

ZDENĚK KLIMENT, JAN KOPP

HODNOCENÍ PLAVENINOVÉHO REŽIMU NA ZDROJNÍCH BEROUNKY

Z. Kliment, J. Kopp: *Suspended Sediment Analysis: Case Study of Berounka Sources*. – Geografie-Sborník ČGS, 102, 2, pp. 130 – 138 (1997). – The article examines suspended sediment transport in Mže, Radbuza, and Úhlava Rivers over the period 1989-95. Data on suspended sediments was collected at five observing sites. The research has been carried out in collaboration with Czech Hydrometeorological Institute, Plzeň. Apart from the suspended load characteristics also the seasonal variation of suspended sediments, siltation of Hracholusky and České Údolí Lakes, and the share of inorganic material in suspended sediments have been examined.

KEY WORDS: Berounka River – suspended sediment transport.

Úvod

Studium plaveninového režimu přináší nové pohledy na problematiku fluvialních procesů. Kvantifikace transportu nerozpuštěných látek v povodí je nejen zajímavá z hlediska poznání intenzity přírodních procesů, ale především nachází uplatnění při řešení praktických problémů kulturní krajiny.

V transportu pevných látek našimi řekami výrazně dominuje materiál v suspenzi (plaveniny). Jedná se o jemnozrnné částice v zrnitostních kategoriích jílu, prachu a jemného písku, které se při pohybu volně vznášejí ve vodě. Plaveniny obsahují minerální složku, detrit a živé substance jako jsou řasy a sinice. Zdroje částic jsou obecně plošné (produkt vodní eroze) nebo bodové (průmyslové a městské odpadní vody). V našich tocích je zvýšené množství plavenin důsledkem antropogenní činnosti v povodí.

Plaveniny způsobují zanášení vodních toků a vodohospodářských objektů na tocích. V současnosti se prokazuje, že suspendované látky představují značné potenciální nebezpečí pro vodní ekosystémy a uživatele vodních zdrojů, neboť se na tyto látky kumulují těžké kovy a organické látky.

V České republice začalo systematické pozorování režimu plavenin v síti vodoměrných stanic ČHMÚ od roku 1985. V současné době je do pozorovací sítě zařazeno 48 stanic. Odběr vzorků pro stanovení koncentrace plavenin se provádí v jedné reprezentativní svislici při plynulém pohybu vzorkovače upevněného na manipulační tyči. Frekvence odběrů je jednou denně, přičemž se naměřená hodnota při dalším zpracování považuje za denní průměr. Při vysokých vodních stavech se někdy odebírá více vzorků během dne.

Laboratorní vyhodnocení obsahu plavenin v odebraném vzorku se provádí stanovením koncentrace nerozpuštěných látek (NL, 105 °C) a nerozpuštěných látek žíhaných (ŽNL, 600 °C). Ztráta žíháním by měla postihnout organickou složku plavenin. Podrobnější popis doporučené metodiky stanovení koncentrace plavenin uvádí A. Hošek a R. Sochorec (1984).

Tab 1 – Stanice s hodnocením režimu plavenin (podle ČHMÚ)

Stanice	Tok	Plocha povodí (km ²)	Q _a 1931-80 (m ³ .s ⁻¹)	Hodnocení od hydrologického roku
Stříbro	Mže	1 144,81	6,78	1990
Hracholusky	Mže	1 609,62	8,28	1990
Lhota u Dobřan	Radbuza	1 174,88	5,32	1989
České údolí	Radbuza	1 250,20	5,49	1990
Šténovice	Uhřava	897,30	5,85	1989

Základem pro bilancování transportu plavenin je denní odtok plavenin, který se počítá ze součinu průměrné denní koncentrace plavenin (kalnost, c) a průměrného denního průtoku vody, samozřejmě s příslušným přepočtem na požadované jednotky (t . den⁻¹). Základní statistické vyhodnocení naměřených hodnot provádí ČHMÚ centrálně (pobočky Brno a Praha).

Množství nerozpuštěných látek je též jedním z parametrů čistoty povrchových vod. Pro tyto účely provádějí podniky povodí kontrolní odběry s průměrnou frekvencí jednou měsíčně. Metodika odběru však není vhodná pro stanovení množství plavenin v tocích. Pro bilancování transportu plavenin jsou z uvedených důvodů tyto odběry prakticky nepoužitelné.

Plzeňská pobočka ČHMÚ zavedla denní odběr vzorků plavenin od hydrologického roku 1989 (resp. 1990) v pěti vodoměrných profilech (tab. 1). Od 1. 1. 1996 byla do pozorovací sítě zařazena stanice Koterov na Úslavě a zároveň bylo z finančních důvodů zastaveno měření ve stanicích Hracholusky a České údolí. Tyto dvě stanice jsou umístěny pod přehradními hrázemi vodních nádrží.

Výběr uvedených stanic na zdrojnicích Berounky umožňuje porovnat toky z hlediska režimu plavenin srovnatelné plochou povodí i vodností, toky společně odvodňující jeden větší fyzickogeografický prostor (srovnatelné přírodní podmínky z hlediska odtokových a erozních poměrů, pod vlivem stejných povětrnostních situací).

V práci bylo detailněji analyzováno hydrologické období 1989 – 1992 se zaměřením na následující problematiku: bilance odtoku plavenin, sedimentace plavenin ve vodních nádržích, režim plavenin, vazba obsahu plavenin na příčné faktory, organické látky v plaveninách. Aktuálně byly doplněny bilanční údaje za hydrologické roky 1993 – 1995.

Bilance odtoku plavenin

Sledované období bylo provázáno odtokovým suchem (značně suché až velmi suché období hydrologických let 1991 – 1993). Pouze hydrologické roky 1994 a 1995 překračují průměrnou vodností dlouhodobé normály (tab. 2).

Pro odtok plavenin je rozhodující výskyt jednotlivých výrazných odtokových situací. Vysokých průtoků vody bylo dosaženo na Mži a Radbuze počátkem března 1990 (prudká obleva), na Uhřavě počátkem srpna 1991 (následek průtrží mračen na Šumavě). Maximální hodnoty sledovaných charakteristik byly zaznamenány při povodňové situaci v prosinci 1993, která postihla celé povodí Berounky (tab. 3).

Měřené prvky (koncentrace plavenin, ale i průtok vody) vykazují v denních hodnotách velký rozptyl (tab. 3, tab. 4). U denního odtoku plavenin počítané-

Tab. 2 – Průměrné roční průtoky vody – Q_r ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a roční odtoky plavenin – G_r ($\text{t} \cdot \text{rok}^{-1}$)

Hydrologický rok	Stříbro (Mže)		Hracholusky (Mže)		Štěnovice (Úhlava)		Lhota (Radbuza)		České údolí (Radbuza)	
	Q_r	G_r	Q_r	G_r	Q_r	G_r	Q_r	G_r	Q_r	G_r
1989	-	-	-	-	4,69	4 774	5,54	5 095	-	-
1990	5,52	9 026	5,84	894	3,98	4 836	4,49	6 004	5,40	5 869
1991	4,04	2 606	4,42	482	4,39	7 037	3,23	3 040	3,45	2 632
1992	3,64	3 100	3,89	410	3,05	1 599	2,66	1 786	2,61	1 837
1993	4,91	6 290	4,71	355	3,78	4 136	3,09	1 895	3,15	1 971
1994	7,38	12 179	9,87	1 320	5,62	6 038	5,60	17 893	5,74	6 050
1995	7,93	9 570	9,72	1 690	7,27	6 840	5,72	11 660	5,84	4 990

Pozn.: Data poskytnutá pro tuto studii jsou majetkem ČHMÚ a podniku Povodí Vltavy.

Tab. 3 – Maximální denní hodnoty průtoky vody (Q_{\max}), koncentrace plavenin (c_{\max}) a odtoku plavenin (G_{\max})

Ukazatel	Stříbro (Mže)		Lhota (Radbuza)		Štěnovice (Úhlava)	
Q_{\max} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	85,44	22.12.1993	72,04	22.12.1993	80,19	22.12.1993
c_{\max} ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	764	21.12.1993	985	22.12.1993	636	21.12.1993
G_{\max} ($\text{t} \cdot \text{den}^{-1}$)	3 597	21.12.1993	6 131	22.12.1993	2 170	21.12.1993

Tab. 4 – Statistické vyhodnocení denních hodnot koncentrace plavenin (1989 – 1992)

c_d ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	Stříbro (Mže)	Lhota (Radbuza)	Štěnovice (Úhlava)
Počet měření	1 046	1 335	1 286
Průměr	18,49	17,55	18,50
Median	11,05	10,80	9,00
Rozptyl	1 146,56	1 206,20	1 975,41
Variační koeficient	1,83	1,98	2,40

ho násobením těchto hodnot se proto variabilita ještě prohlubuje. Rozhodující množství plavenin odtéká sledovanými profily během relativně krátkodobých situací s vysokým odtokem vody. Bylo zjištěno, že dvě třetiny z celkového množství plavenin jsou transportovány během 8 – 9 dní v roce (situace s průtokem vody 30denním a vyšším). Výjimečné situace jsou přitom ještě extrémnější, například v prosinci 1993 Radbuza transportovala 12 764 t plavenin (tj. 71,3 ročního odtoku) během tří dní. V průběhu jediného dne (22. 12.) bylo přemístěno více plavenin než v jednotlivých hydrologických letech období 1989 – 1993.

Byl proveden odhad průměrného ročního odtoku plavenin v profilech Lhota a Štěnovice, s přihlédnutím k delší časové řadě v profilu Zbečno na středním toku Berounky. Podle provedeného odhadu odtéká těmito profily v dlouhodobém průměru 8 – 12 tis. t plavenin ročně. V orientačním přepočtu koresponduje toto odhadované množství materiálu v tocích s roční ztrátou orné půdy asi 2 – 4 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Roční úbytek ornice na nejvíce postižených plochách může samozřejmě tuto střední hodnotu několikrát překračovat.

V porovnání s jinými toky České republiky byly zjištěny nízké průměrné hodnoty koncentrace plavenin, které mohou signalizovat relativně malou

průměrnou intenzitu eroze v povodích Mže, Radbuzy a Úhlavy. Z naměřených hodnot v pěti stanicích však nelze posoudit skutečnou intenzitu eroze v jednotlivých částech povodí.

Sedimentace plavenin ve vodních nádržích Hracholusky a České údolí

Plaveninový režim výrazně ovlivňují vodní nádrže Hracholusky na Mži a České údolí na Radbuze (tab. 5). Současné bilancování režimu plavenin ve stanicích nad i pod těmito nádržemi umožnilo posoudit vliv nádrží na režim plavenin, včetně stanovení odhadu jejich zanášení.

Nádrže vytvářejí umělé sedimentační prostory, neméně významná je také regulace a způsob odtoku vody z nádrží. Režim plavenin je pod nádržemi výrazně pozměněn. Pod vodním dílem Hracholusky se projevuje významný pokles koncentrace plavenin, ale pod hrází menšího vodního díla České údolí tento jev nezaznamenáváme. Obě nádrže snižují rozpětí hodnot koncentrace plavenin. Pod přehradami je vztah koncentrace plavenin a průtoku vody těžko prokazatelný. Často jsou tyto hodnoty ve vztahu nepřímé úměrnosti, což poukazuje na relativní rovnoměrnost odtoku plavenin.

Sedimentace je daleko výraznější ve větší nádrži Hracholusky. Množství usazených plavenin ovlivňují rozdíly v odtokových bilancích jednotlivých let. V letech, kdy se usadil největší objem plavenin (absolutní množství), zaznamenáváme i nejsilnější sedimentaci (relativní podíl usazenin na přítoku plavenin).

Pro uvedený orientační odhad jsme vzali v úvahu, že nezanedbatelná část plavenin přitéká z povodí Úterského potoka přímo do nádrže Hracholusky (toto množství není zahrnuto do bilance ve stanici Stříbro).

Podle Kemela (1991) je pro životnost nádrže určující zanášení stálého (mrtvého) objemu. Z tabulky 6 je patrné, že intenzita zanášení sledovaných nádrží není z hlediska jejich objemu vážným problémem. U obou přehradních nádrží zjišťujeme přibližně stejný roční relativní úbytek stálého objemu. Schopnost vodního díla Hracholusky zachycovat mnohem větší množství plavenin je podmíněna nejen větším objemem, ale i protáhlým tvarem nádrže. Délka vzdutí nádrže je 20,4 km. Vodní dílo České údolí ovlivňuje především režim odtoku plavenin.

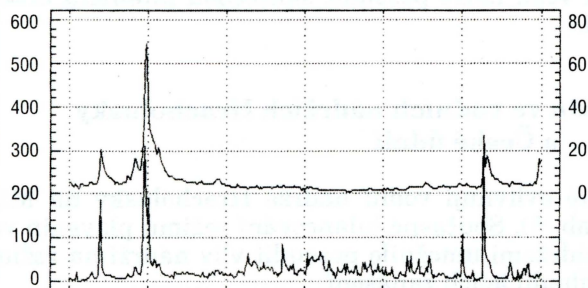
Tab. 5 – Porovnání charakteristik nádrží (podle Vlček a kol. 1984)

Nádrž	Výška hráze (m)	Vodní plocha (ha)	Maximální hloubka (m)	Celkový objem (mil. m ³)	Stálý objem (mil. m ³)
Hracholusky	34	470	31,4	57,00	6,58
České údolí	13	152	7,6	5,34	0,64

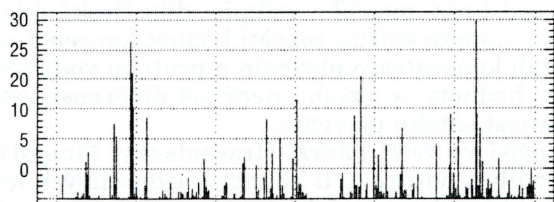
Tab. 6 – Odhad zanášení nádrží (průměrné hodnoty)

Nádrž	Hracholusky	České údolí
Roční přítok plavenin do nádrže (tis. t)	12	10
Podíl zachyceného množství plavenin (%)	88	45
Roční množství zachycených plavenin (tis. t)	10,60	4,5
Roční úbytek původního stálého objemu (%)	0,16	0,7

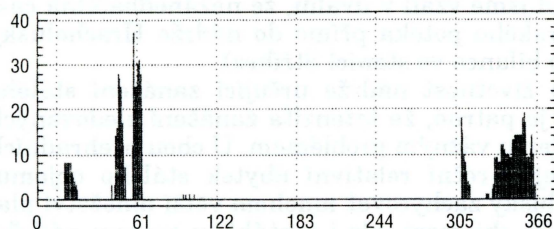
a) Koncentrace plavenin a průběh vody



b) Srážky



c) Sněhová pokrývka



Obr. 1 – Průběh denních hodnot obsahu plavenin a průtoku vody (a), úhrnu srážek na povodí (b) a výšky sněhové pokrývky (c) v období leden 1990 – prosinec 1990 ve stanici Stříbro na Mži. Obr. 1a: vodorovná osa – dny; levá svislá osa – koncentrace plavenin (mg.l^{-1}); pravá svislá osa – průtok vody ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$). Obr. 1b: osa x – dny; osa y – srážky v mm. Obr. 1c: osa x – dny; osa y – sněhová pokrývka v cm.

Charakteristika režimu plavenin

Režim plavenin je utvářen pod vlivem jednotlivých meteorologických situací v povodí, které podmiňují erozi a ovlivňují vodnost (transportní kapacitu) toků (obr. 1). Vznik a transport plavenin dále probíhá v závislosti na charakteristikách povodí (velikost a tvar povodí, erozní poměry, charakter koryta atd.). V místech větších bodových zdrojů (odpadní vody) může docházet k výraznému ovlivnění režimu plavenin v situacích při nízkém od-

toku vody (připadá v úvahu u stanice Stříbro).

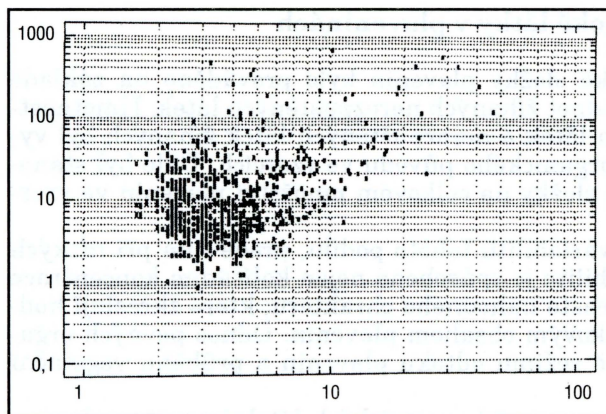
Protože je odtok plavenin úměrný množství vody v řece, jsou pro celkový roční odtok plavenin zpravidla rozhodující situace při jarním tání sněhu (březen, duben), kdy podle charakteru oblevy může, anebo nemusí dojít k výraznému odtoku plavenin. K povodňovým situacím však může na našich tocích docházet prakticky kterýkoliv měsíc v roce. Zvýšení koncentrace plavenin je spojeno s relativně velkým nárůstem průtoku, a zatímco průtok často zůstává zvýšený i v následujících dnech, koncentrace ihned klesá. Porovnáním jednotlivých situací bylo zjištěno, že vrchol koncentrace plavenin zpravidla předchází kulminačnímu průtoku vody.

Určitým trendem se jeví zvýšení koncentrace plavenin v letním období, kdy relativně malý nárůst průtoku přináší velké zvýšení koncentrace. S tím souvisí velmi dobrá shoda výskytu extrémních hodnot kalnosti a vysokého srážkového úhrnu (především v létě). Výskyt lokální srážkové epizody tak může vysvětlovat i zvýšení kalnosti bez větší odezvy v průtoku vody. Obecně můžeme konstatovat, že ve druhé polovině roku (květen – říjen) je závislost koncentrace plavenin na srážkové činnosti těsnější než na průtoku.

V období listopad – duben je třeba posuzovat srážkovou činnost společně s výskytem sněhové pokrývky, která může tvořit zásobu vody pro povrchový odtok (rychlé tání). Sníh tak umožňuje nebo znemožňuje vznik erozního materiálu. Největší odtok plavenin nastává po rychlém tání sněhu (podporovaném deštěm a výrazným oteplením). Pokud je tání sněhu pozvolné, nevyvolává výrazné zvýšení kalnosti. V zimních měsících může vysoký odtok plavenin probíhat i ve dnech, kdy neleží sněhová pokrývka (často v dolních částech povodí) a déšť dopadá na povrch nechráněný vegetací. Nejmenší odtok plavenin je zaznamenáván, pokud srážky vypadávají v podobě sněhu na celém povodí.

Vazba obsahu plavenin na příčinné faktory

Pozornost se soustřeďuje na vztah koncentrace plavenin a běžně měřených veličin charakterizujících situace při vzniku a transportu plavenin, tedy na průtok vody a úhrn srážek.



Obr. 2 – Příklad závislosti koncentrace plavenin na denním průtoku vody (Úhlava – Štěnovice, 1989-92, logaritmická stupnice). Osa x – průtok vody ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); osa y – koncentrace plavenin ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$).

(např. stálá intenzita bodových zdrojů). Konstantní tedy zůstává i součin koncentrace plavenin i a průtoku vody, což předurčuje hyperbolickejší charakter popisovaného vztahu. Nejvýraznější je tento jev v profilech pod přehradou.

Možnosti matematického vyjádření vztahu mezi koncentrací plavenin a průtokem vody byly ověřovány regresní analýzou. Testovány byly klasické typy matematických modelů (lineární, kvadratický, mocninový, exponenciální, hyperbolickejší). Z rozboru plaveninového režimu je zřejmé, že změna průtoku silně podmiňuje zvyšování koncentrace plavenin.

Na základě poznatků z analýzy časových řad byl proto vytvořen nový model závislosti ve tvaru

$$c = A + B \cdot Q + C \cdot \Delta Q,$$

kde A , B , C představují regresní koeficienty, c je kalnost, Q prům. denní průtok a ΔQ představuje rozdíl průtoku oproti předchozímu dni. Tento model vykazoval nejlepší kvalitu.

Z grafického vyjádření vztahu koncentrace plavenin k průtoku vody (obr. 2) vyplývá, že při minimálním průtoku nenastává minimální koncentrace plavenin v řece. Nejmenší koncentrace plavenin (menší než $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) byla v profilu Úhlava – Štěnovice zaznamenávána při průtocích $2 - 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při minimálních průtocích však dosahuje koncentrace plavenin nezářídka hodnot nad $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Tento jev lze vysvětlit tím, že při nižším průtoku vody zůstává průtok plavenin do značné míry konstantní

Z rozboru vztahu srážkové činnosti a koncentrace plavenin v profilu Stříbro vyplývá předpoklad o možnosti využití srážkových charakteristik v regresních modelech. Nejtěsnější lineární závislost vykazovala koncentrace plavenin a časová řada srážkových úhrnů posunutá o dva dny dopředu (tedy vazba na předminulý den). Tento fakt je ovšem závislý na poloze měrného profilu v daném povodí.

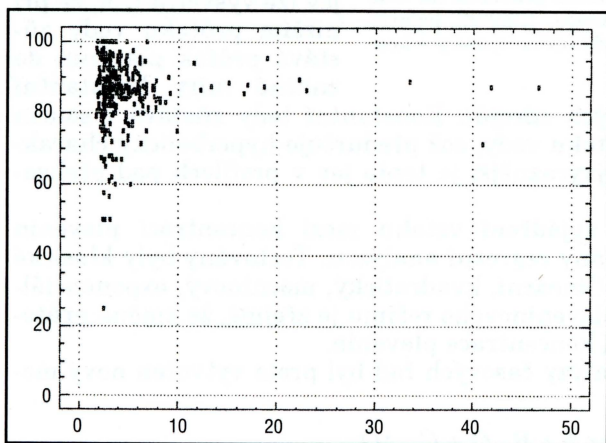
Regresní analýza prokázala závislost mezi hodnotami koncentrace plavenin a jednoduchými charakteristikami příčinných faktorů. Nelze však uvažovat o přímém využití zjištěných regresních vztahů např. při doplňování chybějících hodnot koncentrací plavenin podle průtoku. Vztah k příčinným faktorům je složitější a druh závislosti se mění podle konkrétní srážkoodtokové situace. Pro velké soubory dat proto vychází jako nejlepší kompromis lineární závislost, která však k modelování nepostačuje. Doporučuji zde zaměřit pozornost při regresní analýze pouze na období zvýšených průtoků, které jsou z hlediska bilance rozhodující.

Organické látky v plaveninách

Hodnocení podílu organické složky plavenin bylo prováděno na základě ročních souborů zjištěných hodnot žíhaných nerozpuštěných látek. Hmotnostním rozdílem nerozpuštěných látek a nerozpuštěných látek žíhaných byl vyjádřen obsah pevných látek organického původu ve vzorcích. Dále byl stanoven relativní podíl organické složky na celkovém množství plavenin ve vzorku.

Výsledky ukázaly velkou variabilitu tohoto podílu, především při nízkých průtocích (obr. 3). Tato variabilita je způsobena nejen kolísáním koncentrace plavenin, ale i dalšími vlivy často náhodného charakteru, které zkreslují hodnocení u vzorků s malým celkovým obsahem plavenin. Odnos pevných organických látek podléhá obecně režimu odtoku plavenin a průběhu vegetační sezónnosti.

Rozhodující množství odnosu pevných organických látek je opět vázáno na situace s vysokým odtokem vody. Hodnocení vzorků z těchto situací vykazuje menší rozptyl hodnot podílu organické složky. Podíl organických látek se u těchto vzorků pohyboval v intervalu 10 – 25.



Obr. 3 – Podíl nerozpuštěných žíhaných látek z celkového množství nerozpuštěných látek (v %) ve vzorku v závislosti na denním průtoku vody (Úhlava – Štěnovice, 1991). Osa x – průtok vody ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); osa y – podíl v %.

Závěr

Na základě vyhodnocení denních koncentrací plavenin v pěti vodoměrných stanicích byla potvrzena platnost obecnějších zákonitostí plaveninového režimu i na zdrojnicích Berounky.

Prokázalo se, že odnos plavenin probíhá v tocích velice nerovnoměrně. Nerovnoměrnost odtoku plavenin je vyšší v porovnání s odtokem vody. Odtok vody z povodí dobíhá po dopadu srážek s větší setrvačností v závislosti na retenční kapacitě povodí. Průtok vody je v našich tocích zaručen základním odtokem. Odtok plavenin se však váže na povrchový odtok a probíhá tedy nárazově. Existence jistého minimálního odtoku plavenin je celoročně zajištěna resuspendací materiálu v korytě a produkci z bodových zdrojů znečištění.

Pro získání reprezentativnějších charakteristik režimu je nutné pokračovat ve vyhodnocování stále se rozšiřujících časových řad. Pozornost je přitom třeba zaměřit na detailní studium situací s vysokým odtokem plavenin.

Literatura:

- DOLEŽAL, L., VAŠÁTKO, J. (1992): Režim plavenin na vybraných řekách v Čechách. Práce a studie ČHMÚ, sešit 21. ČHMÚ, Praha.
- HOŠEK, A., SOCHOREC, R. (1984): Metody pozorování, měření a vyhodnocování režimu plavenin. Sborník prací ČHMÚ, 29, ČHMÚ, Praha, s. 29-46.
- JANSKÝ, B., ŠMÍDOVÁ, J. (1988): Metody izučení mutnosti vodotoků v české části basenu Labě a Lužickoj Nisy. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, XXIII, č. 1, UK, Praha.
- KEMEL, M. (1991): Hydrologie. ČVUT, Praha.
- KLIMENT, Z., NEUMANNOVÁ, R. (1993): The Analysis of the Suspended and Dissolved Load in the Berounka River Catchment Area. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, XXVIII, č. 2, UK, Praha.
- KOPP, J. (1994): Režim plavenin na Mži, Radbuze a Úhlavě. Diplomová práce, PřF UK, Praha.
- PETRŮJOVÁ, T., DOSTÁL, I. (1991): Režim plavenin na šesti vodoměrných profilech Jihomoravského kraje v letech 1985 – 1987. Sborník ČHMÚ, 39, ČHMÚ, Praha.
- PETRŮJOVÁ, T., DOSTÁL, I., KOHOUT (1991): Vyhodnocení režimu plavenin (pobočka Praha). ČHMÚ, pobočka Brno.
- VLČEK, V. a kol. (1984): Vodní toky a nádrže. Academia, Praha.

Summary

SUSPENDED SEDIMENT ANALYSIS: CASE STUDY OF BEROUNKA SOURCES

Suspended sediments dominate among the solid particles transported by Czech rivers. Data on suspended sediments have been systematically collected since the hydrological year 1985. At present there are 48 such observing sites. Samples are taken once in a day. An integrated method using a special device bound to a manipulating bar has been adopted. Several samples per day are taken in high water periods. Samples are then examined in laboratory by filtration and drying (105 °C) or by calcination (600 °C).

Relatively dry periods prevailed over most of the examined time; 1994 and 1995 were the only exceptions to this rule. The data collected reached its maximum during the flood in December 1993 which affected the whole Berounka Basin (Figure 3). Suspended load shows highly irregular patterns. Most suspended sediments are collected over a relatively short period of time. Two thirds of the annual suspended sediment amount are transported in the course of 29-33 days in year. 71,3 % of annual suspended sediment amount has been transported over three days during the December 1993 flood. It has been estimated that 8,000 – 12,000 tons of suspended sediment is being transported through the examined observing sites every year. It equals the loss of some 2-4 tons of soil per 1 hectare of arable land. Compared to other Czech regions these are below-average amounts.

Data on suspended sediment are markedly influenced by the Hracholusky Lake (Mže River) and České Údolí Lake (Radbuza River; Table 6). Given the amount of settled sediments and the volume of water in both lakes, however, there is no immediate danger of siltation. In terms of annual suspended load the spring period with melt water is usually the most important one. High amounts of suspended sediment have also been observed in summer. Since this was mostly due to local rains, it does not correspond with high water periods.

The relation between suspended sediment amount and water flow is best explained by the formula $c = A + B.Q + C.\Delta Q$ (c – suspended sediment amount; Q – average daily flow; ΔQ – flow difference between the examined and previous days). Precipitation data could also become part of the regression models.

Most organic particles in suspended sediment are also being transported in high water periods. In such situations the share of organic particles shows relatively low variation (10-25 %).

In order to obtain statistically more relevant data it would be necessary to continue investigation and to improve the technical background.

Fig. 1 – Daily data on suspended sediment amount and water flow (a), precipitation (b) and snow cover (c) in the period January-December 1990 (Stříbro, Mže). Fig. 1a: horizontal axis – days; left perpendicular axis – suspended sediment amount (mg/l); right perpendicular axis – water flow (m^3/s). Fig. 1b: x axis – days; y axis – precipitation (mm). Fig. 1c: x axis – days; y axis – snow cover (cm).

Fig. 2 – The effect of daily water flow on the suspended sediment concentrations (Úhlava – Štěnovice, 1989-1992; logarithmic scale). X axis – water flow (m^3/s); y axis – suspended sediment concentration (mg/l).

Fig. 3 – The share of solid calcinated material on the total amount of solid material (%) as influenced by the water flow (Úhlava, Štěnovice, 1991). X axis – water flow (m^3/s); y axis – %.

(Pracoviště autorů: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2.)

Do redakce došlo 14. 4. 1997

Lektorovali Bohumír Janský a Jakub Langhammer