

BOHUMÍR JANSKÝ, PETRA JUDOVÁ

## KVALITA POVRCHOVÝCH VOD V POVODÍ ŘEKY ŠLAPANKY: MODELOVÁ SITUACE ČESKÉHO VENKOVA

B. Janský, P. Judová: *Water Quality in Šlapanka River Catchment: Model Situation of Rural Areas of Czechia*. – Geografie – Sborník ČGS, 110, 1, pp. 1–14 (2005). – This article evaluates water quality of the river Šlapanka, which runs through a typical landscape of Českomoravská vrchovina. It deals with water quality at present and with its long-term development (since 1976). A significant part of the article consists of evaluation of pollution sources (agriculture, industry, population). The type of pollution sources is distinguished by dependence analysis of concentration of substances on flows and in different seasons. At the end of the article there are measures suggested to reduce the impact of pollution sources.

KEY WORDS: Šlapanka River – pollution sources (agriculture, population) – water quality – nitrate – BOD – dependence analyses – water quality improving measures.

Článek vznikl za podpory Výzkumného záměru geografické sekce Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“ MSM 0021620831.

### 1. Úvod

V rámci intenzivní česko-německé spolupráce na Labi bylo od roku 1990 výrazně omezeno množství vypouštění odpadních vod z velkých průmyslových zdrojů a středisek osídlení. Rozhodující měrou se o to zasloužila výstavba nových a intenzifikace starších čistíren odpadních vod. K tomuto pozitivnímu vývoji přispěla vedle domácích zdrojů i dotační politika vlády SRN. Příznivý trend v sanaci bodových zdrojů látek není však v českém povodí Labe doprovázen obdobnými opatřeními v oblasti sanace difúzních a plošných zdrojů znečišťujících látek (Janský 2002, Langhammer 2004).

České zemědělství prošlo v uplynulých 12 letech významnými změnami. Po roce 1990 došlo k výraznému omezení objemu rostlinné i živočišné produkce a rovněž k markantní redukci používaných průmyslových hnojiv. Celková spotřeba průmyslových hnojiv po počátečním prudkém poklesu od roku 1996 stagnuje (viz obr. 4). Ve spotřebě na 1 ha zemědělské půdy registrujeme sice v posledních dvou letech mírný nárůst, který je však způsoben spíše zmenšením obhospodařovaných ploch. Tento trend se většinou neprojevil na zlepšování jakosti vod ve venkovských oblastech českého povodí Labe. V povodích s koncentrovanou živočišnou výrobou se situace od roku 1990 dokonce stále zhoršuje, a to především v zatížení vod sloučeninami dusíku, fosforu a bakteriálním znečištěním.

Výše zmíněné negativní trendy jsou nyní konfrontovány s nejnovějšími politickými rozhodnutími. Na Konferenci o přistoupení k Evropské unii požádala Česká republika v kapitole 22 – Životní prostředí o přechodné období podle

Tab. 1 – Přejchodná opatření podle směrnice 91/271/EHS o čištění odpadních vod

Sídlo	Počet sídel	E.O. (milióny)	E.O. (%)	Implementace do konce roku
nad 10 000 E.O.	18	1,2	11	2002
nad 10 000 E.O.	36	4,07	37	2006
nad 10 000 E.O.	127	3,85	35	2010
2000 – 10 000 E.O.	552	1,87	17	2010

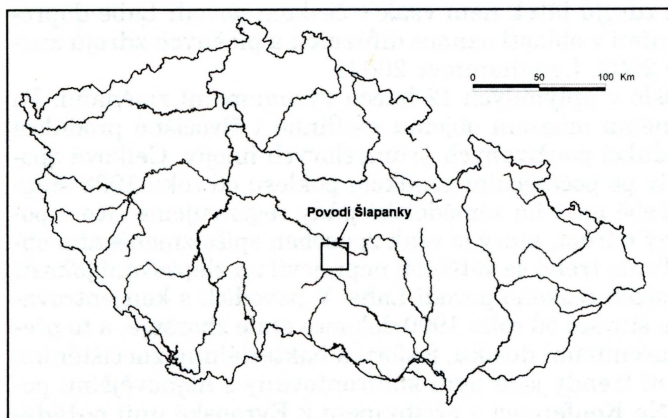
Pozn.: E.O. – počet ekvivalentních obyvatel

Zdroj: Conference on Accession to the European Union – Czech Republic. European Union Common Position (Replaces doc. 20771/00 CONF-CZ 84/00). Brussels, May 30, 2001.

směrnice 91/271/EHS o čištění komunálních odpadních vod (tab. 1). ČR obdržela výjimku týkající se prodloužení termínů sanace difúzních zdrojů látek ve venkovských oblastech. Toto rozhodnutí může negativně ovlivnit dotační politiku vlády ČR a aktivitu místních samospráv v oblasti sanace odpadních vod v malých sídlech. Příímým důsledkem bude zřejmě i stagnace současné nepřiznivě situace, resp. její další zhoršování v řadě venkovských regionů Česka.

## 2. Fyzickogeografický přehled povodí

Typická venkovská krajina je charakteristická pro téměř celou Českomoravskou vrchovinu. Jako zájmové území, ve kterém byla sledována jakost povrchových vod, bylo vybráno povodí řeky Šlapanky. Nachází se v centrální části Českomoravské vrchoviny (přibližně mezi Jihlavou a Havlíčkovým Brodem – obr. 1). Svoji rozlohou 265,28 km<sup>2</sup> tvoří téměř 1/6 povodí řeky Sázavy, do níž se Šlapanka vlévá zleva. Největší část povodí náleží z geomorfologického hlediska do celku Hornosázavské pahorkatiny. Malými částmi do povodí zasahují na jihozápadě Křemešnická vrchovina a na jihovýchodě Křižanovská vrchovina. Území má pahorkatinný charakter. Je tvořeno vyvřelými a přeměněnými horninami moldanubického plutonu. Jižní část povodí má charakter zarovnaného povrchu, jehož pokryv tvoří třetihorní a čtvrtohorní sedimenty, které jsou pozůstatkem neogenní říční sítě. Řeka i její přítoky protékají vesměs mělkými širokými údolími, jen v úseku mezi Šlapanovem a Mírovkou se hlouběji zařezávají.



Obr. 1 – Lokalizace povodí Šlapanky

V okolí Svatého Kříže na dolním toku jsou patrné staré říční terasy Sázavy. Hlavním půdním pokryvem jsou hnědé lesní půdy s přechody do hnědozemí nebo oglejených půd. Hnědé lesní půdy se vyznačují tvorbou kyselého humusu, který zůstává ve svrchních vrstvách půdy. Oglejené půdy nastupují v periodicky podmáčených oblastech. Ty-

to půdy bylo nutno kvůli zemědělskému využívání odvodnit melioracemi, které zrychlily povrchový odtok, takže v letních měsících dochází k deficitům vláhy. Pro vyšší polohy povodí jsou charakteristické illimerizované a podzolizované půdy. Díky hnojení těchto půd je svrchní horizont bohatší na živiny (Pelíšek, Seikaninová 1975). Vlhčí klima umožňuje při použití hnojiv lepší přístupnost živin pro rostliny, což kompenzuje celkový deficit živin a nízkou produkční schopnost půd, které jsou intenzivně využívány pro zemědělství.

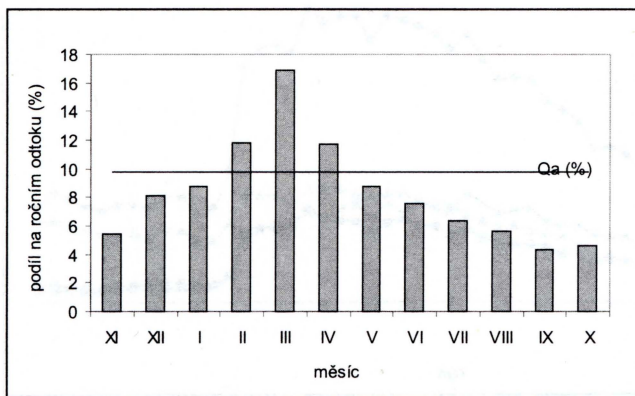
Vlastní tok řeky Šlapanky je dlouhý 34,9 km (podle Základní vodohospodářské mapy). Rozdíl nadmořské výšky pramene (590 m n. m.) a ústí (408 m n. m.) činí 182 m. Na středním toku v oblastech s malým sklonem bylo vybudováno několik rybniční soustav. Z hlediska tvaru se jedná o povodí většinou jívovité. V ústí má dlouhodobý průměrný průtok 1,54 m<sup>3</sup>/s. Na 25. říčním kilometru přibírá svůj největší přítok Zlatý potok, který odvodňuje jihozápadní část povodí a v ústí má dlouhodobý průměrný průtok 0,67 m<sup>3</sup>/s.

### 3. Odtokové poměry

Středně vysokému dlouhodobému ročnímu úhrnu srážek v povodí (689 mm/rok) odpovídají nižší hodnoty odtoku. Z celkového množství spadlých srážek odteče řekami 28 % (vyjádřeno odtokovým koeficientem), přičemž roční objem odtoku z povodí dosahuje kolem 48 560 000 m<sup>3</sup>. Podle grafu podílů měsíčních odtoků (obr. 2) připadá nejvíce, tj. 16,9 % ročního objemu odtoku na měsíc březen, nejméně, tj. 4,3 % na měsíc září. To se projevuje i v rozložení odtoků v jednotlivých ročních obdobích. Z grafu (obr. 3) vyplývá, že největší jarní odtok tvoří 37,4 %. Roční rozložení odtoku je tedy mírně nevyrovnané.

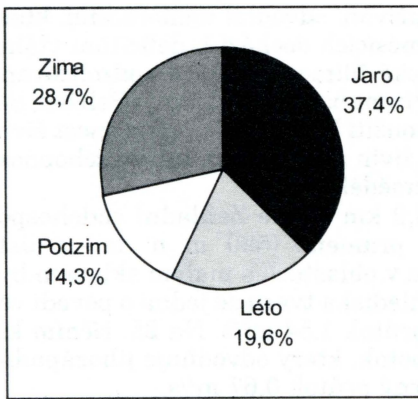
Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) na výústním profilu je 1,54 m<sup>3</sup>/s (ČHMÚ – vypracováno pro období 1931–1980). Nejvyšší průměrné měsíční průtoky nastávají v březnu, nejnižší v září a v říjnu. Průtoky mají jediné výrazné maximum. To je způsobeno především jarním táním sněhu, které představuje největší zdroj vodnosti v tomto období.

Charakteristika území by nebyla celistvá bez údajů o využití ploch (land use). Z dat získaných za jednotlivé katastry (Databáze dlouhodobého vývoje land use Česka) vyplývá, že 64 % území tvoří plochy zařazené do zemědělského půdního fondu (ZPF). Orná půda je zastoupena na 50 % ploch, což představuje 79 % ZPF. Nízký podíl lesů (27,7 %) negativně ovlivňuje odtokové poměry a částečně i kontaminaci toků znečišťujícími látkami.



Obr. 2 – Měsíční odtoky. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.

Podíly jednotlivých kategorií využití území mezi lety 1990 a 2000 zaznamenaly mírné změny. Narůstá výměra luk, pastvin, lesů a vodních ploch na úkor orné půdy. Pokles výměry orné půdy v povodí (0,7 %) je ve srovnání s celou Českou republikou (pokles 3,9 %, Bičík 2000) velmi nízký, přestože



Obr. 3 – Odtok podle ročních období. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.

podmínky na Českomoravské vrchovině nejsou pro intenzivní zemědělství příliš vhodné.

#### 4. Zdroje znečištění v povodí

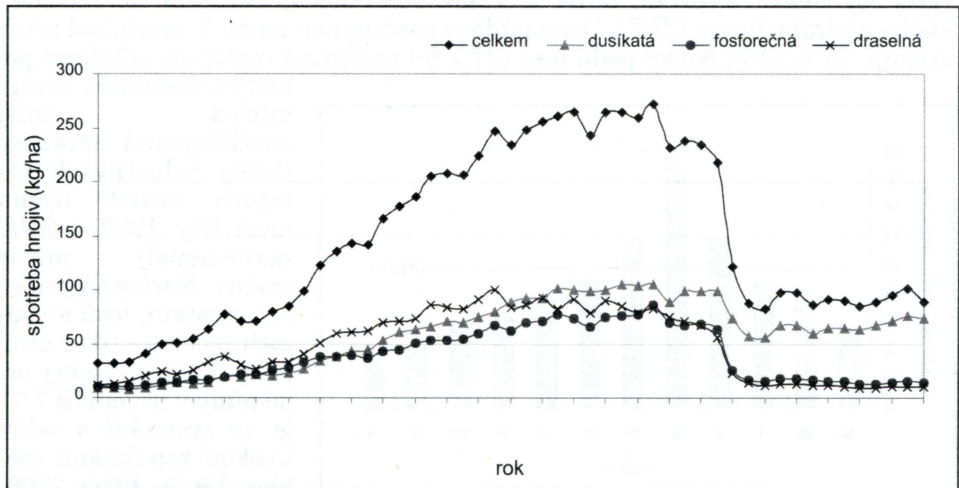
##### 4. 1. Zemědělství – rostlinná výroba

Vysoké procento zornění svědčí o výrazném zastoupení rostlinné výroby v hospodářství území. Především nevhodné sklonové poměry, velikost obdělávaných ploch a nevyhovující agrotechnické postupy se podílejí na zrychleném odnosu látek z půdy. Jedná se o plošný odnos nerozpuštěných látek, tj. částic orné půdy vlivem eroze, i rozpuštěných látek vlivem

jejich vymývání a smyvy povrchovou i infiltrující vodou (Janský 1983).

Převážná část povodí spadá do bramborářské výrobní oblasti. Vrcholové části náleží do oblasti horské. Až do konce 80. let minulého století bylo v území dominantní pěstování obilovin a brambor. Od té doby se skladba plodin postupně mění. Výroba se orientuje na pěstování speciálních plodin, např. řepky, lnu a travního semena (Historie a současnost zemědělství očima statistiky 1995).

Rychlé zvýšení ceny průmyslových hnojiv na počátku 90. let 20. stol. vyvolalo u zemědělců odezvu v podobě výrazného snížení jejich aplikace na zemědělskou půdu. Vývoj spotřeby hnojiv v povodí, i když přesné údaje nejsou dostupné, sledoval pravděpodobně celorepublikový trend. V dobách největší intenzifikace zemědělství se do půdy dostávalo ročně průměrně 250 kg čistých živin na hektar. Po roce 1990 došlo k rapidnímu poklesu a od roku 1996 spotřeba hnojiv stagnuje, byť v letech 1999–2002 registrujeme mírné zvýšení (obr. 4). Tento pokles se však na jakosti vody v povodí Šlapanky stejně jako



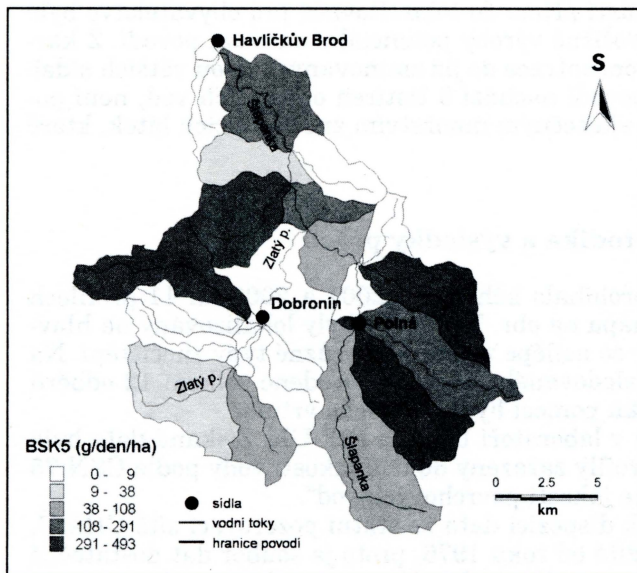
Obr. 4 – Spotřeba průmyslových hnojiv v Česku na hektar zemědělské půdy (v kg čistých živin). Zdroj: Historie a současnost zemědělství očima statistiky, ČSÚ, Praha 2004.

v jiných venkovských oblastech povodí Labe výrazně neprojevilo (Jan-  
ský 2002). V povodí Šlapanky je v současnosti celková spotřeba hnojiv vyšší  
než celorepublikový průměr. Jako příklad může sloužit zemědělský podnik  
SENECO Polná, který udává spotřebu 110 kg/ha čistých živin, z toho 80 kg/ha  
tvoří hnojiva dusičnanová. Pokud však vezmeme v úvahu, že v současné době  
je v Česku spotřeba dusíkatých hnojiv nižší o 17 % a fosforečnanových hnojiv  
dokonce o 50 % než ve státech EU (Pitter 2002), pak je zřejmé, že trend spo-  
třeby hnojiv bude opět narůstat.

#### 4. 2. Zemědělství – živočišná výroba

Živočišná výroba je dalším stálým znečišťovatelem toků, přestože její vý-  
znam po roce 1990 také klesá. Podle sdělení pracovníků Okresní veterinární  
správy Jihlava a Havlíčkův Brod poklesly od roku 1990 stavy skotu o 20 %  
a prasat o 10 %. V současnosti veterinární správa eviduje přes 6 000 ks skotu  
a 7 800 ks prasat. Získaná data o produkci v zemědělských podnicích byla  
využita pro vyjádření potenciálního zdroje zatížení povodí Šlapanky živočiš-  
nou výrobou. Nejprve byla produkce znečištění jednotlivých druhů zvířat  
(Frajer 1980) přepočtena na počet ekvivalentních obyvatel (EO). Tyto hodnoty  
byly poté převedeny na produkci organických látek vyjádřenou biochemic-  
kou spotřebou kyslíku za 5 dní ( $BSK_5$ ) využitím vztahu 1 EO = 60 g  $BSK_5$  za  
den. Potenciální zatížení povodí je pro přehlednost vyjádřeno pomocí karto-  
gramu (obr. 5), ve kterém jako jednotky plochy figurují dílčí povodí a zatížení  
je tedy vyjádřeno jako množství  $BSK_5$  (g) vyprodukované za 1 den na jednot-  
ce plochy (ha).

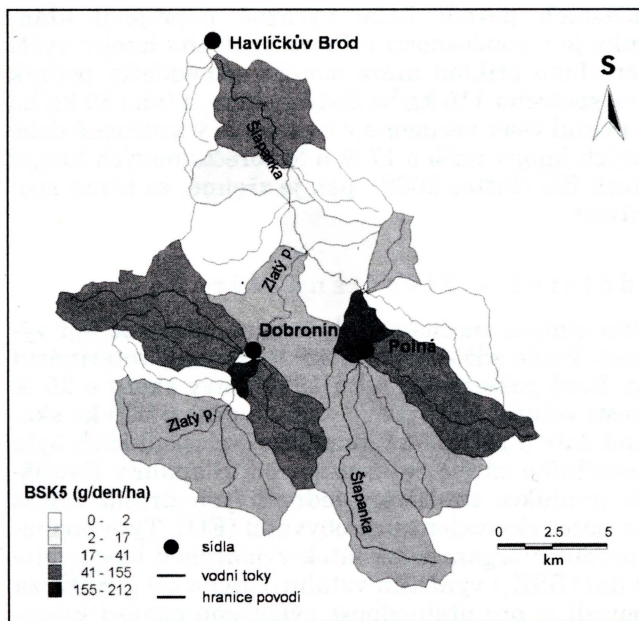
Z kartogramu je patrná koncentrace živočišné výroby do 4 dílčích povodí,  
kte jsou soustředěny hlavně chovy prasat. Zatížení organickými látkami  
a amoniakálním dusíkem z těchto provozů je patrné ještě ve výústním profi-  
lu Mírovka.



Obr. 5 – Kartogram potenciálního zatížení povodí Šlapanky  
živočišnou výrobou (rok 2002). Zdroj dat: Nepublikované ma-  
teriály Okresní veterinární správy Jihlava a Havlíčkův Brod.

#### 4. 3. Průmysl

Odpadní vody z prů-  
myslu mají v produkci  
znečištění v povodí ma-  
lý význam. Průmyslová  
výroba je soustředěna  
do tří větších sídel  
– Polné, Šlapanova  
a Štoků. Podniky větši-  
nou odvádí technologic-  
ké vody z provozů na  
městské čistírny odpad-  
ních vod (ČOV). Větší  
problémy představovaly  
pouze odpadní vody ze  
škrobáren Amylon Pol-  
ná, které byly velmi za-  
tíženy organickými lát-  
kami. Po krátkém zdr-  
žení v akumulacích  
nádřích v nivě potoka



Obr. 6 – Kartogram potenciálního zatížení povodí Šlapanky trvale bydlicím obyvatelstvem (rok 2002). Zdroj dat: Předběžné výsledky SLDB 1. 3. 2002. Nepublikované materiály krajské pobočky ČSÚ Jihlava.

přestože má ČOV, je významným bodovým zdrojem organických látek a fosforu. Dalším problémem je obec Dobronín s 1 905 obyvateli, kde se ČOV teprve buduje a voda z kanalizace ústí přímo do toku. Rovněž pro obyvatelstvo bylo vyjádřeno jako v případě živočišné výroby potenciální zatížení povodí. Z kartogramu (obr. 6) je patrná koncentrace do již zmiňovaných dvou větších sídel. Vzhledem k tomu, že se v povodí nachází 5 čistíren odpadních vod, není potenciální zatížení shodné se skutečným množstvím znečišťujících látek, které dosáhnou vodoteče.

## 5. Metodika a výsledky práce

Hodnocení jakosti vody probíhalo během let 2001 a 2003 na 11 profilech v rámci celého povodí (viz mapa na obr. 7). Profily byly lokalizovány na hlavním toku i přítocích tak, aby co nejlépe vyjadřovaly různé typy znečištění. Na všech profilech bylo během sledovaného období provedeno celkem 12 odběrů vzorků vody a měření průtoků pomocí hydrimetrické vrtule.

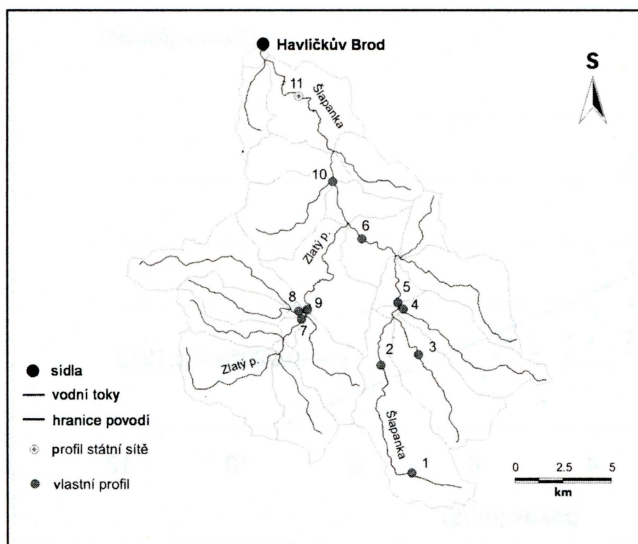
Analýza vzorků probíhala v laboratoři ÚŽP na PŘF UK. Získaná data byla statisticky vyhodnocena a profily zařazeny do tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221 „Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod“.

U výústního profilu byla k dispozici data ze státní pozorovací sítě ČHMÚ. Měření zde probíhá nepřetržitě od roku 1976, proto je soubor dat dostatečně velký a umožňuje nejen sledování dlouhodobého vývoje jakosti vody v povodí, ale i provedení závislostních analýz. Podle Janského (1983) bylo provedeno závislostní hodnocení koncentrace dané znečišťující látky na ročním období

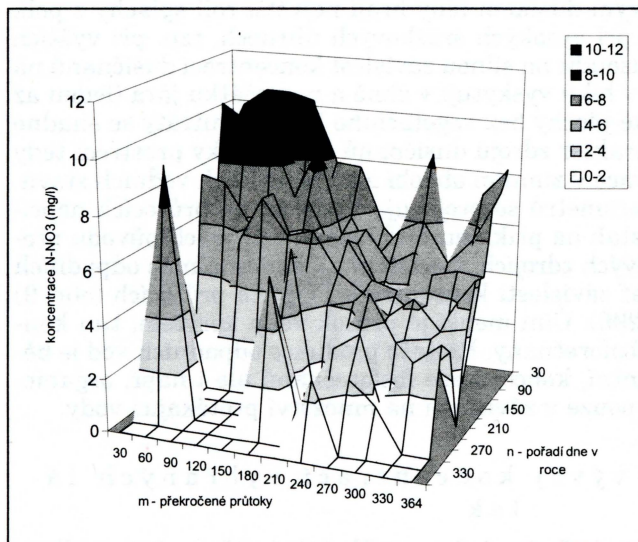
byly vypouštěny přímo do recipientu. Problémy nastávaly při povodňových situacích, kdy byl odpad usazený v nádržích nekontrolovatelně vyplavován. Nyní je však provoz závodu pozastaven.

## 4. 4. Obyvatelstvo

Největším zdrojem fosforu a významným zdrojem dusíku a organických látek je obyvatelstvo. Hustota zalidnění v povodí je však nízká. Pro povodí je typické venkovské osídlení. Většina obyvatel je soustředěna do malých obcí do 500 obyvatel. Největší zatížení představuje město Polná s 5 000 obyvateli, které



Obr. 7 – Lokalizace odběrových profilů: 1 – Věžnice, 2 – Věžnička, 3 – Dobroutov, 4 – Polná – Sapeli, 5 – Polná – židovský hřbitov, 6 – Věžnice u Šlapanova, 7 – Dobronín – Zlatý potok, 8 – Dobronín – Mlýnský potok, 9 – Dobronín pod obcí, 10 – Šlapanov, 11 – Mírovka.



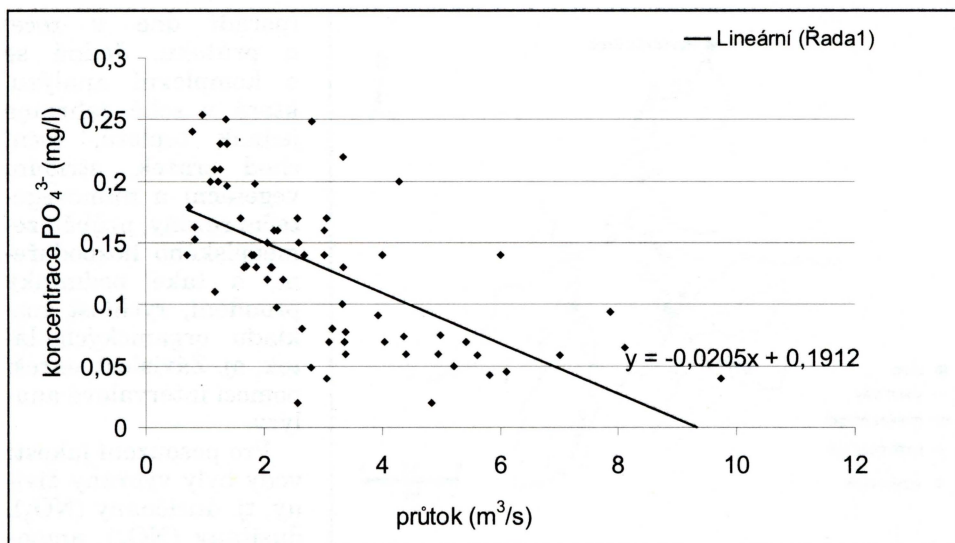
Obr. 8 – Graf závislosti koncentrací N-NO<sub>3</sub> na průtocích a roční době. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.

(pořadí dne v roce) a průtoku. Jedná se o komplexní analýzu, která v sobě zahrnuje jednak teplotu, roční chod srážek, střídání vegetační a mimovegetační sezóny, průběh zemědělského hospodaření, a také podmínky proudění, rychlost rozkladu organických látek, aj. Závislost se řeší pomocí intervalové analýzy.

Pro posouzení jakosti vody byly vybrány živiny, tj. dusičnany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dusitany (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), amonné ionty (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a fosforečnanové ionty (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), které jsou v povrchových vodách jako autochtonní obsaženy pouze v malých koncentracích, a proto je původ převážné většiny těchto látek antropogenní. Pro vyjádření míry organického znečištění byla užitá chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Mn</sub>) a biologická spotřeba kyslíku (BSK<sub>5</sub>). Jako doplňkové parametry byly stanoveny ještě koncentrace rozpuštěného kyslíku, teplota, pH, vodivost a kyselinná (KNK) a zásadová (ZNK) neutralizační kapacita.

## 5. 1. Závislostní hodnocení jakosti vody

Nejprve uvádíme hodnocení dat získaných z profilu ČHMÚ. Závislostní hodnocení koncentrací látek na průtocích a roční době umožňuje odhalit charakter zdrojů znečištění. Nejvýrazněji se závislost projevila u koncentrací dusičnanů. Z grafu jejich závislosti na roční době a velikosti průtoku (obr. 8) je



Obr. 9 – Graf závislosti koncentrací  $\text{PO}_4^{3-}$  na průtocích. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.

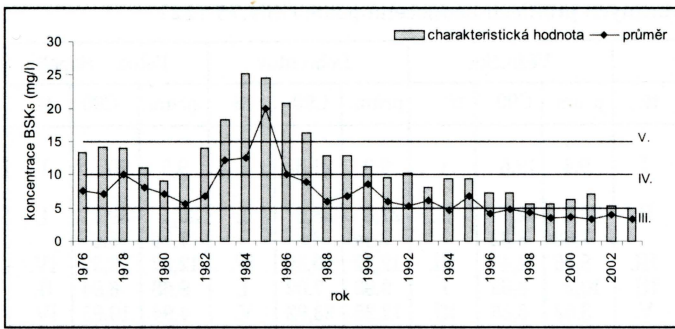
patrná přímá závislost na průtocích. Rovněž kladné znaménko a relativně vysoká hodnota Pearsonova korelačního koeficientu (0,6803) potvrzují růst koncentrací látek se zvyšujícím se průtokem.

Ve znečištění dusičnanovým dusíkem tedy hrají největší roli splachy z polí, které jsou nejintenzivnější při vysokých srážkových úhrnech, tzn. při vyšších průtocích. Dále lze z grafu usoudit na silnou závislost koncentrací dusičnanů na ročním období. Nejvyšší se v toku vyskytují v zimě a na počátku jara (leden až duben), kdy jsou zemědělské plochy bez vegetačního krytu a nitráty se snadno uvolňují z půdy. Plošný charakter zdrojů dusičnanů a podmínky prostředí tedy způsobují nejvyšší koncentrace v zimním období a za nejvyšších vodních stavů. U ostatních sledovaných parametrů se projevuje závislost na průtocích nepřímá. Nejpatrnější je tento vztah na příkladu fosforečnanů. O jejich původu především v rozptýlených bodových zdrojích znečištění, tj. komunálních odpadních vod malých sídel svědčí graf závislosti koncentrace  $\text{PO}_4^{3-}$  na průtocích (obr. 9) i korelační koeficient (-0,6296). Čím menší je průtok vody korytem, tím koncentrovanější je znečištění fosforečnanů. Protože produkce odpadních vod je během roku víceméně konstantní, koncentrace fosforečnanů ale i např. organických látek výrazněji kolísá pouze v závislosti na množství protékající vody.

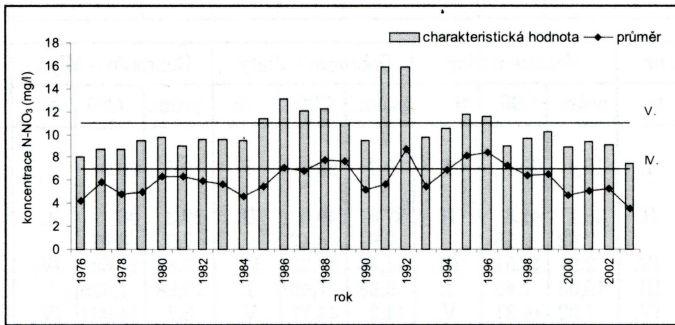
## 5. 2. Dlouhodobý vývoj koncentrací vybraných látek

Přestože je na Šlapance umístěn jen jeden profil státní sítě, poskytuje dlouhá řada dat postačující přehled o vývoji jakosti vody v minulosti. Koncentrace všech sledovaných polutantů se v posledních 10 letech snižují (Judová 2003). Největšího poklesu bylo dosaženo u amoniakálního dusíku a organických látek (vyjádřených jako  $\text{BSK}_5$ ). Koncentrace amoniakálního dusíku dosahovaly nejvyšších hodnot počátkem 80. let (V. jakostní třída) zřejmě kvůli největšímu rozmachu živočišné výroby v tomto období. Poté koncentrace značně kolísaly. Po roce 1991 stále poklesají a profil se podle tohoto ukazatele nachází v III. jakostní třídě.

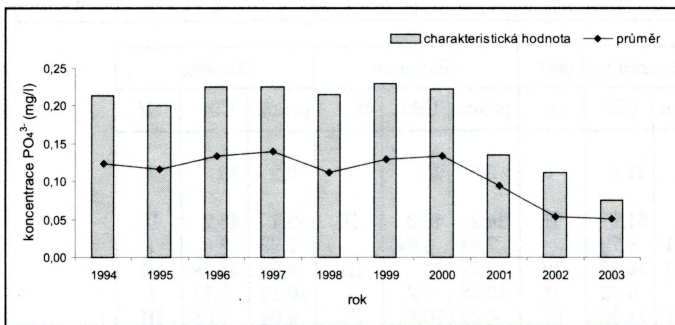




Obr. 10 – Graf vývoje hodnot BSK<sub>5</sub> na profilu Mírovka v letech 1976–2003. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.



Obr. 11 – Graf vývoje koncentrací N-NO<sub>3</sub> na profilu Mírovka v letech 1976–2003. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.



Obr. 12 – Graf vývoje koncentrací PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> na profilu Mírovka v letech 1994–2003. Zdroj dat: ČHMÚ Praha.

Velmi podobný vývoj zaznamenaly i hodnoty BSK<sub>5</sub> (obr. 10). Jejich kulminace nastala rovněž počátkem 80. let. Výrazný nárůst především charakteristických hodnot BSK<sub>5</sub> by mohl být způsoben havarijní situací. Tento zřetelný výkyv je patrný i ve vývoji koncentrací amoniakálního dusíku. Pravděpodobnou příčinou poklesu koncentrací po roce 1985 bylo zřejmě rušení potravinářských provozů, především lihovarů a škrobáren, kterých sice v povodí nebylo mnoho, ale způsobovaly velké znečištění. V současnosti je profil podle tohoto parametru řazen do III. jakostní třídy.

Koncentrace dusičnanového dusíku nezaznamenaly výrazný vývoj (obr. 11). Do roku 1990 se koncentrace zvyšovaly v souvislosti se vzrůstem zátěže dusíkatými hnojivy (Janský 2002). Po roce 1996 koncentrace nitrátů mírně poklesají. Přestože

dávky průmyslových hnojiv do půdy významně poklesly, výraznější pokles koncentrací dusičnanů vymývaných především z orné půdy se oproti očekávání neprojevil. Je zřejmé, že dusičnany, jako konečná forma rozkladu dusíkatých látek v půdě přetrvává a bude toky zatěžovat i nadále.

Koncentrace fosforečnanů je v profilu sledována až od roku 1994 (obr. 12). Do roku 2000 byly koncentrace v toku téměř konstantní, poté však dochází k jejich poklesu. Tento pokles mohl odrážet postupující trend používání bezfosfátových čistících a pracích prostředků.

Tab. 2 – Kvalita vody na vybraných profilech hodnocená podle ČSN 75 7221

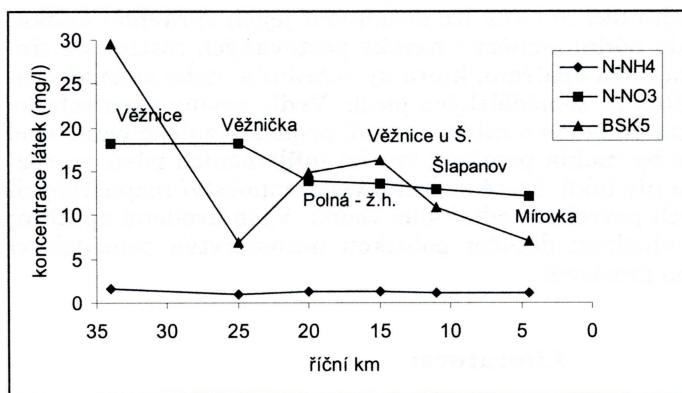
Název profilu	Věžnice			Věžnička			Dobroutov			Polná – Sapeli		
	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.
teplota vody (°C)	9,6	17	I.	9,4	19,5	I.	9,9	21,3	I.	9,5	20	I.
vodivost (mS/m)	32,3	42,6	II.	33,5	42,7	II.	27,6	38,5	I.	30,1	39,1	I.
pH	7,24	7,65		7,68	8,32		7,94	8,8		7,79	8,6	
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	8,23	12,67	III.	8,26	12,48	III.	12,22	20,32	IV.	12,37	22,37	IV.
rozp. O <sub>2</sub> (mg/l)	8,77	5,17	III.	10,2	8,63	I.	9,93	7,02	I.	9,68	6,94	IV.
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	9,77	29,57	V.	3,82	6,86	III.	12,25	23,92	V.	4,94	10,98	II.
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,97	1,57	IV.	0,64	0,98	III.	1,04	1,44	III.	0,84	1,36	III.
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	10,55	18,13	V.	9,27	18,12	V.	7,62	14,09	V.	7,59	12,81	V.
N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,13	0,37	V.	0,03	0,04	IV.	0,06	0,12	V.	0,06	0,11	V.
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,2	0,48		0,08	0,14		0,41	0,55		0,15	0,29	

Název profilu	Polná – žid. hř.			Věžnice u Šlap.			Dobronín – Zlatý			Dobronín – Mlýn.		
	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.
teplota vody (°C)	10,4	22	I.	10,4	20	I.	9,7	20,9	I.	9,5	20,3	I.
vodivost (mS/m)	35,4	47,8	II.	33,1	41,8	II.	37,6	49,6	II.	29,3	36	I.
pH	8	8,67		7,62	8,18		7,9	8,43		7,9	8,92	
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	11,85	18,88	IV.	9,97	14,51	III.	11,58	17,33	IV.	9,89	15,63	IV.
rozp. O <sub>2</sub> (mg/l)	9,28	5,4	III.	10,05	7,49	I.	9,96	7,49	I.	10,28	7,426	I.
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	12,09	14,82	IV.	7,02	16,31	V.	14,2	44,77	V.	5,7	14,931	IV.
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,77	1,23	III.	0,83	1,3	III.	0,94	1,18	III.	0,7	1,09	III.
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	7,22	13,87	V.	7,46	13,61	V.	5,5	11,56	V.	5,81	10,84	IV.
N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,06	0,13	V.	0,05	0,07	V.	0,05	0,08	V.	0,04	0,07	V.
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,26	0,66		0,31	0,68		0,13	0,24		0,1	0,17	

Název profilu	Dobronín pod obcí			Šlapanov			Mírovka		
	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.	prům.	C90	tř.
teplota vody (°C)	10,3	21,8	I.	9,5	20	I.	9,2	19	I.
vodivost (mS/m)	38,1	51,1	II.	34,2	45,3	II.	33,1	43,2	II.
pH	7,91	8,79		7,84	8,64		7,89	8,6	
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	10,72	16,37	IV.	9,77	14	III.	9,52	13,79	III.
rozp. O <sub>2</sub> (mg/l)	9,5	6,93	II.	10,08	7,2	I.	10,15	7,71	I.
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	5,51	11,565	IV.	4,22	10,81	IV.	4,04	7,05	III.
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,92	1,29	III.	0,77	1,1	III.	0,77	1,16	III.
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	5,31	14,09	V.	6,86	12,92	V.	6,6	12,17	V.
N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,05	0,08	V.	0,05	0,07	V.	0,04	0,18	V.
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,16	0,3		0,19	0,38		0,2	0,42	

### 5. 3. Jakost vody v podélném profilu toku

Data z vlastních odběrů byla rovněž zpracována podle ČSN 75 7221 (tab. 2). Výsledné hodnoty jednotlivých parametrů na většině profilů vypovídají o nízké jakosti vody v celém povodí. Nejkritičtějšími ukazateli pro celé povodí jsou dusičnanový a dusitanový dusík. Celkem 10 z 11 profilů bylo podle obou pa-



Obr. 13 – Podélný profil koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> a BSK<sub>5</sub>

kteřá zhoršuje jak kyslíkové poměry tak samočisticí schopnost toku, tento stav ještě umocňuje. Pokud sledujeme vývoj kvality vody v souvislosti s mírou regulace toku, je patrný jasný vliv přirozeného charakteru toku mezi 30. a 25. říčním kilometrem. Z vývoje všech sledovaných parametrů (obr. 13) vyplývá vysoká samočisticí schopnost na tomto úseku. Nejvýrazněji se pokles koncentrací projevuje u dusitanů a organických látek (vyjádřených jako BSK<sub>5</sub>). Mezi profilem Věžnička a Věžnice dochází v ukazateli BSK<sub>5</sub> ke zlepšení o 2 jakostní třídy, protože vysoká samočisticí schopnost a dobré kyslíkové poměry vedou k rychlému odbourání organických látek. Ze stejných důvodů poklesají i koncentrace dusitanů, které jsou nestabilní v aerobním i anaerobním prostředí. Podélný profil koncentrace dusičnanů je vyrovnaný. Vysoké hodnoty v celém profilu ukazují však na konstantní zatížení celého povodí rostlinou výrobou. Pod městem Polná (profil Polná – židovský hřbitov) dochází ke zhoršení především v ukazatelích BSK<sub>5</sub> a fosforečnany. Na znečištění se nejvíce podílejí komunální odpadní vody. Stejná situace nastává i pod obcí Věžnice u Šlapanova, ze které odpadní vody po předčištění ústí přímo do vodoteče vzhledem k tomu, že obec postrádá ČOV. Od tohoto profilu až k ústí Šlapanky do Sázavy se jakost vody u většiny parametrů zlepšuje, zřejmě díky delším přirozeným úsekům s vysokou samočisticí schopností.

## 6. Závěr

Povodí Šlapanky představuje povodí se značně kontaminovanou povrchovou vodou. Jako kritické lze označit jakostní parametry dusičnanový a dusitanový dusík a množství organických látek. Hlavní zdroje znečištění v povodí představují splachy ze zemědělsky obdělávaných ploch a odpadní vody z drobných sídel bez odpovídající sanace. Problém se sanací odpadních vod lze řešit budováním kanalizací a výstavbou čistíren odpadních vod, která je však velmi nákladná. Budování čistíren odpadních vod je zvláště u malých obcí těžce legislativně vynutitelné. U obcí s 2 000 až 10 000 obyvateli ukládá směrnice EU sanaci odpadních vod, vláda ČR si však vyžádala a obdržela výjimku do roku 2010.

Druhým velkým problémem je znečištění pocházející ze zemědělství. Přestože dávky hnojiv do půdy v Česku poklesly a v současné době jsou nižší než je průměr v Evropské unii, nedošlo k výraznému snížení dusičnanů ve vodách.

rametrů zařazeno do V. jakostní třídy. Rovněž zatížení organickými látkami je značné. Do nejnižší jakostní třídy spadá 5 profilů. Nejzatíženějším je oproti očekávání pramenový úsek toku. Ten si ce postrádá bodové zdroje znečištění, ale zemědělské obhospodařování má na jakost vody výrazný vliv. Regulace horní části toku,

Dalšího snižování splachu těchto látek lze dosáhnout jejich správnou aplikací, která by respektovala půdní poměry i nároky pěstovaných rostlin. Je třeba zavést i účinná protierozní opatření, která by zabránila, nebo alespoň částečně omezila splach látek ze zemědělských ploch. Vedle změny agrotechnických způsobů obdělávání půdy jde o zatravňování, případně zalesňování orné půdy. Výrazné zlepšení by mohla přinést i tvorba infiltračních pásů na rozhraní ploch orné půdy a niv toků, které zadržují velké množství rozpuštěných látek i částic odnášených povrchově odtékající vodou. Výše uvedená opatření lze účinně ovlivňovat vhodnou dotační politikou ministerstva zemědělství a ministerstva životního prostředí.

## Literatura:

- BIČÍK, I. (2000): Interakce „příroda – společnost“ v datech o půdním fondu. Geografické rozhledy, 9, č. 4, ČGS, Terra, Praha, s. 108-109.
- Conference on Accession to the European Union – Czech Republic. European Union Common Position (Replaces doc. 20771/00 CONF-CZ 84/00). Brussels, 30 May 2001.
- ČSN 75 7221 (1998): Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut, Praha.
- Databáze dlouhodobého vývoje land use Česka. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, PrF UK, Praha.
- DE WIT, M., BEHREND, H. (1999): Nitrogen and phosphorus emissions from soil to surface water in the Rhine and Elbe basins. Water Science and Technology, 39, č. 1, s. 109-116.
- FRAJER, V. (1980): Nebezpečí potenciálního znečištění životního prostředí chovem skotu a prasat. Rigorózní práce. PrF UK, Praha.
- Historie a současnost zemědělství očima statistiky. Český statistický úřad, Praha 2004.
- JANSKÝ, B. (1983): Bedeutung der Frachten aus diffusen Quellen für die Qualität der Oberflächengewässer im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, XVIII, č. 2, UK, Praha, s. 3-25.
- JANSKÝ, B. (2000): Entwicklung der Oberflächenwassergüte in ländlichen Gebieten des tschechischen Abschnitts der Elbe. In: Gewässer Landschaften – Aquatic Landscapes, ATV-DVWK-Schriftenreihe, Henny, Berlin, s. 150-153.
- JANSKÝ, B., PIVOKONSKÝ, M. (2001): Vývoj jakosti vod v povodí Cidliny. Geografie – Sborník ČGS, 106, č. 2, ČGS, Praha, s. 74-93.
- JANSKÝ, B. (2002): Vliv zemědělství na jakost vod v českém povodí Labe (politická rozhodnutí versus ochrana vod v oblasti venkova). 13. Magdeburský seminář, Praha.
- JANSKÝ, B. (2002): Changing Water Quality in the Czech Part of the Elbe Catchment Area in the 1990s. Geografie – Sborník ČGS, 107, č. 2, ČGS, Praha, s. 74-93.
- JANSKÝ, B. (2002): Einfluss der Landwirtschaft auf die Gewässergüte im tschechischen Elbe – Einzugsgebiet. In: Die Elbe – neue Horizonte des Flussgebietsmanagements. B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, s. 349-351.
- JUDOVA, P., JANSKÝ, B. (2004): Water quality in rural areas: Case study Šlapanka River catchment. In: W. Geller et al. (eds.): 11th Magdeburg Seminar on Waters in Central and Eastern Europe: Assessment, Protection, Management. Umweltforschungszentrum Leipzig – Halle (UFZ), č. 18, s. 95-96.
- JUDOVA, P. (2003): Kvalita povrchových vod v povodí Šlapanky. Diplomová práce. PrF UK, Praha.
- Nepublikované materiály krajské pobočky ČSÚ v Jihlavě. Předběžné výsledky SLDB 1.3.2002.
- Program hospodářského a sociálního rozvoje okresu Jihlava. GAREP, Brno 1995.
- LANGHAMMER, J. (2002): Evaluation of non-point sources of surface water pollution. Geografie – Sborník ČGS, 107, č. 1, ČGS, Praha, s. 23-39.
- LANGHAMMER, J. (2004): Water Quality Changes in the Elbe River Basin. Geografie – Sborník ČGS, 109, č. 2, ČGS, Praha, s. 93-104.
- Nepublikované materiály Okresní veterinární správy Havlíčkův Brod a Jihlava (2002).
- NOVÁK, V. J. (1942): Tvářnost Českomoravské vysočiny. Rozpravy 2.Tř. čes. Akad., 42, č. 20, Praha, s. 1-65.

- PELÍŠEK, J., SEKANINOVÁ, D. (1975): Pedogeografická mapa ČSR 1:200 000, list C4 Brno. Geograf. ústav ČSAV, Brno.
- PITTER, P. (2002): Zdroje a odstraňování nutrientů. Vodní hospodářství, 52, č. 2, Praha, s. 29-31.
- PIVOKONSKÝ, M., BENEŠOVÁ, L., JANSKÝ, B. (2001) Evaluation of Water Quality in the River Cidlina. J. Hydrol. Hydromech, 49, č. 6, Praha, s. 376-406.

## Summary

### WATER QUALITY IN ŠLAPANKA RIVER CATCHMENT: MODEL SITUATION OF RURAL AREAS OF CZECHIA

The River Šlapanka catchment area is a river basin with remarkably contaminated surface water. We can specify the following parameters as being critical – nitrite and nitrate nitrogen, plus a lot of organic substances. Runoffs from cultivated farmlands and wastewater from separate residences without corresponding sanitation represent the main pollution sources. The problem of wastewater sanitation can be solved by means of installation of public sewerage systems and implementation of wastewater treatment plants which is rather costly. Especially in small communities, installation of wastewater treatment plants is hardly legally compellable. EU Directives impose wastewater sanitation to all urban units with 2000 to 10,000 inhabitants, but the Czech Government asked for a special exception until the year 2010. This granted exception would probably result in stagnation of the current unfavourable situation, or in its further deterioration in many rural Czech regions.

Another big problem is the contamination originating from agriculture. Even though adding of fertilizers to Czech soil decreased and is currently lower than the average amounts in the EU, no substantial drop of nitrates in water has occurred. A further reduction of runoff of these substances can be achieved by their proper application respecting both soil conditions and needs of the plants grown. It is necessary to implement efficient anti-erosive measures that could prevent, or at least partially limit, the runoff of substances from farmland areas. Besides changes in agricultural methods of soil cultivation, this means grass or forest planting on farmland. Formation of infiltration zones at the boundary between farmland and streams could bring about significant improvement as these zones can catch large amounts of dissolved matter and solid run-off with drained surface water. The prerequisite for an active implementation of these provisions is a clear ownership structure of land and connected land management.

- Fig. 1 – Location of Šlapanka River catchment.
- Fig. 2 – Monthly outflow. Axis x – month, axis y – percentage of the annual outflow.
- Fig. 3 – Seasons outflow. From the top clockwise: spring, summer, autumn, winter.
- Fig. 4 – Consumption of industrial fertilizers in Czechia per 1 ha of farmland (in kg of net nutrients). Axis x – year, axis y – consumption of fertilizers (kg/ha). Key from left: total, nitrogen, phosphorus, potassium.
- Fig. 5 – Possible animal breeding-caused load ( $BSK_5$  in g/ha per day) in year 2002. In key left:  $BSK_5$  (g/day/ha), in key right: settlements, water streams, limits of catchment.
- Fig. 6 – Possible population-caused load ( $BSK_5$  in g/ha per day) in year 2002. In key left:  $BSK_5$  (g/day/ha), in key right: settlements, water streams, limits of catchment.
- Fig. 7 – Map of quality profiles in Šlapanka river catchment. Key: settlements, water streams, limits of catchment, profile of state network (11), proper profile (1–10).
- Fig. 8 – Mírovka profile – dependence analysis of  $N-NO_3$  on flow (m) and season (n). Axis x – m – exceeded outflows, axis y –  $N-NO_3$  (mg/l) concentration, axis z – n – sequence of the day in the year.
- Fig. 9 – Mírovka profile – dependence analysis of  $PO_4^{3-}$  on flow. Axis x – outflow (m<sup>3</sup>/s), axis y –  $PO_4^{3-}$  (mg/l) concentration.
- Fig. 10 – Mírovka profile – development of  $BOD_5$  values during 1976–2003 period. Axis x – year, axis y –  $BOD_5$  (mg/l) concentration. Columns – characteristic value, line – average.
- Fig. 11 – Mírovka profile – development of  $N-NO_3$  concentration during 1976–2003 period. Axis x – year, axis y –  $N-NO_3$  (mg/l) concentration. Columns – characteristic value, line – average.

Fig. 12 – Mírovka profile – development of  $\text{PO}_4^{3-}$  concentration during 1994–2003 period. Axis x – year, axis y –  $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l) concentration. Columns – characteristic value, line – average.

Fig. 13 – Longitudinal profile of the Šlapanka river water quality. Axis x – river km, axis y –  $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_3$  and  $\text{BOD}_5$  concentration.

*(Pracoviště autorů: B. Janský – katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2, e-mail: jansky@natur.cuni.cz; P. Judová – postgraduální studentka katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2, e-mail: petra.judova@email.cz.)*

*Do redakce došlo 8. 2. 2005*