

MILADA ŠVÁCHOVÁ

## JAKOST POVRCHOVÝCH VOD V POVODÍ RAKOVNICKÉHO POTOKA

M. Šváchová: *Groundwater quality in the Rakovnický potok Brook catchment area.* – Geografie-Sborník ČGS, 102, 2, pp. 118 – 129 (1997). – The first comprehensive research of the Rakovnický potok Brook catchment area is based on the analysis of groundwater quality. The impact of physical-geographical conditions of the catchment area and of socio-economic anthropogenous activities in the monitored region on the water component of the landscape has been evaluated.

KEY WORDS: groundwater quality – class of quality – water pollution – revitalization.

### 1. Úvod

Současný stav tekoucích vod v České republice není příliš uspokojivý. Většina vodních toků se dnes výrazně liší od stavu přírodního nebo přírodě blízkého a rovněž neodpovídá dnešním představám o kvalitě krajiny a jakosti povrchových vod. Tuto všeobecnou charakteristiku lze rovněž použít v případě povodí Rakovnického potoka.

### 2. Cíl a materiál

Cílem mé práce bylo zhodnocení vývoje a současného stavu jakosti povrchových vod v zájmovém území. Zároveň jsem se použitím různých hodnotících metod pokusila vysvětlit příčiny zjištěných skutečností. Tyto informace měly být základem pro plánování dalších lidských aktivit ve sledovaném území a zároveň by měly posloužit při rozhodování o opatřeních, které by vedly ke zlepšení jakosti vod v povodí.

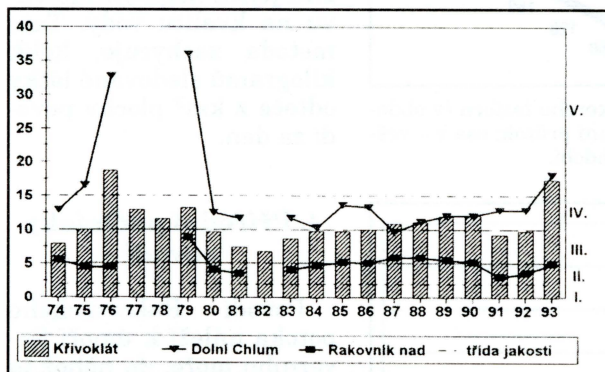
Jako základní informační pramen byla využita data podniku Povodí Vltavy a.s., sledovaná ve třech základních profilech, a to „Rakovník nad“, „Dolní Chlum“ a „Křivoklát“ z časového období 1973-93. Tato pozorovací řada byla však v profilech „Rakovník nad“ a „Dolní Chlum“ v letech 1977, 1978 a 1982 přerušena. Data byla rovněž doplněna vlastními odběry povrchových a odpadních vod.

Sledovanými ukazateli jakosti povrchových vod byly: biochemická spotřeba kyslíku ( $BSK_5$ ), chemická spotřeba kyslíku ( $CHSK_{Mn}$ ), rozpuštěné a nerozpuštěné látky (RL a NL), celkové železo ( $Fe_{celk}$ ), amoniakální dusík ( $N-NH_4^+$ ), dusitanový a dusičnanový dusík ( $N-NO_2^-$  a  $N-NO_3^-$ ), celkový a fosforečnanový fosfor ( $P_{celk}$  a  $P-PO_4^{3-}$ ) a „coli bakterie“.

### 3. Metody práce

K analýze jakosti povrchových vod byly použity běžné, popř. mírně modifikované hodnotící metody. Základním způsobem klasifikace jakosti povrchových vod je zařazení do jakostních tříd s použitím soustavy mezních hodnot, které stanovuje ČSN 757221. Hodnocení dle této metody bylo použito ve všech sledovaných profilech. Výsledky byly zpracovány formou tabulek a grafů (viz tab. 1, obr. 1).

Dále bylo provedeno hodnocení dlouhodobého vývoje koncentrací jednotlivých jakostních ukazatelů ve třech základních profilech pomocí metody výpočtu ročních aritmetických průměrů a výpočtů mediánů jednotlivých roků. Vý-



Obr. 1 – Biochemická spotřeba kyslíku BSK<sub>5</sub>. Levá svislá osa – charakteristické hodnoty Cp=90 % pro BSK<sub>5</sub> (mg/l); pravá svislá osa – jakostní třídy; vodorovná osa – roky.

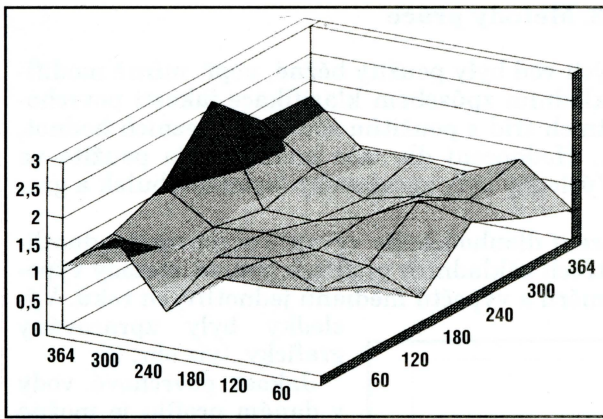
sledky byly zpracovány graficky, (viz obr. 9).

Jakost povrchové vody v daném profilu je možné dále hodnotit na základě závislostního hodnocení. Základní metodou je hodnocení závislosti jakosti vody na průtoku. Ve zkoumaném souboru dat však žádný z ukazatelů nevykazoval jednoznačnou závislost na průtoku, jakožto jediném parametru. Proto bylo použito metody, v níž je sledována závis-

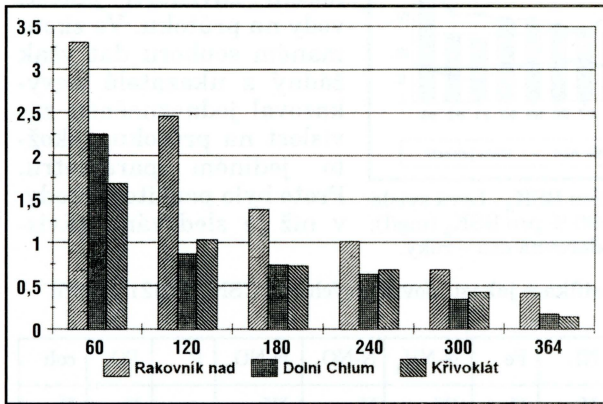
Tab. 1 – Třídy jakosti vody dle „Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 727521“, profil Křivoklát

Rok	BSK <sub>5</sub>	ChSK <sub>Mn</sub>	RL	NL	Fe	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	PO <sub>4</sub>	coli
1973-74	III.	III.	III.	II.	II.	IV.	V.	III.	xxx	V.	V.
1974-75	III.	III.	III.	III.	II.	IV.	V.	III.	xxx	IV.	V.
1975-76	V.	III.	III.	III.	II.	V.	V.	III.	xxx	V.	V.
1976-77	IV.	III.	III.	IV.	III.	V.	V.	III.	V.	V.	V.
1977-78	IV.	IV.	III.	V.	III.	V.	V.	IV.	V.	V.	V.
1978-79	IV.	V.	III.	V.	IV.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.
1979-80	III.	III.	III.	V.	IV.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.
1980-81	III.	II.	III.	IV.	IV.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.
1981-82	III.	II.	III.	IV.	III.	IV.	V.	IV.	xxx	IV.	V.
1982-83	III.	II.	III.	IV.	III.	IV.	V.	IV.	xxx	IV.	V.
1983-84	III.	III.	III.	V.	IV.	IV.	V.	IV.	xxx	IV.	V.
1984-85	III.	III.	III.	V.	IV.	IV.	V.	IV.	IV.	IV.	V.
1985-86	III.	III.	III.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.
1986-87	IV.	III.	III.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.	IV.	V.
1987-88	IV.	III.	III.	IV.	V.	IV.	V.	V.	V.	IV.	V.
1988-89	IV.	III.	III.	V.	IV.	IV.	V.	V.	V.	V.	V.
1989-90	IV.	III.	III.	V.	IV.	IV.	V.	IV.	V.	V.	V.
1990-91	III.	III.	III.	IV.	III.	IV.	V.	IV.	V.	V.	V.
1991-92	III.	III.	III.	IV.	IV.	IV.	V.	III.	V.	V.	V.
1992-93	V.	IV.	III.	V.	V.	IV.	V.	IV.	V.	V.	V.

Pozn.: xxx – chybějící data; I. třída – velmi čistá voda, II. třída – čistá voda, III. třída – znečištěná voda, IV. třída – silně znečištěná voda, V. třída – velmi silně znečištěná voda.



Obr. 2 – Závislostní hodnocení veškerého fosforu (v období 1977-80, 1985-93). Osa x – M-denní průtok; osa y – veškerý fosfor (mg/l); osa z – N-roční období.



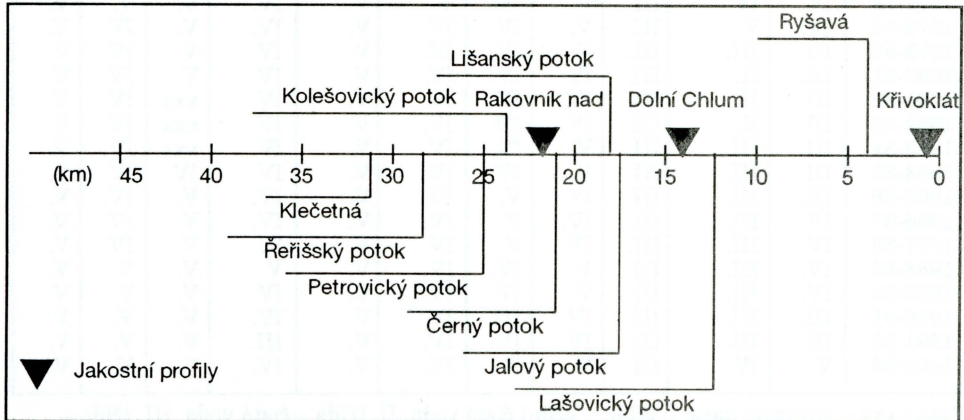
Obr. 3 – Hodnocení specifického látkového odnosu pro ukazatel N-NO<sub>3</sub>. Osa x – M-denní průtok; osa y – N-NO<sub>3</sub> v kg/(km<sup>2</sup>/den).

lost na dvou komplexních parametrech, a to na překročeném průtoku a roční době, neboli na pořadí dne v roce (viz obr. 2).

Poslední hodnotící metodou byla bilance specifického látkového odnosu (obr. 3), která charakterizuje především plošné zdroje znečištění a intenzitu jejich negativního vlivu na kvalitu vody. Tato metoda zachycuje, kolik kilogramů sledované látky odtéče z km<sup>2</sup> plochy povodí za den.

#### 4. Přírodní podmínky povodí

Povodí Rakovnického potoka náleží k úmoří Severního moře, do něhož je voda odváděna Berounkou, Vltavou a Labem. Rakovnický potok je tokem IV. řádu. Pramení ve výšce 569 m n. m. a ústí zleva do řeky Berounky na jejím 178,2 říčním km v nadmořské výšce 235 m. Odvodňuje území o ploše 368,143 km<sup>2</sup>, délka toku



Obr. 4 – Hydrografické schéma povodí. A – jakostní profily.



od pramene k ústí je rovna 48,4 km. Hydrografické schéma povodí je znázorněno na obr. 4.

Tok protéká dvěma geologicky odlišnými jednotkami. V severozápadní části povodí se vyskytují převážně permokarbonské sedimenty (slepence, pískovce a jílovce), v jihozápadní části jsou zastoupeny převážně proterozoické formace (břidlice, spility a fylity).

Geomorfologicky náleží sledované území Poberounské soustavě. Ta se člení na dvě oblasti: Brdskou podsoustavu a Plzeňskou pahorkatinu. Jádrem celého území je Rakovnická kotlina, která tvoří tektonickou a strukturální sníženinu na permokarbonských prachovcích, jílovcích, pískovcích a slepencích. Je charakteristická jednotvárným, mírně zvlněným denudačním povrchem, sklánějícím se od severozápadu k jihovýchodu se sníženými zarovnanými povrchy pliocénního a staropleistocénního stáří a široce rozevřenými údolními stromovité vodní sítě. Po obvodu je tato sníženina lemována pahorkatinným reliéfem, Petrohradskou pahorkatinou, Pavlíkovskou pahorkatinou, Klíčavskou pahorkatinou a Řevničovskou pahorkatinou.

Značnou rozlohu území zaujímají chráněná území. Nacházejí se zde dva přírodní parky: Jesenicko a Džbán a chráněná krajinná oblast Křivoklátsko. Přírodní park Jesenicko pokrývá západní část povodí (obr. 5). Velice významnou krajinnou funkci zde plní jesenická rybníční soustava, která je zároveň



Obr. 5 – Koryto Rakovnického potoka na území Přírodního parku Jesenicko

cenným vodním ekosystémem. Přírodní park Džbán zasahuje do povodí pouze okrajovou severní částí. Tato oblast je zajímavá především svými geomorfologickými poměry. Dochází zde k velice intenzivní sva-hové modelaci, četným sesuvům a odlamování křídových vrstev. Do východní části povodí zasahuje CHKO Křivoklátsko, která se řadí k výjimečným územím naší republiky, především díky lesnatosti v pahorkatinném stupni, s dosud ještě přirozenou strukturou porostů. Prakticky celá oblast Křivoklátska spadá do fytogeografické oblasti mezofytika s vegetací a květenou mírně teplého pásma. Z klimaxových vegetačních typů jsou typické habrové doubravy, ve vyšších polohách bučiny. Z nelesních společenstev je významná koncentrace xerothermní vegetace. Právě na tomto území se nachází ještě řada neznečištěných



toků, vesměs drobných přítoků Rakovnického potoka. Problematická je právě otázka jakosti povrchových vod Rakovnického potoka, jehož dolní tok protéká touto chráněnou krajinnou oblastí a biosférickou rezervací UNESCO.

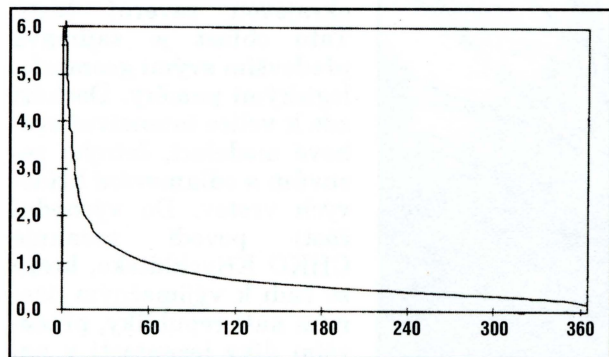
## 5. Srážko-odtokové poměry povodí

Srážkově se zájmové povodí ve srovnání s průměrným úhrnem srážek České republiky pohybuje pod jeho normálem. Na území spadne ročně přibližně 500 – 550 mm srážek. Průměrný roční úhrn srážek ve vegetačním období se pohybuje okolo 350 mm, v zimním období dosahuje 200 mm. Měsíce nejbohatší na srážky jsou červenec a srpen (70 – 80 mm za měsíc), naopak leden a únor mají nejnižší srážkové úhrny (25 – 30 mm za měsíc).

Průměrný dlouhodobý průtok je ve výustím profilu Křivoklát roven 0,786 m<sup>3</sup>/s. Odtokové poměry v průběhu roku je možné označit za mírně nevyrovnané, největší odtok připadá na jarní období (32,8 %). Léto se podílí na odtoku 27,8 %, podzim 19,1% a zima 20,5 %.

Tab. 2 – M-denní průtoky ( v m<sup>3</sup>/s za období 1970-90)

profil	Q <sub>30</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>180</sub>	Q <sub>270</sub>	Q <sub>330</sub>	Q <sub>355</sub>	Q <sub>364</sub>
1110313 Rakovník	1,430	0,807	0,544	0,378	0,280	0,206	0,178



Obr. 6 – Čára překročení denních průtoků z období 1970-90, profil Rakovník. Osa x – překročení (dny v roce); osa y – denní průtok (m<sup>3</sup>/s).

Z hodnocení čar průtoků a čar překročení je možno vyzorovat poměrnou vyrovnanost průměrných denních průtoků, především v oblasti nízkých stavů průtoků. Pro toto povodí je typické poměrně dlouhotrvající období nízkých stavů průtoků Q<sub>240</sub>–Q<sub>360</sub> (obr. 6).

S největší rozkolísaností průměrných denních průtoků se setkáváme v letní části roku, kde je možno rovněž zaznamenat maxima, která jsou způsobena intenzívními dešťovými srážkami.

## 6. Socioekonomická charakteristika území

Z hlediska ekonomických aktivit je možno tuto oblast označit za průmyslo- zemědělskou. Keramické obkladačky, prací a čistící výrobky, chmel – to jsou nejznámější produkty, jejichž výroba je významná nejen pro místní region, ale i v celostátním měřítku.

Na území povodí žije v současné době přibližně 32 000 trvale bydlících obyvatel, přičemž průměrná hustota obyvatelstva se pohybuje okolo 66 obyvatel na km<sup>2</sup>. Největším sídlem v povodí je okresní město Rakovník se 17 000 obyvateli.



Obr. 7 – Rakovnický potok, výpust odpadních vod z čistírny odpadních vod Rakovník

Dynamicky se rozvíjející průmyslová výroba je koncentrována do města Rakovník a jeho blízkého okolí. Největší podíl zaujímá chemický průmysl, zastoupený společností Procter&Gamble Rakona a.s.; následuje odvětví stavebních hmot s dominantními Rakovnickými keramickými závody, dále průmysl strojírenský s podniky TOS Rakovník a.s. a Ateso Rakovník. Nejstarší dva závody zastupují potravinářský průmysl, jedná se o pivovary Rakovník a Krušovice.

Převážná část průmyslových podniků města Rakovníka je připojena na městskou kanalizaci, která společně odvádí průmyslové a komunální odpadní vody do čistírny odpadních vod. Tato čistírna odpadních vod byla uvedena do provozu v roce 1970. Z důvodu neustálého růstu počtu obyvatel města, ale především díky nárůstu průmyslové výroby dochází k hydraulickému i látkovému přetížení uvedené čistírny.

K největším přímým znečišťovatelům v zájmovém povodí náleží: ČOV Rakovník (obr. 7), ČOV pivovaru Krušovice, Rakovnické keramické závody RKZ 01, Ateso 03 a ČOV Čížkov (tab. 3).

Nemalou měrou se na znečištění toků podílí zemědělská výroba, která je v povodí Rakovnického potoka rovněž významnou hospodářskou aktivitou.

Tab. 3 – Sledování přímí znečišťovatelé povrchových vod v povodí Rakovnického potoka

Znečišťovatel	BSK <sub>5</sub> (t/rok)	Recipient
ČOV Pivovar Krušovice	5,50	Krušovický potok
ČOV Rakovník	140,00	Rakovnický potok
RKZ 01	5,80	Čistý potok
Ateso 03	0,25	Černý potok
ČOV Čížkov	0,80	Kolešovický potok



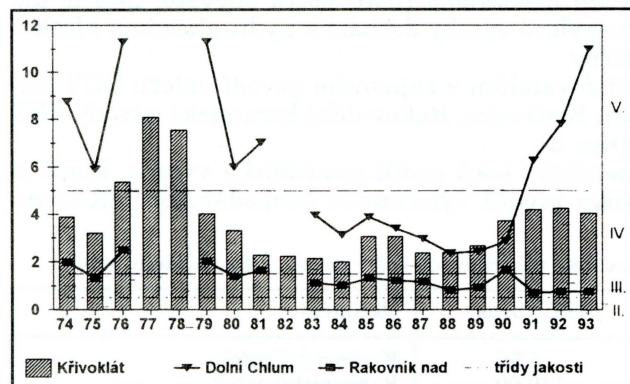
Zemědělská půda zaujímá 55 % povrchu povodí, z toho 84 % tvoří orná půda. V jižní části povodí převládají mělké písčité půdy, na kterých se pěstují převážné obilniny a brambory. Ve střední a severní části povodí se vyskytují hluboké jílovité, humusem bohaté půdy, které jsou využívány především pro pěstování chmele. Živočišná výroba je zaměřena na chov prasat a skotu. Jedním z hlavních problémů objektivního zhodnocení vlivu zemědělství na jakost povrchových vod je nedostatek podrobných informací, které by se týkaly jednotlivých katastrálních území (resp. obcí). Většina dostupných dat je vztažena pouze k jednotlivým okresům a velice často se jedná o pouhé odhady. Téměř nemožné je získání objektivních dat o množství aplikovaných průmyslových hnojiv a prostředků chemické ochrany.

## 7. Výsledky sledování jakosti vody

Po shrnutí všech dílčích poznatků lze povrchové vody zájmového území označit za znečištěné. Jakost tekoucích vod je zde samozřejmě primárně dána fyzikogeografickými poměry (geologickými, geomorfologickými a klimatickými), avšak socioekonomické aktivity člověka, především dynamicky se rozvíjející průmyslová výroba, mají na jakost povrchových vod značný negativní vliv.

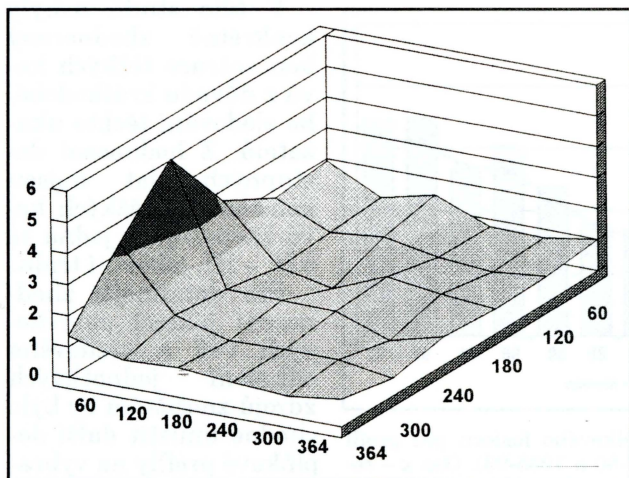
Závislostní analýza a metoda výpočtu specifického látkového odnosu prokázaly, že se v zájmovém povodí setkáváme s bodovými a zároveň plošnými zdroji znečištění. Z vyhodnocení dat dle „Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 75 7221“ jednoznačně vyplývá silné znečištění středního a dolního toku Rakovnického potoka (profily Dolní Chlum a Křivoklát). Horní část toku (profil Rakovník nad) a zvláště přítoky na území chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko vykazují – s výjimkou sloučenin dusíku (obr. 8) – nižší míru znečištění.

Pro dané povodí jsou charakteristické poměrně vysoké koncentrace rozpuštěných i nerozpuštěných látek a veškerého železa (obr. 9), související s fyzikogeografickými poměry povodí, ale také s nízkým zalesněním a intenzívní rostlinnou výrobou. Západní, střední a severní část povodí je málo zalesněná a značná část zdejších zemědělských ploch je využívána pro pěstování chmele. Především v letním období při intenzívní srážkové činnosti dochází k vodní erozi, k vyplavování

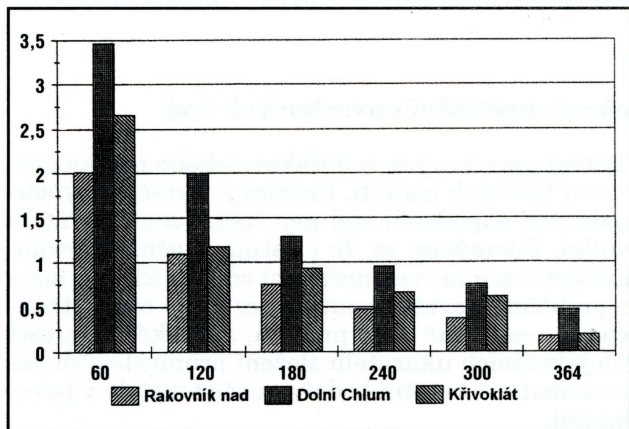


Obr. 8 – Amoniakální dusík N-NH<sub>4</sub>. Levá svislá osa – charakteristické hodnoty Cp=90 % pro N-NH<sub>4</sub> (mg/l); pravá svislá osa – jakostní třídy; vodorovná osa – roky.

ní erozi, k vyplavování a unášení těchto látek do toků. Závislostní hodnocení prokázalo, že se zde uplatňují především plošné zdroje znečištění, neboť nejvyšší koncentrace se objevují v nejvyšších vodnostech v jarní a letní části roku. Na zvyšování koncentrací nerozpuštěných látek v tocích se však také podílejí bodové zdroje, např. průmyslové odpadní vody Rakovnických keramických závodů.



Obr. 9 – Závislostní hodnocení veškerého železa (v období 1973-90, 1992-93). Osa x – M-denní průtok; osa y – veškerý fosfor (mg/l); osa z – N-roční období.



Obr. 10 – Hodnocení specifického látkového odnosu pro ukazatel  $BSK_5$ . Osa x – M-denní průtok; osa y –  $BSK_5$  v  $kg/(km^2/den)$ .

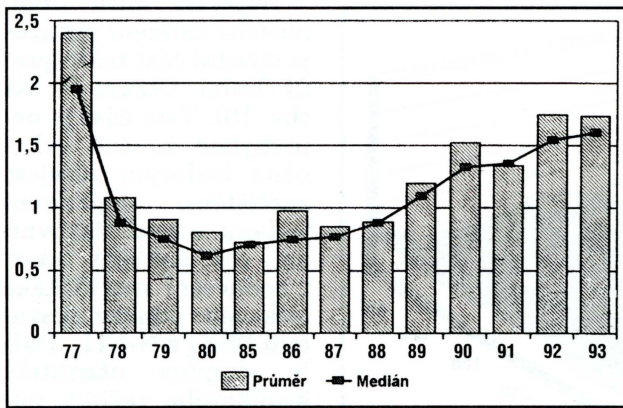
Hodnocení vývoje koncentrací dusičnanů signalizovalo snížení koncentrací  $N-NO_3$  od roku 1990, které by mohlo být způsobeno poklesem množství aplikovaných průmyslových hnojiv z důvodu nedostatku finančních prostředků a zefektivnění výroby u soukromých zemědělců. Toto je však pouhá hypotéza, kterou není možné prokázat konkrétními údaji. Domnívám se, že koncentrace těchto látek jsou rovněž velice ovlivňovány klimatickými poměry, především množstvím, intenzitou a rozložením srážek v daném období.

Za obzvláště znepokojivé pokládám vysoké koncentrace sloučenin fosforu na středním a dolním toku (V. třída jakosti), které od roku 1989 vykazují narůstající tendenci. Paradoxem je, že ač byl prokázán jejich bodový charakter znečištění, nejsou jeho koncentrace ve vypouštěných odpadních průmyslových vodách limitovány a sledovány (obr. 11).

Nejvyšší míru organického zatížení vykazuje střední část toku (profil Dolní Chlum – viz obr. 10). Tato část je nepochybně značně ovlivněna bodovým zdrojem znečištění, odpadními vodami města Rakovníka, což dokládá např. i hodnocení specifického látkového odnosu ukazatelů  $BSK_5$  a  $N-NH_4$ . Podle skupiny ukazatelů kyslíkového režimu náleží Rakovnický potok v profilech Dolní Chlum a Křivoklát převážně do III. a IV. jakostní třídy, jedná se o vody znečištěné až velmi silně znečištěné.

Rovněž jako u převážné většiny toků České republiky se i v tomto povodí setkáváme se značným zatížením vod dusičnany a dusitany (IV. a V. třída jakosti). Přičemž nejvyšší koncentrace jsou typické pro horní část toku (obr. 3). Zdrojem těchto látek jsou plošné zdroje znečištění, pravděpodobně aplikace průmyslových hnojiv a rovněž nečištěné rozptýlené odpadní vody z venkovského osídlení.





Obr. 11 – Vývoj koncentrací celkového fosforu pro profil 1093 Krivoklát (pro období 1977-80 a 1985-93). Osa x – roky; osa y – fosfor (mg/l); sloupce – průměr; čára – medián.

kostní analýzu. Přínosem této studie by byla rovněž analýza vývoje od roku 1993 do současnosti, k tomuto účelu však bohužel nebyla k dispozici potřebná data.

## 8. Možnosti řešení znečištění povrchových vod

Řešení problematiky znečištění povrchových vod Rakovnického potoka spočívá podle mého mínění ve dvou hlavních bodech. Prvním je vyřešení vypouštění komunálních a průmyslových odpadních vod největšího znečišťovatele v povodí, tedy města Rakovníka. Domnívám se, že existuje značná nerovnováha mezi vodností toku a množstvím a mírou znečištění odpadních vod města Rakovníka. Řešení tohoto problému nevidím pouze v nezbytné rekonstrukci čističky odpadních vod, která v současné době probíhá, ale také v limitaci a nutné kontrole jednotlivých jakostních ukazatelů složení průmyslových odpadních vod. Nelze však opomenout ani ostatní bodové znečišťovatele v povodí – obce, velkochovy dobytka atd.

Druhým bodem je eliminace negativního vlivu plošných zdrojů znečištění, provedením protierozních opatření, snížení aplikace umělých hnojiv, vytvoření vegetačních ochranných pásů podél toků a provedení dalších vhodných revitalizačních opatření.

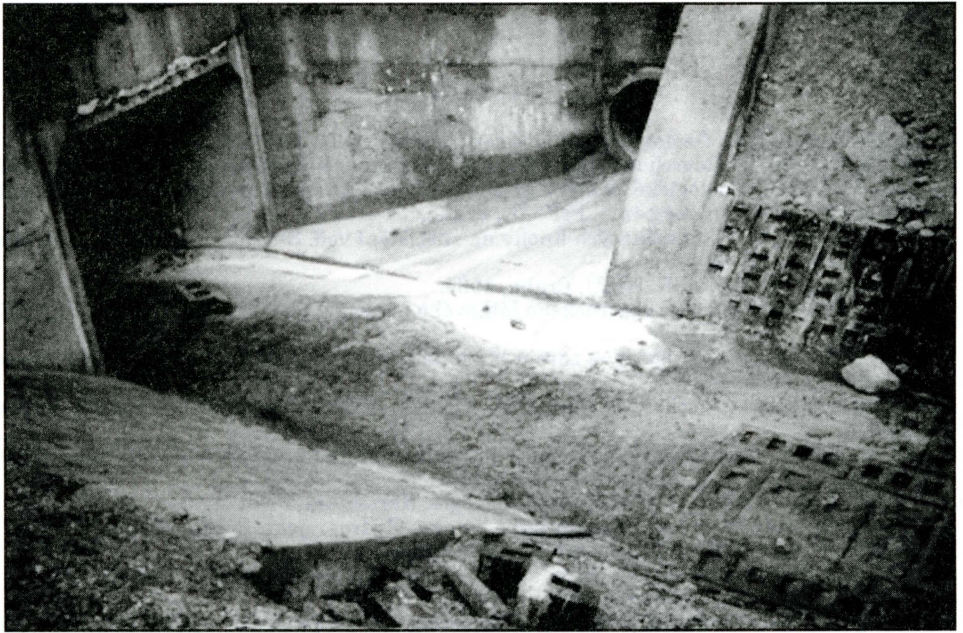
## 9. Současný trend – revitalizace říčních systémů

V současné době se v zahraničí, ale i u nás věnuje stále více pozornosti revitalizacím říčních ekosystémů. Pod tímto pojmem chápeme komplex opatření pro obnovu hydrologického, přírodě blízkého režimu v povodí. Cílem revitalizačních opatření by nemělo být dosažení určitého konečného stavu, nýbrž vytvoření takových podmínek, ve kterých by se tok mohl nadále samostatně vyvíjet.

V povodí Rakovnického potoka je možné zaznamenat i opačné trendy než revitalizační. Klasickým příkladem je provedená úprava koryta dolního toku

V této studii nebyly konkrétně zhodnoceny koncentrace těžkých kovů z důvodu krátkodobého sledování těchto ukazatelů. Z hodnocení dostupných dat nejsou koncentrace těžkých kovů znepokojivé, jedná se o II. – III. jakostní třídu.

Pro detailnější zhodnocení jakosti povrchových vod a především odhalení jednotlivých zdrojů znečištění by bylo vhodné umístit další doplňkové profily na vybraných přítocích hlavního toku a provést jejich ja-



Obr. 12 – Výpust odpadních vod závodu RKZ 01 po provedených úpravách.

Čistého potoka v lokalitě vypouštění odpadních vod Rakovnických keramických závodů, kde došlo k jeho napřímení a zpevnění břehů betonovými výstužemi (obr. 12).

Na území povodí došlo však již v průběhu osmdesátých let k realizaci rozsáhlých melioračních opatření, které zahrnovaly úpravy pozemků a napřímení od pramenné části Rakovnického potoka, až po město Rakovník, včetně přítoků. Celkový rozsah upravovaného území činil 150,48 km<sup>2</sup> a celková regulační délka 70,24 km. V současné době probíhá realizace revitalizačního projektu na dolním toku Lišanského potoka, jehož koryto bylo v minulosti napřímeno a opevněno.

Potenciálně vhodné prostory pro uplatnění dalších revitalizačních opatření se podle mého názoru nacházejí především na území přírodního parku Jesenicko, např. v pramenné oblasti Rakovnického potoka, kde by bylo zapotřebí vytvořit doprovodné vegetační pásy. Rovněž by mělo dojít k nápravě řešení koryta dolního toku Čistého potoka.

Veškerá revitalizační opatření by se měla na území povodí plánovat komplexně v návaznosti na řešení problematiky bodových a plošných zdrojů znečištění a celkovým hospodařením člověka v krajině.

## 10. Závěr

Pro všeobecné zlepšení stavu toků v zájmovém povodí je dle mého názoru zapotřebí, aby řídicí orgány města Rakovníka, Okresní úřad Rakovník, CHKO Krivoklátsko a v neposlední řadě i samotní znečišťovatelé zvýšily zájem o tuto problematiku. Prioritní úlohou je zajištění finančních prostředků pro rekonstrukci čistírny odpadních vod Rakovník a následovná revitalizační



opatření, což rovněž souvisí se zavedením efektivního plánování ve vodním hospodářství.

#### Literatura:

- BIDRMAN, F. (1932): Geologický popis okresu rakovnického. PpF UK, Praha.
- BULÍČEK, J. (1972): Povrchové vody v Československu a jejich ochrana. Academia, Praha.
- HRDÝ, V. (1958): Geologické poměry křídové výšiny Džbánů a permokarbonského okolí v Kladensko-rakovnické pánvi. PpF UK, Praha.
- HUSÁK, K. (1986): Vliv dusíkatých hnojiv na znečištění vod. Sborník ČGS, 91, č. 1, Academia, Praha, s. 28-39.
- Hydrologické poměry ČSSR. HMÚ, Praha, 1965.
- JANSKÝ, B. (1990): Bilance specifického látkového odnosu v Českém povodí Labe. PpF UK, Praha.
- JANSKÝ, B. (1982): Vliv plošných zdrojů látek na kvalitu povrchových vod v českém povodí Labe. PpF UK, Praha.
- Klasifikace jakosti povrchových vod, ČSN 757221. VÚV, Vydavatelství norem, Praha, 1989.
- KŘÍŽ, H. (1984): Task of Hydrogeography in utilization and protection of water resources. Sborník ČGS, 89, č. 2, Academia, s. 136-141.
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1992): Hydrobiologie. Karolinum, Praha.
- Meliorační opatření v povodí Rakovnického potoka. Hydroprojekt, Praha, 1970.
- NETOPIL, R. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha.
- PÁCAL, J. (1990): Hydrologický režim a kvalita vody Robečského potoka. PpF UK, Praha.
- PITTER, P. (1990): Hydrochemie. SNTL, Praha.
- PITTER, P. (1994): Současné problémy vlivu detergentů na prostředí a jejich řešení. Planeta, č. 12, Praha, s. 20-21.

#### Summary

### GROUNDWATER QUALITY IN THE RAKOVNICKÝ POTOK BROOK CATCHMENT AREA

The region monitored in this paper is the Rakovnický potok Brook catchment area belonging to the river system Berounka – Vltava – Labe. The brook is a water course of the IVth order, the catchment area covers 368.143 km<sup>2</sup>, the water course is, from its source to its mouthing, 48.4 km long. Geomorphologically it belongs to the area of the Berounka region system. The brook traverses two geologic units: Permian-Carboniferous sediments and Proterozoic formations.

The annual rainfall in the area is approximately 500 mm, the average flow in the mouting profile Křivoklát reaches 0.786 m<sup>3</sup>/s. Protected regions cover an important area: there are two natural parks Jesenicko and Džbán and a protected landscape region Křivoklát. Approximately 32 000 inhabitants live in the catchment area, the majority of them in the district centre Rakovník (17 000 inhabitants).

The aim of our research was to evaluate the development and the present state of the groundwater quality in the monitored region. The basic information for that evaluation has been taken from the data registered by the Povodí Vltavy a.s. in the period 1973-93 in three basic profiles: „Rakovník nad“, „Dolní Chlum“ and „Křivoklát“. Slightly modified current evaluation methods have been used for water quality analysis, namely classification of the water quality according to the „Classification of groundwater quality ČSN 727521“, analysis of long-term development of concentrations of the monitored indices BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, dissolved and non dissolved matters, Fe<sub>tot</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, P<sub>tot</sub>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> and bacteria coli, dependence method and analysis by calculation of specific matter removal.

A summarizing of partial results allow to affirm that groundwater is polluted. The used analytical method have shown that in that area there are both local and area sources of pollution. The highest degree of pollution has been registered in the middle part of the course which is undoubtedly affected by a local source of pollution, namely by sewage waters of the town of Rakovník. The given catchment area is characterized by relatively high

concentrations of dissolved and non dissolved matters and of total iron, which are due to the physical geographical conditions of the catchment area, but also to a low degree of afforestation and to an intensive crop production in the middle and northern part of the catchment area. Similarly as in the great majority of water courses in the Czech Republic, the nitrates and nitrites content in water is considerable. Particularly alarming are the high concentrations of phosphorus compounds in the middle and lower course which have been showing an increasing tendency since 1990.

An improvement of groundwater quality in this catchment area is conditioned by two points: it is necessary to stop discharging of urban and industrial sewage waters of the major pollutant agent, the town of Rakovník, and to eliminate the negative impact of area sources of pollution by taking appropriate antierosion and revitalization measures.

- Fig. 1 – Biochemical consumption of oxygen  $BOD_5$ . Left vertical axis – characteristic levels  $C_p=90\%$  for  $BOD_5$  (mg/l); right vertical axis – quality classes: horizontal axis – years.
- Fig. 2 – Dependence evaluation of the total phosphorus (in the period 1977-80, 1985-93). Axis x – M-daily flow; axis y – total phosphorus (mg/l); axis z – N-season.
- Fig. 3 – Evaluation of specific matter removal for the index  $N-NO_3^-$ . Axis x – M-daily flow; axis y –  $N-NO_3^-$  in  $kg/(km^2/day)$ .
- Fig. 4 – Hydrographic scheme of the catchment area. A – quality profiles.
- Fig. 5 – The Rakovnický potok Brook bed on the territory of the Jesenicko Natural Park.
- Fig. 6 – Line of transgression of daily flows in the period 1970-90, profile Rakovník. Axis x – transgression (days per year); axis y – daily flow ( $m^3/s$ ).
- Fig. 7 – The Rakovnický potok Brook, output of sewage water from the sewage station Rakovník
- Fig. 8 – Ammonia nitrogen  $N-NH_4$ . Left vertical axis – characteristic levels  $C_p=90\%$  for  $N-NH_4$  (mg/l); right vertical axis – quality classes; horizontal axis – years.
- Fig. 9 – Dependence evaluation of total iron (in the period 1973-90, 1992-93). Axis x – M-daily flow; axis y – total phosphorus (mg/l); axis z – N-season.
- Fig. 10 – Evaluation of specific matter removal for the index  $BOD_5$ . Axis x – M-daily flow; axis y –  $BOD_5$  in  $kg/(km^2/day)$ .
- Fig. 11 – Development of concentrations of total phosphorus for the profile 1093 Křivoklát (for the period 1977-80 a 1985-93). Axis x – years; axis y – phosphorus (mg/l); column – average; line – median.
- Fig. 12 – Sewage waters outlet of the plant RKZ 01 after some adjustments.

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

*Do redakce došlo 28. 3. 1997*

*Lektorovali Bohumír Janský a Jakub Langhammer*