpočtech. Ve výpočtech je vliv odporu koryta reprezentován hodnotou nějakého odporového součinitele (Darcy-Weisbachův součinitel, Chézyho součinitel, Manningův součinitel), jde tedy o to zohlednit vliv chodu splavenin v hodnotě odporového součinitele.

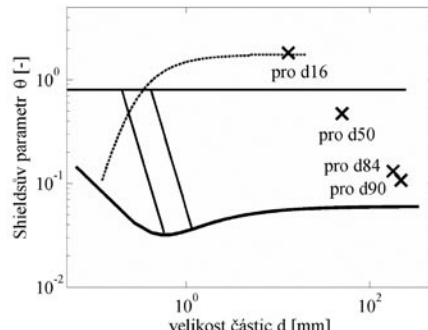
Definice součinitele ztráty třením pro pohyblivé dno a popis závislosti součinitele na podmínkách proudění

Smykové napětí ve dně τ_b je k střední průřezové rychlosti v korytě v vztahu pomocí Darcy-Weisbachova součinitele ztráty třením na povrchu dna λ_b , neboť platí $\tau_b = \frac{\lambda_b}{8} \cdot \rho \cdot v^2$. Rovnice pro τ_b tudíž vyžaduje řešení hodnoty λ_b podle vhodného zákona tření pro rozhraní. Rovnice zákona tření vyjadřuje λ_b jako funkci vlastností proudu (rychlost, hustota a viskozita vody, hydraulický poloměr koryta) a rozhraní (hydraulická drsnost k). Obecně je třecí zákon založen na teorii popisující třecí mechanismy proudění v mezní vrstvě u stěny (teorie hydraulicky hladké nebo drsné stěny, či teorie přechodné oblasti mezi hladkou a drsnou stěnou).

Povrch dna složeného z nekohezivních částic není klasickou pevnou stěnou, neboť může podléhat erozi, která uvádí částice na povrchu dna do pohybu. Otázkou, zda pro pohyblivá dna lze aplikovat stejné rovnice pro určení λ_b jako pro pevné stěny, a pokud ano, jak v rovnicích formulovat hydraulickou drsnost, je předmětem zkoumání již řadu let. Situace je nejjednodušší pro proudění o rychlostech znamenajících hodnoty Shieldsova parametru pro dno θ menší než



Obr. 1. Kritéria výskytu různých režimů pohybu splavenin



Obr. 2. Splaveninové poměry v korytě Dubské Bystřice za extrémního průtoku při povodni v srpnu 2002

kritické θ_{cr} , tj. pro proudění, při němž částice na povrchu dna nejsou v pohybu. Tehdy je rozhraní proudu jasně definováno a jeho drsnost, resp. velikost jeho výstupků na povrchu rozhraní je závislá na velikosti částic d tvořících povrch dna. Pokud je toto rozhraní hydraulicky drsné, je možno pro výpočet součinitele ztráty třením pro dno použít klasickou Nikuradzeho rovnici pro drsnou stěnu $\sqrt{\frac{8}{\lambda}} = \frac{1}{\kappa} \cdot \ln \frac{\text{konst} \cdot R}{k_s}$, resp. její

modifikaci pro hydraulicky drsné pohyblivé dno $\sqrt{\frac{8}{\lambda_b}} = \frac{1}{\kappa} \cdot \ln \frac{14,8 \cdot R_{hb}}{k_s}$ (κ je

Kármánova univerzální konstanta a R_{hb} je hydraulický poloměr té části celkové průtočné plochy nade dnem, která je třením spojena s povrchem dna průtočného profilu; 14,8 je empirická konstanta) s tím, že hydraulická drsnost povrchu dna k_s je nějakou funkcí velikosti částic. Také u Nikuradzeho pokusů byla hydraulická drsnost simulována pomocí velikosti částic, neboť hydraulická drsnost k_s byla určena výškou výstupků povrchu stěny modelovanou velikostí pískových částic nalepených na stěnu potrubí Nikuradzeho experimentální trasy.

Při proudění o malých průtocích je zpravidla $\theta < \theta_{cr}$, tj. proudění neuvádí zrna dna do pohybu. Hodnota k_s se přímo vztahuje k charakteristické velikosti částic tvořících povrch dna, např. $k_s = d_{90}$. Za vyšších průtoků, v oblasti $\theta_{cr} < \theta < \text{zhruba } 0,8$, je komplikací pro určení hydraulické drsnosti dna tvorba dnových útvarů na povrchu dna (vrásky, duny apod.) a chod splavenin v proudu nade dnem. Tyto vlivy zvyšují odpor dna a řada autorů zahrnuje tento vliv do zvýšení vlivu charakteristického zrna na hydraulickou drsnost dna. Yalin (1992) uvádí pro pohyblivé dno $k_s/d_{90} = 2$, jiní autoři došli k jiným hodnotám konstanty pro k_s/d (viz např. přehled ve van Rijn, 1989). Přímoou metodou pro zavedení vlivu dnových útvarů do celkové drsnosti dna je superpozice povrchové drsnosti dna (zrnitostní drsnost) s tvarovou drsností dna (drsnost způsobená deformací povrchu dna dnovými útvary, viz např. van Rijn, 1989). Při θ větším než zhruba 0,8 dnové útvary z povrchu pohyblivého dna vlivem erozní činnosti proudu mizí. Povrch dna je rovný, jeho horní část je erodována a dochází k velmi intenzivnímu chodu splavenin. Erodované části dna se říká smyková vrstva. Popis mechanismu turbulentního tření o povrch rovného erodovaného dna a určení součinitele ztráty třením komplikuje fakt, že k tření nepřispívají pouze drsnostní výstupky na spodní straně smykové vrstvy, ale především částice transportované ve smykové vrstvě, tj. částice nesené v proudu těsně nade dnem, které jsou se dnem a s dalšími částicemi v permanentním nebo aspoň sporadickém kontaktu. Tyto kontakty jsou zdrojem mechanického tření mezi smykovou vrstvou s dnem. Toto mechanické tření velmi významně přispívá k celkovému odporu koryta. Pro tento režim zatím existuje málo experimentálních dat a žádná jednoznačná rovnice pro k_s/d . Dosavadní zkušenosti z tlakových proudění v potrubí ukazují, že k_s/d je v této oblasti silně závislé na Shieldsově parametru θ .

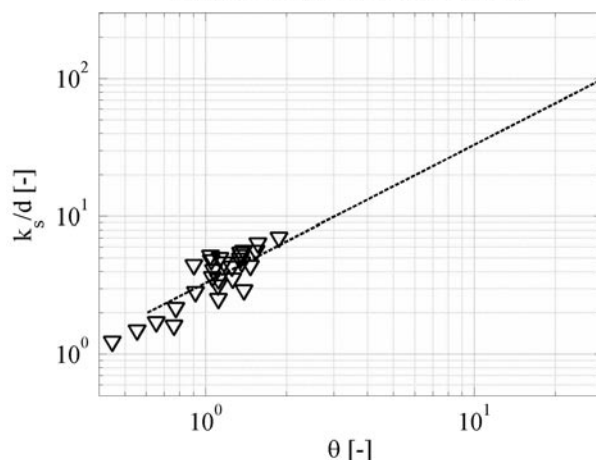
Určení součinitele ztráty třením pro pohyblivé dno za vysokých smykových napětí z laboratorních testů v potrubí

Pro otevřené koryto v podstatě neexistují experimentální data, jež by poskytla informaci o vztahu mezi hydraulickou drsností dna a dalšími veličinami charakterizujícími proudění za podmínek proudu se splaveninami nad erodovaným plochým dnem, tj. pro θ větší než přibližně 0,6÷0,8. To je dáno tím, že tyto podmínky se na tocích vyskytují jen za extrémních průtoků, kdy zpravidla žádné přímé měření průtoku, průběhu hladin a chodu splavenin není možné. Variantou k měření proudění za vysokých dnových smykových napětí v otevřeném korytě je měření v tlakovém potrubí se sedlinou ve dně. Vlivem vysokých hydraulických gradientů proudění lze v potrubí snadno dosáhnout vysokých hodnot Shieldsova parametru. Navíc lze v trubním okruhu spolehlivě a přesně měřit potřebné veličiny včetně průtoku splavenin a nastavovat řízení různé podmínky proudění.

Analytický popis třecího mechanismu dnových splavenin na spodní straně smykové vrstvy (Wilson, 1989) vede na $k_s/d = \text{konst} \cdot \theta$. Podle této analýzy nemá velikost částic dnových splavenin žádný vliv na velikost hydraulické drsnosti v Nikuradzeho rovnici pro λ_b . Tento délkový parametr nahrazuje v odporové rovnici tloušťka smykové vrstvy. Nedávná měření dnových splavenin hrubozrného křemičitého písku nad sedlinou v laboratorním potrubí průměru 100 mm (Matoušek a Krupička, 2008) ukázala, že analytická rovnice dobře vystihuje změřený trend při hodnotě konstanty 3,3, tj. při $\frac{k_s}{d} = 3,3 \cdot \theta$ (obr. 3).

Poněkud složitější je situace při velmi vysokých hodnotách ($\theta > 2\div 4$) a kombinovaném chodu dnových splavenin a splavenin ve vznosu. Za těchto podmínek zůstává k_s/d funkcí Shieldsova parametru, ale nikoliv funkcí lineární, což indikuje, že tloušťka smykové vrstvy není postačujícím délkovým parametrem v odporové rovnici. Toto lze vysvětlit tím, že za takto vysokých Shieldsových čísel ne všechny částice přispívající ke tření na povrchu dna jsou nutně součástí smykové vrstvy. V důsledku toho se

data: Matoušek a Krupička (2008)



Obr. 3. Hydraulická drsnost povrchu erodované sedliny hrubozrného písku v potrubí průměru 100 mm (Ústav pro hydrodynamiku AV ČR)

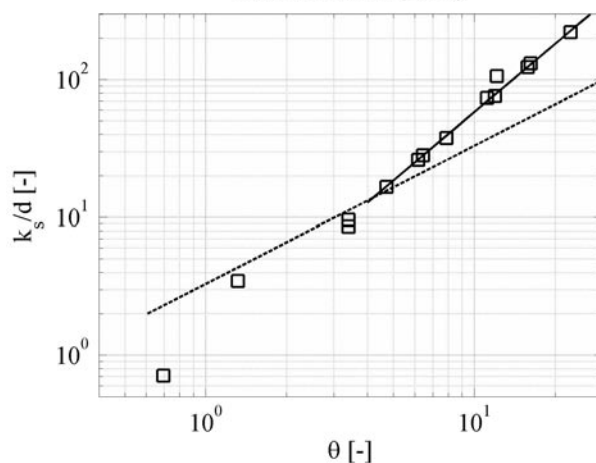
Legenda: ∇ křemičitý písek úzkého zrnitostního rozložení se střední velikostí částic $d_{50} = 1,4$ mm, -- $k_s/d = 3,3 \cdot \theta$ (teoretické řešení pro dnové splaveniny)

ve vztahu projeví i např. vliv velikosti částic a hydraulického poloměru průtočné plochy. Přehled měření a metod lze nalézt v publikaci (Matoušek, 2007). Pozoruhodné je, že za extrémně vysokých hodnot Shieldsova parametru (hodnoty větší než 4, tedy hodnoty, které se v otevřených korytech zřejmě nevyskytují ani při extrémních situacích, ale mají platnost pro tlaková potrubí) způsobuje masivní chod kombinovaných splavenin odpory vyšší než teoreticky určené pro chod dnových splavenin při tomtéž bezrozměrném smykovém napětí ve dně (obr. 4).

Interpretace poznatků z laboratorních trubních měření pro přirozená otevřená koryta

Důležitým poznatkem z trubních testů je pozorovaný významný nárůst hydraulické drsnosti dna při zvyšující se hodnotě Shieldsova parametru v důsledku rostoucího chodu splavenin průtočným profilem proudu. Tento trend existuje zřejmě i v přírodních tocích s pohyblivým dnem. Aplikace laboratorních výsledků do podmínek proudění v přírodním otevřeném korytě vyžaduje další analýzu vlivů rozdílných podmínek proudění sledovaných při laboratorních trubních testech a vládoucích v přirozených podmínkách přírodních toků s otevřenou hladinou. Podstatným rozdílem je například rozdělení velikosti částic tvořících dno a účastících se chodu splavenin. Zatímco v přirozeném bystřinném toku je rozdělení velikosti zrn značně široké, viz zrna dna koryta Dubské Bystřice výše, při laboratorních testech se zatím používaly jen úzce rozdělené zrnitostní frakce písku. Nicméně základní zkušenosti získané teoretickou analýzou třecích poměrů na povrchu pohyblivého dna za chodu splavenin a měření v laboratorních trubních linkách lze již nyní použít při odhadu drsnosti pohyblivého dna přirozeného sklonitého toku za extrémních průtoků (viz níže).

data: Matoušek (2007)



Obr. 4. Hydraulická drsnost povrchu erodované sedliny střednězrného písku v potrubí průměru 150 mm (Technická univerzita Delft)

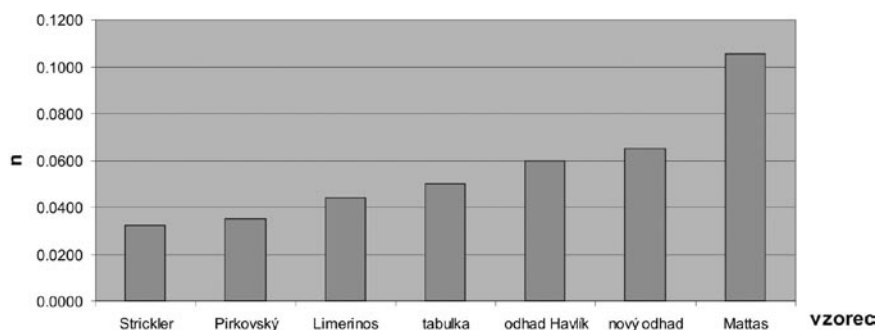
Legenda: \square písek úzkého zrnitostního rozložení se střední velikostí částic $d_{50} = 0,37$ mm, -- k_s/d rovnice podle Matoušek (2007), -- $k_s/d = 3,3 \cdot \theta$ (teoretické řešení pro dnové splaveniny)

Odhad Manningova drsnostního součinitele pro určení hodnoty kulminačního průtoku v korytě Dubské Bystřice za povodně v srpnu 2002

Manningova rovnice se v praxi často používá pro výpočet vztahu mezi průtokem a vodním stavem v korytě jistého příčného průřezu a podélného sklonu. V této rovnici je vliv povrchu koryta na odpor koryta vyjádřen Manningovým drsnostním součinitelem n . Různé rovnice pro Manningovo n i jiné drsnostní součinitele shrnují a překalibrovali s použitím vlastní databáze Mattas a kol. (1998). Hodnota n je v případě koryt s pohyblivým dnem bez vegetačního pokryvu tradičně vyjadřována v závislosti na velikosti charakteristické dnové částice (např. Strickler, Pirkovský), popřípadě doplněné o vliv sklonu dna a /nebo hydraulického poloměru (např. Hey, Limerinos, Jarrett). Při určování vhodné hodnoty n však vládnou značné nejistoty (viz např. obr. 5), a to hlavně v případě velkých průtoků. Je pravděpodobné, že toto je v mnoha případech zaviněno z velké části nezohledněním výše diskutovaných vlivů smykových poměrů ve dně koryta. Z tohoto pohledu se závislost n pouze na charakteristické velikosti zrna jeví s ohledem na různé smykové poměry, které mohou v korytě při různých průtocích nastat, jako nedostatečná.

Na obr. 5 jsou porovnány různé rovnice určující n pro dříve diskutovaný případ povodňového průtoku v korytě Dubské Bystřice. Rovnice Strickler a Pirkovský udávají velmi nízkou hodnotu n . Je to proto, že uvažují jen zrnitostní drsnost, a nikoliv dodatečný odpor od případné existence dnových útvarů či chodu splavenin. Heyova logaritmická rovnice uvažuje vliv hydraulického poloměru koryta a zvýšenou hydraulickou drsnost $k_s = 3,5 \cdot d_{s4}$, výsledkem je vyšší hodnota Manningova n než u vzorců Stricklerova typu. Logaritmická rovnice, jak ji navrhl Limerinos, dává velmi podobné výsledky, není z ní ale patrné, jak je hydraulická drsnost přesně formulována. I tyto logaritmické rovnice se zdají dávat příliš nízké hodnoty n . Havlík odhadl pro svůj výpočet kulminačního průtoku hodnotu $n = 0,06$ a Mattasův vzorec Jarrettova typu pro sklonité toky s hrubozrnným substrátem dna dává ještě vyšší hodnotu. Mattasova rovnice zahrnuje vliv hydraulického poloměru a podélného sklonu koryta na drsnostní součinitel. Zahrnutí vlivu hydraulického poloměru a podélného sklonu dna je správnou cestou, právě tyto veličiny určují smykové napětí ve dně.

Zkušenost ze simulace masivního chodu dnových splavenin nad sedlinou v potrubí říká, že vlivem chodu splavenin pro smykové poměry odpovídající vzniku smykové vrstvy (a zániku dnových útvarů), tj. $\theta \approx 0,8$, se hydraulická drsnost k_s oproti situaci $\theta \approx \theta_{cr}$ (kdy $k_s/d_{s0} \approx 1$) zhruba ztrojnásobí (obr. 3) a zesedminásobí při $\theta \approx 2$. Teoretická rovnice $\sqrt{\frac{8}{\lambda_b}} = 2,5 \cdot \ln \frac{14,8 \cdot R_h}{k_s}$ vede při použití převodní rovnice $\sqrt{\frac{8}{\lambda_b}} = \frac{R_h^{1/6}}{n \cdot \sqrt{g}}$ na $n = 0,033$ pro situaci bez chodu splavenin ($\theta = \theta_{cr}$), což odpovídá hodnotám ze vzorců Stricklerova typu. Pro oblast dnových útvarů ($\theta \approx 0,6$) udává rovnice doplněná o analytickou rovnici pro hydraulickou drsnost erodovaného dna, $\frac{k_s}{d_{s0}} = 3,3 \cdot \theta$ (ta je platná jen v intervalu zhruba $0,5 < \theta < 4$, který je však dostatečně široký pro rozsah průtoků v otevřených korytech), hodnotu $n = 0,041$, což odpovídá hodnotám z rovnic logaritmického typu (Hey, Limerinos). Pro masivní chod dnových splavenin ve smykové vrstvě udávají teoretické rovnice $n > 0,05$ ($n = 0,065$ pro $\theta = 1,8$ a $n = 0,071$ pro $\theta = 2,1$). Tyto hodnoty se zdají být realistické pro odhad drsnosti v uvažovaném úseku Dubské Bystřice za povodně v srpnu 2002, uvážíme-li, že smykové poměry za kulminačního průtoku vedly pravděpodobně k situaci, kdy splaveniny byly transportovány ve smykové vrstvě nad erodovaným dnem.



Obr. 5. Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n podle různých metod pro pohyblivé dno koryta Dubské Bystřice za povodně v srpnu 2002

Legenda: tabulka – tabulková hodnota pro tento typ koryta (např. Ven Te Chow, 1959), odhad Havlík – odhadnutá hodnota n při výpočtu kulminačního průtoku ze stop (Havlík, 2002), nový odhad – odhadnutá hodnota n na základě poznatků z tohoto článku, Mattas – rovnice Jarrettova typu (Mattas a kol., 1998)

Závěry

Chod splavenin vyvolaný extrémním průtokem v korytě s pohyblivým dnem podstatně zvyšuje odpor koryta a vodní stav při příslušném průtoku. Vyhodnocení splaveninových poměrů v úseku horského toku Dubské Bystřice při kulminačním průtoku za povodně v srpnu 2002 pomocí Shieldsova parametru potvrdilo, že chod splavenin musel být za povodňového průtoku významný. Pro odhad hodnoty Manningova drsnostního součinitele v posuzovaném úseku koryta Dubské Bystřice byla použita teorie vlivu chodu dnových splavenin na hydraulickou drsnost dna za vysokých smykových napětí ve dně otestovaná experimenty v tlakových potrubích. Použité analytické rovnice pro hydraulickou drsnost dna a pro součinitel ztráty třením navrhy, že chod splavenin vyvolaný extrémním průtokem v korytě Dubské Bystřice zhruba zdvojnásobil hodnotu Manningova n oproti hodnotě pro totéž koryto za nízkých průtoků bez pohybu splavenin. Závěry jsou založeny na omezeném množství experimentálních dat. Doporučuje se další výzkum umožňující doplnění experimentální databáze a zobecnění teoretických podkladů s cílem aplikovat navrženou metodu vyhodnocení odporu koryta v co nejširším rozmezí průtoků různými koryty s pohyblivým dnem.

Poznámka

Výzkum se provádí v rámci projektu CIDEAS č. 1M0579.

Literatura

- Chow, Ven Te. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill, 1959.
- Havlík, A. Odhad kulminačních průtoků při povodni ze srpna 2002 na tocích Krušných hor. *Zpráva Revital*, 2002 (http://www.chmu.cz/hydro/pov02/3etapa/nepoz_profilu/profilu_krusne_hory.pdf).
- Matoušek, V. Určení součinitele ztráty třením na povrchu pohyblivého dna za vysokých smykových napětí a jeho aplikace pro výpočet sklonu čáry energie v tlakovém potrubí s erodibilní sedlinou ve dně. *Sborník semináře CIDEAS-VS Nejistoty modelů a přístupů aplikovaných v říčním inženýrství, povrchové a podpovrchové hydrologii*, 2007, s. 81–86, ISBN 978-80-01-03924-3.
- Matoušek, V. a Krupička, J. On hydraulic roughness of top of stationary bed in pressurized pipes. *Proceedings of the 14th Int. Conference on Transport and Sedimentation of Solid Particles*, St. Petersburg, 2008.
- Mattas, D., Petrújová, T. a Mareš, K. Pohyb sedimentů v podélném profilu toku v závislosti na průtocích. Závěrečná zpráva dílčího úkolu 2 projektu VaV/510/2/96, Praha: VÚV T.G.M., 1998, 76 s.
- van Rijn, LC. Handbook of Sediment Transport by Currents and Waves. *Delft Hydraulics report No. H 461*, 1989.
- Shields, A. Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenz Forschung auf die Geschiebebewegung. *Mitt. der Preuss. Versuchsamst. für Wasserbau und Schiffbau*, Heft 26, Berlin, 1936.
- Wilson, KC. Mobile bed friction at high shear stress. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 115, 1989, No. 6, p. 825–830.
- Yalin, MS. River Mechanics. Pergamon Press, 1992.

doc. Dr. Ing. Václav Matoušek

ČVUT, Fakulta stavební, katedra hydrauliky a hydrologie,

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

v.matousek@fsv.cvut.cz

Lektoroval Ing. Daniel Mattas, CSc., duben 2008

Key words

sediment transport, channel roughness, bed forms, mobile bed stability, Dubská Bystřice

Resistance of natural steep-slope channel at flood discharge (Matoušek, V. Jr.)

A flood discharge increases flow velocity in a channel and thus the bed shear stress. The dimensionless form of the stress, called Shields parameter, affects the stability and resistance of a mobile bed. As a result, the stage-discharge relationship is affected. A calculation of the bed shear stress requires a determination of the friction coefficient for the bed surface. Very little information is available on friction at the top of an eroded mobile bed. This article discusses effects of high bed shear stress on the resistance of steep-slope channels at extremely high discharges and proposes a method for the determination of the friction coefficient of the mobile bed in a flow with intensive sediment transport. The method is demonstrated at an example of the resistance of a natural channel of the mountain river Dubská Bystřice during the extreme flood in August 2002.

VYUŽITÍ MODELU NEURONOVÉ SÍTĚ V MODELOVÁNÍ PRŮTOKŮ

Jana Ředinová

Klíčová slova

vstup do modelu, neuronová síť, malé povodí, R software

Souhrn

Při modelování srážko-odtokového procesu v hydrologickém systému lze úspěšně využívat black-boxové modely. Typickým zástupcem těchto modelů je model umělé neuronové sítě (ANN – Artificial Neural Network), který byl v posledních desetiletích využit při řešení problémů v různých vědních oborech. Při aplikaci modelů umělých neuronových sítí je nutné dobře uvážit veličiny, které budou do modelu vstupovat, a zařadit jen ty, které korelují s výstupem a mají tedy potenciál úspěšně jej vysvětlit. Zařazení nerelevantních nebo nadbytečných vstupních veličin může vést k příliš komplexním strukturám modelu ANN a jeho přeparametrizování. Jako vstupní veličiny mohou být kromě měřených srážek použita upravená srážková data, jako jsou ukazatele předchozích srážek (API – Antecedent Precipitation Index). Hlavním cílem tohoto příspěvku je vyhodnocení optimálního počtu vstupů do srážko-odtokového modelu ANN.

1 Úvod

Matematické modely se využívají jako nástroje k analýze systémů, předpovědím nebo rozhodování v mnoha vědních oborech. V hydrologii mají své místo při navrhování vodohospodářských konstrukcí, v analýze časových řad nebo v předpovídání průtoků.

Modely lze dělit na fyzikálně založené a matematicky založené (black-box). U fyzikálních modelů je známo, jak systém funguje, a díky této znalosti je model sestaven. Pokud není známa struktura systému, ale pouze vstupní a výstupní proměnné, uplatňují se modely černé skříňky neboli modely black-boxové.

Vhodný model je vybrán podle účelu modelování, míry znalosti systému a dostupných dat. Jako vstup do modelu je vhodné použít pouze ty vstupní veličiny, které mají potenciál vysvětlit veličiny výstupní. Ve vstupních veličinách (zde byly k dispozici měřené srážky) je třeba najít určitý předstih, ve kterém mají hodnoty vstupní veličiny významný vliv na simulaci průtoků v daném časovém úseku. Ze srážkových dat je možné vypočítat API (Antecedent Precipitation Index), tedy vážený průměr předchozích srážek, který zohledňuje paměť systému. Zároveň je kvůli jednoduchosti modelu žádoucí, aby vstupních hodnot byl co nejmenší počet a aby se informace, které nesou, neopakovaly.

V tomto článku je pro předpověď průtoků použit regresní black-boxový model založený na umělé neuronové síti (Artificial Neural Network). Jako vstupní veličina byly použity API ukazatele, konkrétně dříve vybraná sekvence API ukazatelů, které mají největší potenciál předpovídat průtok. Z objemného souboru možných vstupních veličin byly vybrány takové, které nesly největší společnou informaci s veličinou výstupní (Bowden, 2005). Hlavní důraz této práce je kladen na testování počtu vstupních veličin, při kterém model nejlépe simuluje průtok. Zvláště u modelů neuronových sítí je výběr relevantních vstupů problematickou a často opomíjenou částí modelování. Příliš mnoho vstupů vede ke zbytečně komplexním strukturám modelu a k jeho přeparametrizování (Beven, 2001), kdy model při kalibraci vykazuje dobré výsledky, a při verifikaci selhává.

2 Metodika

Cílem této práce bylo otestovat, zda se simulační schopnost modelu neuronové sítě při různém počtu vstupních veličin liší, a zjistit, jaký počet vstupních veličin je z hlediska předpovědi průtoků ideální. Testována byla vstupní sekvence složená z API indexů vypočtených na základě různého počtu předchozích srážek (viz kapitola 2.1 Příprava dat), které byly dříve vybrány pomocí modelu umělé neuronové sítě (Hristev, 1998), kde byla shoda mezi vstupy a výstupy hodnocena kritériem parciální vzájemné informace (Bowden, 2005).

Jednotlivé API ze vstupní sekvence byly postupně přidávány do vstupní matice black-boxového modelu umělé neuronové sítě (viz kapitola 2.2 Black-box model). Bylo testováno, kolik vstupních veličin je potřeba pro optimální fungování modelu (viz kapitola 2.3 Testování počtu vstupů). Předpokladem bylo, že se zvyšujícím se počtem vstupů se bude simulační schopnost modelu zvyšovat, ale jen do dosažení optimálního počtu vstupů. Pak se již zvyšovat nebude a může se i snižovat, což může svědčit o přeparametrizování modelu. Model byl pro každý počet vstupů kalibrován a hned poté verifikován na nezávislém datovém souboru. K výpočtu i grafickému vyhodnocení výsledků byl použit volně šiřitelný otevřený software R (<http://www.r-project.org/>).

2.1 Příprava dat

Časové řady hydrologických dat použité v této práci pocházejí z experimentálního povodí katedry vodního hospodářství a environmentálního modelování Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Jde o horní část Ptačího potoka s pracovním názvem Modrava 2, který leží na Šumavě v povodí Modravského potoka. Povodí má velikost 17 ha. Časové řady byly v hodinovém kroku.

Výstupní proměnnou byl průtok, vstupní proměnnou srážky. Ze srážek byl vytvořen soubor možných vstupních kandidátů, jimiž byly ukazatele předchozích srážek API (Antecedent Precipitation Index) vypočtené podle rovnice (1). Z nich byly vybrány sekvence API ukazatelů, které mají potenciál dobře předpovídat průtok. Jedna z nich je představena v této práci. API index může být chápán jako black-boxový model, který vyjadřuje paměť systému.

$$API_t = \sum_{k=0}^n \lambda^k \cdot P_{(t-k)}, \quad (1)$$

kde API_t je ukazatel předchozích srážek v čase t , též označovaný pouze API , P je srážka, λ je parametr modelu mezi 0 a 1, n je počet předchozích srážkových úhrnů, který nabývá hodnot od 0 do 25, a k určuje pořadí předchozího srážkového úhrnu a zároveň udává váhu parametru λ pro danou hodnotu srážkového úhrnu.

Platí, že čím je srážkový úhrn vzdálenější od současnosti, tím je jeho příspěvek k celkové hodnotě API nižší. Parametr λ byl nastaven na konstantní hodnotu a nebyl kalibrován (λ byl stanoven na hodnotu 0,9). Jednotlivé API byly označeny indexem, obecně API_n , kde n udává počet předchozích srážek použitých pro výpočet, $n = \{0, 1, 2, \dots, n\}$.

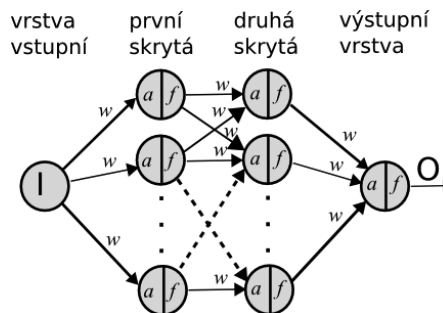
2.2 Black-box model

Použitým black-boxovým modelem byla umělá neuronová síť, konkrétně vícevrstvý dopředný perceptron se zpětnou propagací chyby. Energetickou funkcí, která hodnotila sílu modelu v průběhu kalibrace, byla průměrná kvadratická odchylka – Least mean square, LMS , rovnice (2). Minimum energetické funkce bylo dosaženo metodou sestupu gradientu (gradient descent).

$$LMS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y_{i,c})^2 \quad (2)$$

kde LMS je průměrná kvadratická odchylka, N je délka vektoru y , y_i i tý prvek z původní časové řady (průtok Q), $y_{i,c}$ je i tý prvek z modelované časové řady (vypočtený průtok \hat{Q}).

Sít tvořila jedna vstupní vrstva, dvě vrstvy skryté a jedna výstupní vrstva. Zkrácená verze použité neuronové sítě je na obr. 1. Vstupní vrstva obsahovala tolik neuronů, kolik bylo v daném cyklu použito vstupních API indexů pro modelování. Nejprve to byl jeden neuron, pak dva atd. až maximální počet prvků testované sekvence. První i druhá skrytá vrstva byla složena z osmi neuronů. Výstupní vrstvu tvořil jeden neuron, který představoval průtok.



Obr. 1. Neuronová síť

Model neuronové sítě byl nejprve kalibrován (učení) na souboru dat, kde byly známy jak vstupy, tak výstup. Výsledné parametry byly použity v ověřovací (validační) fázi, kdy byly modelu poskytnuty vstupní hodnoty nezávislého souboru dat a vypočtený průtok byl srovnán s průtokem měřeným pomocí koeficientu determinace.

2.3 Testování počtu vstupů

Při modelování srážko-odtokového procesu je třeba určit, jaký počet vstupů je potřebný pro dosažení optimálního výsledku. Proto bylo s použitím dříve vybrané sekvence podstatných vstupů do modelu, konkrétně API indexů, testováno, jaký počet vstupů je nejvhodnější pro optimální simulování průtoků. Použit byl black-boxový model umělých neuronových sítí, jehož struktura je popsána v předchozí kapitole 2.2. Pro měnící se počet vstupů z dané sekvence, od jednoho vstupu do celkového počtu vstupů v sekvenci, byla provedena kalibrace i verifikace modelu. Bylo sledováno, jak se mění simulační schopnost modelu se zvyšujícím se počtem vstupů. Výsledky byly posouzeny koeficientem determinace R^2 (3).

$$R^2 = 1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_o^2} \quad (3)$$

kde σ_e^2 je rozptyl reziduí, σ_o^2 značí rozptyl výstupu.

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Q_t - \hat{Q}_t)^2 \quad (4)$$

$$\sigma_o^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Q_t - \bar{Q})^2 = \text{var}(Q) \quad (5)$$

kde \bar{Q} je měřený průměrný průtok, Q_t měřený průtok v daném časovém úseku a \hat{Q}_t vypočtený průtok v daném časovém úseku.

Výsledky byly vyhodnoceny též graficky. Je znázorněna jedna kalibrace a jedna validace pro vybraný (optimální) počet vstupů.

3 Výsledky

Vstupem do modelu byla sekvence API indexů dříve vybraná z většího souboru API indexů. Byly vybrány pouze ty indexy, které nejlépe charakterizovaly výstup. První vstup byl určen, byla to vždy srážka (API 0). Druhý a následné vstupy byly vybrány vždy s ohledem na vstupy vybrané v předchozích cyklech, respektive na informaci, kterou nesou vstupy dříve vybrané. API, které nesly velmi podobnou informaci jako vstupy již vybrané, nebyly do modelu zařazeny.

Tabulka 1. Výsledné pořadí vstupů do modelu

Pořadí	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NN
Sekvence	API 0	API 25	API 1	API 4	API 5	API 10	API 13	API 2	API 7	API 3	20

Nejprve byl testován model, který využívá jeden vstup z dané sekvence, pak model využívající dva a tak dále, až model, který využívá všech deset vstupů. Výsledky ukazuje obr. 2. Ve vrchním grafu je zobrazeno, jak se mění hodnota koeficientu determinace R^2 s rostoucím počtem vstupních parametrů, a to při kalibraci (bílé body) a validaci na nezávislých datech (černé body). Je zřejmé, že práci modelu zlepšit použitím tří, čtyř, maximálně pěti parametrů. V této počáteční fázi výběru byly API ve všech sekvencích shodné nebo podobné. Byl naplněn předpoklad, že nejprve se bude se zvyšujícím se počtem vstupů simulační schopnost modelu zvyšovat, po dosažení optimálního počtu vstupů se již zvyšovat nebude, resp. začne se snižovat.

Zbýlé dva grafy obr. 2 ukazují simulace, které vytvořil model s využitím

prvních pěti vstupů. Prostřední graf zobrazuje kalibrační simulaci časové řady a spodní graf validační simulaci. Plnou čarou jsou nakresleny měřené průtoky a čerchovaně hodnoty vypočtené modelem neuronové sítě.

4 Diskuse a závěr

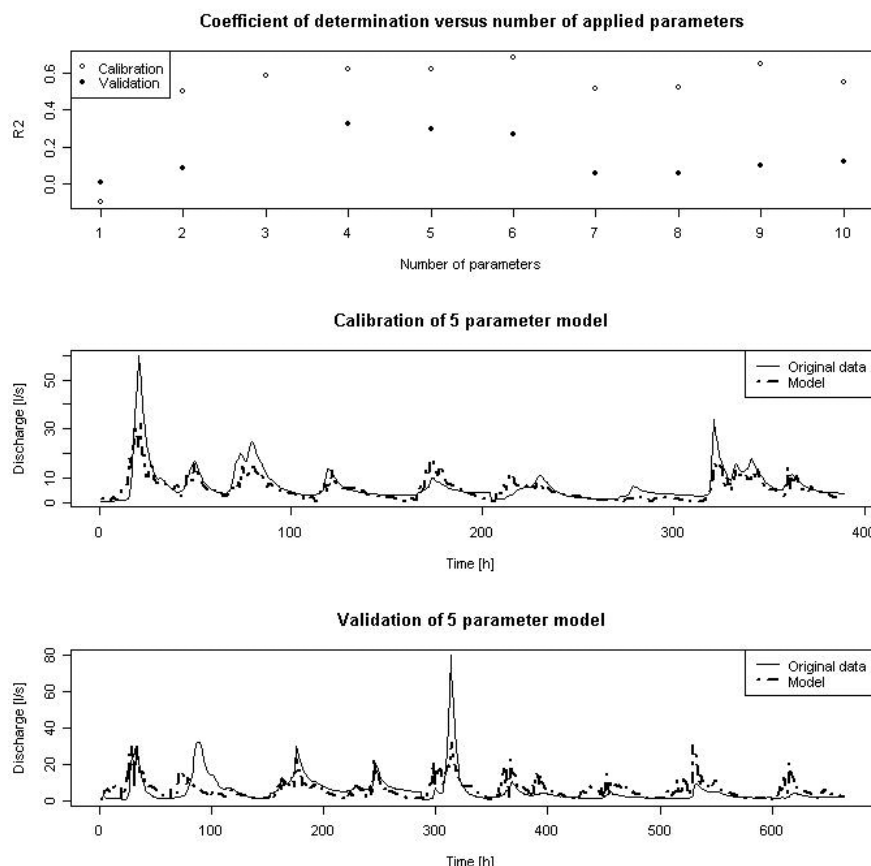
Při používání black-boxových modelů je často zanedbáván výběr vstupů do modelu. Je třeba brát v úvahu pouze ty vstupy, které mají potenciál vysvětlit výstup, a zároveň nezařazovat vstupy, které nesou podobnou nebo identickou informaci. Nedodržení obou podmínek vede k nadměrně komplexním strukturám v modelu a přeparametrizování. Předložený článek navrhuje metodický postup při řešení této problematiky.

V této práci bylo testováno, kolik parametrů je relevantní do modelu vložit, aby se optimalizovala simulační síla modelu. Hodnocení probíhalo pomocí koeficientu determinace. Z případu znázorněného v obr. 2 je zřejmé, že kvalita modelu se zvyšuje s použitím více vstupů. Nejlepších výsledků bylo dosaženo s použitím čtyř vstupů. Z testování více sekvencí vyplývá, že simulační schopnost modelu se zvyšovala až k použití tří vstupů, s použitím více vstupů se kvalita modelu v některých případech ještě zvýšila, nikoliv však významně, a v některých případech se již snížila. Výsledky doplňují kalibrační a validační simulace vypočtené s využitím prvních pěti vstupů z testované sekvence.

Z výzkumu vyplývá, že model neuronové sítě je možný nakalibrovat na velmi malém povodí s velmi nelineárním vztahem mezi srážkami a odtoky pouze částečně. Koeficient determinace pro kalibrační simulace je přibližně 0,6 a pro validaci 0,4. Největším problémem je fitování kulminací. Snahou modelu je dobře nasimulovat jak nízké průtoky, tak průtoky extrémní. Tato snaha modelu se však projevuje v neoptimálních simulacích extrémů a zhoršení simulací minim. Řešením by bylo využití více různých modelů (míněno je modelů s různými parametry) pro různé situace srážko-odtokového procesu.

Literatura

- Beven, KJ. (2001) Rainfall-runoff modeling. John Wiley and Sons, 360 p.
- Bowden, GJ., Dandy, GC., and Maier, HR. (2005) Input determination for neural network models in water resources applications. Part 1 – background and methodology. *Journal of Hydrology*, 301, 2005, p. 75–92.
- Hristev, RM. (1998) The ANN book [online]. [cit. srpen 2007]. Dostupné z http://www.pdg.cnb.uam.es/cursos/Complutense2005/pages/12_NeuralNetworks/Hristev_The_ANN_Book.pdf
- Young, PC. (2002) Advances in Real-Time Flood Forecasting. *Phil. Trans. R. Soc. London*, 360, p. 1433–1450.



Obr. 2. Kalibrace a simulace modelu neuronové sítě

Ing. Jana Ředinová
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha
Redinova@vuv.cz
 Lektoroval Ing. Petr Máca, Ph.D.,
 duben 2008

Key words

model input, neural network, small catchment, R software

Application of neural network model in discharge modelling (Ředinová, J.)

Rainfall-runoff process in hydrological system can be successfully modelled by black-box models. The representative black-box model is an Artificial Neural Network model (ANN) that was used in interdisciplinary problem treatment in the last decades. Applying ANN models it is necessary to choose properly the input variables and include only those that correlate with output and can successfully explain the output. Engaging the irrelevant or redundant input variables can lead to too complex structures of ANN model and its overparametrization. Instead of measured rainfalls, a rainfall data modified to Antecedent Precipitation Indexes (API) can be used as input variables. The aim of this article is the evaluation of optimal number of inputs into the ANN rainfall-runoff model.

Činnost Zkušební laboratoře vodohospodářských zařízení

Václav Šťastný, Lucie Schönbauerová, Jiří Kučera

Již od osmdesátých let minulého století jsou ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka ověřovány a testovány funkční vlastnosti malých čistíren odpadních vod. V letech 1993–1995 byl VÚV T.G.M. touto činností dokonce pověřen zřizovatelem. Úspěšným akreditačním řízením u ČIA byla v roce 2006 dovršena dlouholetá snaha pracovníků odboru technologie vody v ústavu o oficiální potvrzení legitimity zde prováděných zkoušek malých vodohospodářských zařízení.

Postavení laboratoře

Zkušební laboratoř vodohospodářských zařízení se stala jedním z pracovišť Zkušební laboratoře technologie vody akreditované podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Českým institutem pro akreditaci, o.p.s., pod č. 1492. Toto pracoviště má akreditovány zkoušky podle přílohy B normy ČSN EN 12566-3 Malé ČOV do 50 EO – Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní ČOV, podle kapitoly 8.3.3 normy ČSN EN 858-1 Odlučovače lehkých kapalin (např. oleje a benzinu) – Část 1: Zásady pro navrhování, provádění a zkoušení, označování a řízení jakosti a podle kapitoly 8.5 normy ČSN EN 1825-1 Lapáky tuku – Část 1: Zásady pro navrhování, provádění a zkoušení, označování a řízení jakosti. Technologická laboratoř jako druhé pracoviště Zkušební laboratoře technologie vody poskytuje potřebnou analytickou koncovku pro jednotlivé zkoušky a zajišťuje i rutinní odběry a analýzy vzorků vod, kalů a sedimentů.

Provoz zkušební laboratoře je zajištěn tak, že kromě pracovníků obou akreditovaných pracovišť jsou jako vzorkaři, analytici nebo zkušební technici vyškoleni a zařazení do systému managementu zkušební laboratoře i další pracovníci z ostatních oddělení odboru technologie vody VÚV T.G.M., v.v.i. Chod laboratoře je tak zabezpečen i v případě onemocnění či dovolené kmenových pracovníků.

Akreditované zkoušky související s účinností domovních ČOV, odlučovačů lehkých kapalin a lapáků tuku slouží jako podklad pro certifikaci výrobků a ověřování shody výrobků podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb. VÚV T.G.M., v.v.i., spolupracuje s Technickým a zkušebním ústavem stavebním Praha, s. p. (TZÚS), který využívá protokoly o zkoušce při posuzování výrobků podle příslušných předpisů.

Zkoušky účinnosti domovních ČOV

Počtem zakázek i rozsahem prací je ve Zkušební laboratoři vodohospodářských zařízení nejvýznamnější zkouškou stanovení vybraných parametrů účinnosti domovních ČOV. Tato zkouška je dlouhodobá a sleduje se při ní účinnost čištění nejen při provozu čistírny při jmenovitém zatížení, ale i při přetížení, nízkém a minimálním zatížení. Významná je rovněž reakce na výpadek elektrické energie a na hydraulické nárazy. Zkouška trvá minimálně 46 týdnů.

Práce na zkoušení účinnosti domovních ČOV zahrnují kromě dlouhodobého sledování a obsluhy těchto zařízení i rozborů vzorků. Jednou týdně se odebírá a analyzuje 24hodinový směsný vzorek přítoku i odtoku. Rozsah analýz je dán požadavky objednavatele, kromě základních ukazatelů, kterými jsou nerozpuštěné látky, CHSK a BSK₅, může být rozšířen o formy dusíku a celkový fosfor. Zkušební technik denně sleduje základní parametry provozu, kromě průtoku měří koncentraci rozpuštěného kyslíku a teplotu vody v aktivaci a provádí sedimentační zkoušku aktivovaného kalu. Objednavatel prací dostává kromě protokolu o zkoušce ještě podrobnější zprávu s interpretací dosažených výsledků.

Popsanému rozsahu zkoušky odpovídá i její cena. Laboratoř musí kalkulovat ceny chemických rozborů i cenu prací při obsluze zkoušených zařízení a všechny náklady jsou jednoznačně doložitelné. Výrobci domovních čistíren přesto někdy s překvapením zjišťují, že cena zkoušky účinnosti domovní ČOV může přesahovat cenu hotového kusu výrobku.

Zkušební laboratoř je schopna zajistit současně nejvýše šest zkoušek účinnosti domovních ČOV. Po dovybavení pracoviště by bylo možné zvýšit kapacitu až na devět zkoušek, což je limit daný množstvím odpadní vody dostupné pro zkoušky.

Zkoušky odlučovačů lehkých kapalin a lapáků tuku

Stanovení obsahu zbytkového oleje z odlučovačů lehkých kapalin za maximálního odtokového průtoku a stanovení objemu zbytkového oleje z lapáků tuku za maximálního přípustného průtoku vody jsou velmi podobné zkoušky prováděné s různými zařízeními. Zkouška je relativně krátká, instalace, měření a čištění zařízení trvá asi 16 hodin. Podle příslušných norem může být obsah zbytkového oleje stanoven jako nepolární extrahovatelné látky (NEL) nebo jako uhlovodíky C₁₀–C₄₀. Naše zkušební laboratoř přešla z dříve běžnějších NEL na stále častěji používaný ukazatel C₁₀–C₄₀. Výsledek se určuje z pěti vzorků odebraných ve stanovené době v intervalu jedné minuty.

Cena za tyto zkoušky vychází z ceny prací a významnou část tvoří náklady na potřebné chemické rozborů.

Praktické zkušenosti

Na základě dosavadního provozu zkušební laboratoře je možné formulovat některé obecné zkušenosti, o kterých chceme informovat odbornou veřejnost.

V některých případech nebyl před zahájením zkoušek dostatečně vzájemně pochopen jejich význam, což ovlivnilo jejich průběh. Zkouška ve zkušební laboratoři totiž nesmí nahrazovat nedokončený vývoj zkoušeného zařízení. Při obsluze zařízení musí technici postupovat podle dodaného návodu k obsluze a evidovat všechny odchylky, zejména práce nad rámec pokynů nezbytné k zajištění chodu zkoušeného zařízení. Výrobce, resp. zadavatel zkoušek, by si proto měl před zahájením zkoušek ověřit, že zkoušené zařízení je dokončeno a odzkoušeno a že návod k obsluze (provozní řád) dostatečně popisuje požadavky na obsluhu.

Při zkoušce účinnosti domovních ČOV způsobuje jisté problémy již zapracování. Jeho způsob norma neupravuje a zkušební laboratoř proto postupuje podle návodu k obsluze. V případech, kdy je domovní ČOV inokulována dostatečným množstvím aktivovaného kalu z jiné čistírny, dochází zpravidla k rychlému zapracování a zahájení vlastních zkoušek. Pokud zapracování probíhá bez inokulace nebo jen s malým množstvím kalu, může dojít k prodloužení počáteční fáze z obvyklých 4–6 týdnů až na několik měsíců, což prodlužuje dobu zkoušky, a tím zvyšuje i její cenu. Při zapracování bez inokulace byla v domovní ČOV s aktivací bez přepážek pozorována tvorba špatně sedimentujícího aktivovaného kalu, ke které dochází v důsledku prudkého poklesu gradientu velikosti znečištění v ideálně míchaném reaktoru. Optimální způsob zapracování ČOV musí tedy být ověřen jinde a jinak než až v průběhu zkoušky.

Při standardním režimu provozu zkoušených domovních ČOV se někdy vyskytnou bez zjevných příčin překvapivé změny ve vlastnostech aktivovaného kalu. Tyto změny nelze přičíst případným nezaznamenaným výkyvům ve složení odpadní vody, protože změny se projeví vždy jen v jediné z více provozovaných čistíren.

Pro některé výrobce je poměrně překvapivá reakce zkoušených čistíren na přetížení, kdy může docházet k nečekanému zhoršení funkce čistírny. Protože tento jev nebývá v provozu v reálných lokalitách obvykle pozorován, objevují se snahy svádět ho na způsob provozování zkoušeného zařízení. Zkušební laboratoř však musí dodržet podmínky zkoušky dané normou a při obsluze vychází z požadavků daných návodem k obsluze. Není možné o čistírnu pečovat nadstandardně jen proto, aby byly dosaženy při zkoušce lepší výsledky. Musíme však konstatovat, že zatím nedošlo při přetížení žádné z testovaných čistíren k problémům tak vážným, že by ohrozily výsledek zkoušek.

V období minimálního zatížení, které má simulovat dovolenou obyvatel odkanalizované nemovitosti, vždy dochází ke zhoršení funkce ČOV, především ubývá aktivovaný kal vlivem jeho biologického rozkladu v době nedostatku živin. V normě požadovaná doba minimálního zatížení se jeví na základě našich zkušeností jako poměrně dlouhá.

Pro zkoušky odlučovačů lehkých kapalin a lapáků tuku je rozhodujícím parametrem maximální průtok. Při tomto průtoku jsou zařízení zkoušena, i když v reálném provozu bude u řádně navržených zařízení maximální průtok dosahován pouze výjimečně. Výrobci si proto musí dát pozor na to, aby za maximální průtok nevydávali hodnotu, kterou lze připustit pouze velmi krátkodobě.

Závěr

Zkušební laboratoř technologie vody VÚV T.G.M., v.v.i., v Praze jako akreditovaný subjekt nabízí ojedinělé zkoušky. Laboratoř i zákazníci si postupně zvykají na své role v procesu zkoušení. Pracovníci laboratoře jsou si vědomi, že jejich cílem není navrhnout a odzkoušet nevhodnější technologii, ale ověřit skutečné vlastnosti zkoušeného zařízení. Výrobci zadávající zkoušky se musí smířit s tím, že zařízení není možné úspěšně zkoušet ve stavu vývoje technologických prvků.

Pracovníci odboru technologie vody mají zájem podílet se i na vývoji technologie čištění odpadních vod z malých sídel, tato činnost je však striktně oddělena od zkoušení jednotlivých zařízení.

Literatura

Písařová, M., Kölbl, J. a Šťastný, V. Praktické zkušenosti ze sledování malých zdrojů znečištění. In *Optimalizace návrhů a provozu stokových sítí a ČOV 2005*, sborník z konference s mezinárodní účastí, Břeclav, říjen 2005.

Šťastný, V., Schönbauerová, L. a Mrázek, V. Zkušenosti ze zkoušení malých ČOV. In *Odpadní vody Brno 2007*, sborník posterových sdělení ze 7. mezinárodní konference, Brno, září 2006.

Ing. Václav Šťastný, Ing. Lucie Schönbauerová, Ing. Jiří Kučera
VÚV T.G.M., v.v.i.

tel.: 220 197 249, 447, 223

Sborník prací VÚV T.G.M. 2007

(editorka Ing. Marie Kalinová)
Praha : VÚV T.G.M., 2007, 96 s.

Publikace obsahuje následující práce:

Dlouhodobé hodnocení přeshraniční problematiky znečišťování řeky Dyje vlivem rakouského přítoku Pulkavy

(Mlejnková, H., Kočková, E. a Žáková, Z.)

Od konce 50. let minulého století stojí mezi Českou republikou a Rakouskem nevyřešený problém, zapříčiněný dlouhodobým zhoršováním kvality vody řeky Dyje na českém území vlivem zaústění rakouské Pulkavy. Hlavním zdrojem znečištění Pulkavy je chemický závod na výrobu kyseliny citronové v rakouském Pernhofenu, který produkuje velké množství především organického znečištění a vypouští je do tohoto málo vodného a již znečištěného recipientu. Po zaústění Pulkavy do Dyje docházelo v minulých letech na krátkém úseku, kde protéká rakouským územím, k extrémnímu zhoršení jakosti vody, které se projevovalo v celém zbývajícím úseku toku Dyje až k ústí do řeky Moravy. Po výstavbě novomlýnských nádrží zhoršuje Pulkava jakost vody v horní nádrži.

Znečištění vody v řece Pulkavě a následně v Dyji se projevovalo převážně ve vysokých koncentracích organických látek (BSK, CHSK, TOC), kyanidů a těžkých kovů (mědi a zinku). Důsledkem byly změny v biologickém oživení toku, kontaminace sedimentů a tkání ryb a toxické působení na vodní živočichy.

Snaha obou zemí o zlepšení situace a požadavky Rámcové směrnice EU vyústily v roce 2007 v další etapu jednání, zaměřenou na konkrétní opatření. Obě strany se dohodly od roku 2008 provádět společný monitoring v rozsahu, který bude oboustranně akceptován pro společné objektivní vyhodnocení vlivu Pulkavy na Dyji a na postupných krocích snižování reálného znečištění. Ty budou zahájeny snížením rakouských limitů povoleného vypouštěného množství odpadních vod z chemického závodu a budou pokračovat až do dosažení „společně akceptovatelného cílového stavu jakosti vody“ v Dyji v zasaženém úseku.

Vliv revitalizací na ekologický stav malých vodních toků

(Rozkošný, M.)

Příspěvek se zabývá výsledky projektu VaV/SL/8/59/04, který byl v letech 2004 až 2006 řešen v brněnské pobočce VÚV T.G.M., v.v.i. Projekt byl zaměřen na malé vodní toky v celé České republice, na nichž byly provedeny revitalizační zásahy. Na 27 tocích proběhl komplexní monitoring stavu jednotlivých složek vodních ekosystémů (vodní prostředí, fytoobentos, makrozoobentos, rybní obsádka). Cílem projektu bylo navrhnout metodiku hodnocení revitalizačního efektu v měřítku povodí, vytvořit databáze komplexního monitoringu pro vybrané malé vodní toky, posoudit vliv revitalizačních zásahů na změnu ekologického stavu vodních ekosystémů sledovaných toků a dosažené výsledky zobecnit.

Vypouštění odpadních vod do povrchových vod, které nejsou vodními toky ve smyslu § 43 zákona č. 254/2001 Sb.

(Kult, A.)

Příspěvek se věnuje popisu dvou případů vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Čtvrtá část článku popisuje situaci v České republice před vydáním zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodního zákona), ve znění pozdějších předpisů. V páté části je provedena teoretická právní analýza možnosti vypouštění odpadních vod do vod povrchových, které nejsou vodními toky ve smyslu § 43 zákona č. 254/2001 Sb. V dalším textu je popsána aplikace teoretických závěrů

především části. V závěru článku jsou obsažena doporučení s ohledem na stávající znění § 38 zákona č. 254/2001 Sb.

Projekt Morava IV

(Šunka, Z. a kol.)

Cílem výzkumného Projektu Morava IV je hodnocení plnění požadavků národních a evropských předpisů z oblasti ochrany vod. Jde především o zákony č. 254/2001 Sb., č. 274/2001 Sb., směrnici Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES a Úmluvu o spolupráci pro ochranu a únosné využívání Dunaje. Příspěvek se zabývá organizací projektu a stručně shrnuje získané výsledky.

Výsledky řešení přinášejí řadu nových poznatků a údajů, které svým charakterem a vypovídací schopností významně doplňují dosavadní soubor informací o kvalitativním stavu vody a vodních ekosystémů v oblasti povodí Dyje a Moravy.

Vybrané základní pojmy vodního práva v historických a věcných souvislostech

(Kult, A.)

Materiál se věnuje popisu a definicím čtyř základních pojmů vodního práva, tj. povrchovým vodám, podzemní vodě, vodnímu toku a korytu vodního toku. Základy českého právního řádu vycházejí z principů římského práva. Voda měla v Římě zvláštní postavení jako nezastupitelný veřejný zdroj. Moře, mořský břeh a řeky byly chápány jako veřejné. Třetí část článku popisuje situaci v Českých zemích v období 1870–1955. Ve čtvrté části je vysvětleno věcné chápání čtyř vybraných pojmů vodního práva do doby vydání zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodního zákona), ve znění pozdějších předpisů. Vybrané základní pojmy jsou rovněž porovnávány s definicemi, které se nacházejí ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Další text popisuje především § 2, 43 a 44 zákona č. 254/2001 Sb. Poněkud odlišnější pojetí s ohledem na pojem vodní tok je v zákonu č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), ve znění pozdějších předpisů. Rovněž je možné zaznamenat odlišné pojetí čtyř vybraných základních pojmů vodního práva ve slovenském vodním zákonu. V závěru příspěvku jsou uvedena doporučení s ohledem na připravovanou novelu zákona č. 254/2001 Sb.

Redakce

Nový přístroj pro analýzu složek životního prostředí

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., vybudoval nové specializované pracoviště na nejvyšší technické úrovni, které bude plně schopné zajišťovat analýzy nebezpečných znečišťujících látek (pesticidů, farmak apod.) ve vzorcích vody a dalších složkách životního prostředí.

Byl zakoupen vysokoúčinný kapalinový chromatograf s tandemovou hmotnostní detekcí HPLC-MS/MS, hybridní analyzátor na bázi trojitého kvadrupolu s lineární iontovou pastí, čímž se ústav zařadil mezi špičková výzkumná pracoviště v oblasti životního prostředí v rámci Evropské unie.

Kapalinová chromatografie ve spojení s hmotnostní detekcí v tomto uspořádání je dynamicky se rozvíjející citlivá, specifická a spolehlivá metoda, která umožňuje kvantitativní a kvalitativní analýzu vzorků, tedy jak určené množství známých znečišťujících látek, tak i případnou identifikaci neznámých nečistot, to vše ve srovnání s dosud používanými technikami v relativně krátkém čase.

Jde o první aplikaci tohoto přístroje na sledování jednotlivých složek životního prostředí u nás podle nejnovějšího mezinárodního trendu.

–VO–

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 50

ISSN 0322 - 8916

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



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