

Vliv Prahy na jakost vody ve Vltavě a v českém Labi

JOSEF K. FUKSA, LENKA SMETANOVÁ MATOUŠOVÁ

KLÍČOVÁ SLOVA: Vltava – Labe – Praha – podélný profil – jakost vody – antropogenní vlivy – odpadní vody – dusík – fosfor – eutrofizace – farmaka – řeky v intravilánu

SOUHRN

Text se zabývá vývojem jakosti vody Labe v úseku mezi soutokem s Vltavou a hraničním profilem Hřensko v období 1980–2020 a vlivem Prahy na jejich znečištění. Po významném zlepšení v letech 1985–2000 je dnes jakost vody odtékající profilem Hřensko přinejmenším na úrovni stavu ve Spolkové republice Německo. Hodnocení látkového transportu ukazuje, že Vltava přispívá do Labe větším podílem znečištění jen proto, že vykazuje vyšší průtoky. Praha se podílí na znečištění Vltavy a Labe vypouštěním fosforu. Pokud jde o ostatní dlouhodobě sledované ukazatele, je jen nevýznamným zdrojem.

V období 2010–2020 se standardně prokazuje významná úroveň zatížení vodních toků farmaky, která pocházejí výhradně z výtoků komunálních čistíren odpadních vod (ČOV). Mnoho farmak se pravidelně vyskytuje v koncentracích řádu desítek až stovek ng/l a rezistentní farmaka (gabapentin, metformin, oxipurinol, karbamazepin) přicházejí do Prahy již z povodí Vltavy i přes nádrže Orlík a Slapy s vysokou teoretickou dobou zdržení. Transport rezistentních farmak měrnými profily odpovídá především počtu obyvatel v jejich povodích, protože zjevně procházejí čistírnami a nerozkládají se ani dále v řece.

ÚVOD

Praha je potenciálně největším zdrojem znečištění Vltavy a po soutoku i českého úseku Labe. Pokusili jsme se proto tento zdroj posoudit objektivně, na základě dostupných dat o jakosti vody v dolní Vltavě a v dolním českém Labi, tedy v úseku mezi profily Podolí a Zelčín (Vltava nad Prahou a nad soutokem) a Obříství (Labe nad soutokem) a profilem Hřensko/Schmilka (Labe na státních hranicích). Základem textu je stejnojmenný příspěvek prezentovaný na XX. ročníku Magdeburského semináře [1]. Vltava i Labe mají na soutoku přibližně stejný dlouhodobý průměrný průtok, ale podstatně se liší velikostí povodí, při stejné hustotě osídlení jeho strukturou, lokalizací průmyslu i morfologií řeky a říční



Hlavním zdrojem znečištění Vltavy je pražská Ústřední čistírna odpadních vod (viz text). Zde je její původní výtok, dnes je posílena novou vodní linkou. (Foto: J. K. Fuksa)

krajiny (tab. 1). Morfologie říčního údolí umožnila na Vltavě postavení významných údolních nádrží, které regulují průtok Prahou, a to zejména v suchých obdobích, kdy udržují průtok nad cca 50 m³/s. Labe tyto možnosti nemá ani potenciálně a vliv regulace průtoku vypouštěním a akumulací v nádrži Orlík je v suchých letech patrný i v profilu Hřensko. Z hlediska relativního zatížení vodního toku představuje vypouštění odpadních vod do řeky při lokálním dlouhodobém průměrném průtoku pro Prahu 1,25 %. Pro významná sídla na Labi,

Tab. 1. Základní charakteristiky sledovaných povodí

Tab. 1. Basic characteristics of subbasins studied

Charakteristika	Vltava na soutoku	Labe na soutoku	Labe v Hřensku
Plocha povodí [km ²]	28 090	13 696	50 176
Průměrný průtok [m ³ /s]	150	148	319
Obyvatelstvo [v tis.]	3 331	1 603	6 118



Obr. 1. Koncentrace ukazatelů znečištění – desetileté průměry; levé sloupce jsou průměry z dat Ullika (Labe – Děčín, 1877) a Schulze (Vltava pod Prahou, 1913)

Fig. 1. Concentrations of pollution components – ten/years means; left columns are the year means of data of Ullik (Elbe – Děčín, 1877) and Schulz (Vltava downstream Prague, 1913)



Obr. 2. Desetileté průměry hodnot látkového transportu měřnými profily v tis. tunách/rok; druhý sloupec je součet transportu Labem a Vltavou nad soutokem
 Fig. 2. Ten-years means of transport through monitored profiles in thousand tons per year; second column represents the sum of transport/supply by Elbe and Vltava at the confluence

např. pro Hradec Králové a Pardubice, je to jen 0,52 % (počítáno ovšem v poměru k Labi, ne pro Velkou Strouhu), 0,075 % pro Kolín a pod soutokem s Vltavou už jen 0,059 % pro Ústí nad Labem a 0,026 % pro Děčín. Tento podíl se výrazně mění za nízkých průtoků a stává se zásadním za dlouhodobého nadsezonního sucha. Definice „sucha“ se pro jednotlivé profily a jejich povodí samozřejmě liší, ale pokud za ni považujeme spolehlivou hranici 25 % dlouhodobého průměrného průtoku, musíme počítat se čtyřnásobným zatížením vodního toku oproti průměru. Jediným zdrojem pro případné nadlepšování průtoků je Vltavská kaskáda a manipulace s průtokem se projevují i v hraničním profilu Hřensko. Labe nad soutokem tyto technické možnosti nemá, takže v suchých obdobích je průtok v labském profilu Obříství významně nižší než ve vltavském profilu Zelčín.

Vývoj jakosti vody a jejího sledování v oblasti je zpracován ve starších publikacích [2, 3]. Pro hodnocení vývoje jsou k dispozici dobrá referenční data, charakterizující celý roční cyklus. Zásadní je dílo Franze Ullika [4], jenž v době od 13. ledna 1877 do 13. ledna 1878 odebral každý den jeden vzorek z Labe v Děčíně (z přívozu, tedy zhruba ze středu řeky) a publikoval kompletní výsledky. Pro Vltavu je to práce Františka Schulze pro rok 1913 [5]. Pak jsou k dispozici pouze jednotlivé publikace a soustavný sběr dat byl zahájen cca v roce 1970, kdy začal postupně fungovat systematický monitoring jakosti československých řek, řízený Československým, dnes Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Do roku 2008 byla data tohoto monitoringu veřejně přístupná, nyní je lze získat na základě žádosti a příslušné smlouvy o jejich použití k přesně specifikovaným účelům. Historický vývoj jakosti vody ve Vltavě a v jejím povodí nad říčním kilometrem 100 (profil Živohošť na nádrži Slapy) rekonstruoval a systematicky sleduje a jeho souvislosti s hospodařením, spadem a vypouštěním odpadních vod v povodí publikuje tým vedený kdysi L. Procházkovou, dnes J. Kopáčkem [6–9].

METODIKA

Data prezentovaná v textu byla získána v rámci projektu „Voda pro Prahu“ [3], hlavně ale excerpcí z tištěných a digitálních ročenek *Jakost vody v tocích* vydávaných ČHMÚ a z veřejných databází spravovaných ČHMÚ. Datová řada z profilu Zelčín byla navázána na historický profil Vepřek, obdobně data z profilu Obříství na historický profil Na Štěpáně. Data od roku 2008 pocházejí (prostřednictvím ČHMÚ) přímo od pořizovatelů – státních podniků Povodí Vltava a Povodí Labe. Data o denních průtocích ve dnech vzorkování byla získána stažením z veřejné databáze na webových stránkách ČHMÚ.

VÝSLEDKY

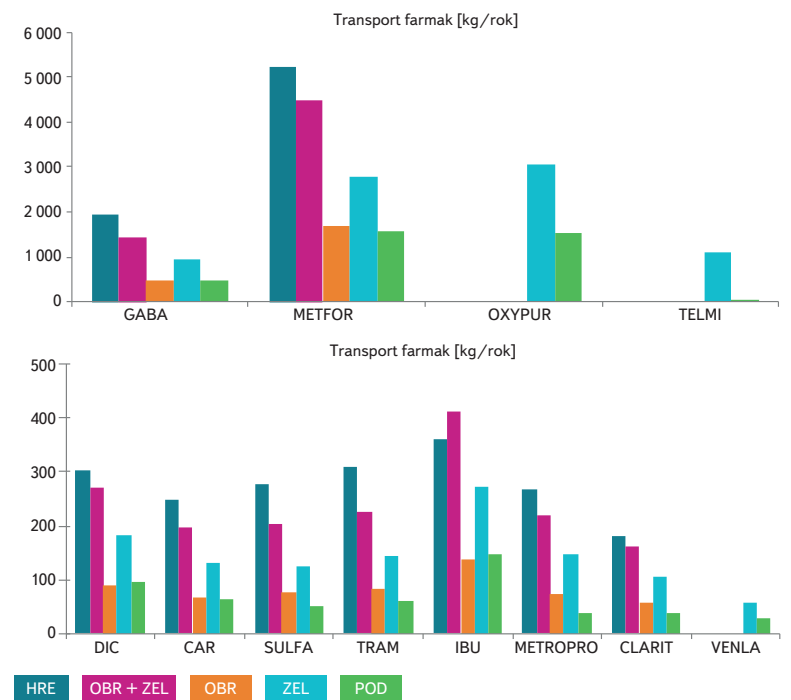
Výsledky jsou založeny na zpracování dat z monitoringu na následujících profilech:

Tab. 2. Lokalizace měrných profilů

Tab. 2. Localization of relevant river profiles

Profil	Akronym	Lokalizace	Poznámka
Hřensko/Schmilka	HRE	Labe, řkm 729	hraniční profil
Obříství	OBR	Labe, řkm 842	nad soutokem
Zelčín	ZEL	Vltava, řkm 4,5	nad soutokem, cca 39 km pod vyústěním ÚČOV
Podolí	POD	Vltava, řkm 56,2	nad Prahou

Vývoj koncentrací základních složek – ukazatelů jakosti vody – v úseku mezi soutokem Labe s Vltavou a hraničním profilem Hřensko/Schmilka (úsek cca 110 km) je znázorněn na obr. 1. Grafy jsou zpracovány jako průměry za desetiletí s tím, že v období 1981–1990 ještě některé hodnoty chybějí. První série sloupců v grafech prezentuje referenční historická data Ullika (Labe, 1877) a Schulze (Vltava, 1913) po přepočtení na současné způsoby prezentace (N-NO₃, P_{celk} apod.). Podstatné je, že dnešní koncentrace iontů jsou ve srovnání s „historií“ obecně vyšší, i když dnes mají stálý nebo klesající trend. Amoniakální dusík je nyní sice na původní úrovni, ale celkový přísun a transport dusíku řekami se podstatně zvýšil. V současnosti v řekách naprostě převládá dusičnan, před sty lety ve světových řekách neznámý nebo nevýznamný anion. Obecně klesají koncentrace síranu a vápníku. Vývoj je ve shodě s přísunem z povodí Vltavy [7, 9] a zajisté i se změnami vypouštění průmyslových odpadních vod do Labe nad soutokem, jež se odehrály především v období 1985–2000. Přírůstek průtoku mezi profily Podolí a Zelčín je zanedbatelný, takže z grafů je patrný i příspěvek Prahy v podobě nárůstu koncentrací mezi profily Podolí a Zelčín, většinou však nevýznamného. Příznivý vývoj jakosti vody v Labi v úseku Němčice–Hřensko i v profilu Zelčín je dokumentován např. obsahem toxických kovů (As, Cd, Pb, Hg) v bentických organismech [10].



Obr. 3. Transport farmak měrnými profily [kg/rok] – průměr za období 2010–2020. Druhý sloupec je součet transportu Labem a Vltavou nad soutokem. Akronymy farmak viz tab. 3
Fig. 3. Transport of pharmaceuticals through river profiles [kg/yr] – means for the period 2010–2020. Second column represents the sum of transport by Elbe and Vltava upstream the confluence. For acronyms see Tab. 3

Koncentrace jsou sice základním ukazatelem kvality vody v řekách, umožňujícím kontrolu kvality, hledání znečišťovatelů apod., pro účely naší práce je však důležitý transport jeho složek jednotlivými měrnými profily, tedy koncentrace násobené denním průtokem (Q_d). Obecně platí, že kolísání dat transportu je ovlivněno kolísáním denních průtoků podstatně více než kolísáním koncentrací, nicméně data z monitoringu poskytují každý rok 12 rovnoměrně rozložených „situací“, pro které lze vypočítat transport násobením koncentrace a průtoku. Z vývoje koncentrací je zřejmé, že poslední dvacetileté období je již stabilní – to znamená relativně stálé koncentrace (jejich roční průběhy), a tedy i to, že transport je řízen hlavně průtokem a záleží na typu přísunu jednotlivých



látek do toku. Grafy pro transport jsou zpracovány obdobně koncentracím na obr. 2. Do grafu je zahrnuta suma transportu Labem a Vltavou nad soutokem (OBR + ZEL), aby byl patrný rozdíl proti transportu hraničním profilem Hřensko. Není zde zahrnut profil Podolí (POD), protože rozdíly v průtoku profily Podolí a Zelčín jsou na úrovni této úvahy zanedbatelné a rozdíly transportu jsou dány jen rozdílem koncentrací, patrným z obr. 1. Hodnoty BSK5 a CHSK-Cr jsou obecně považovány za nekonzervativní složky znečištění, kontrolované mikrobiální degradací organického uhlíku v toku, ale jejich vývoj (pokles) v čase obecně odpovídá ostatním složkám.

Posledních 20 let už máme dostatek stále kvalitnějších informací o „nové“ složce znečištění – o léčivech, jež se po použití dostala kanalizací do ČOV a z nich do vodních toků [11]. Pro posledních cca 10 let jsou již k dispozici i spolehlivé řady dat, založené na standardizovaných technikách LC/MS. Za spolehlivou analytikou stojí precizní práce týmů kolegů M. Koželuha (Povodí Vltavy, s. p.) a M. Ferencíka (Povodí Labe, s. p.) a můžeme se jen těšit na další data a doufat, že budou souborně publikována. Na obr. 3 jsou obdobně zpracovány údaje o transportu farmak v období 2010–2020 pro látky, které se ve Vltavě a Labi běžně vyskytují ve stanovitelných koncentracích. Jejich seznam se stručným komentářem je uveden v tab. 3. Pro dlouhodobě sledované položky (ibuprofen, karbamazepin a diklofenak) jsou k dispozici údaje za celé toto období, pro další farmaka za období kratší – pro gabapentin, tramadol a clarithromycin za 7–9 let, pro metformin za 4 roky. Jen z Vltavy máme zatím data pro oxipurinol a telmisartan (2019–2020) a pro venlafaxin (5 let). Do hodnocení byla zařazena pouze

ta farmaka, jejichž koncentrace byly spolehlivě vyšší než meze stanovitelnosti použitých analytických metod (0,01–0,05 µg/l). V případě relativně čistého profilu Podolí jsme akceptovali případy „pod mezí stanovitelnosti“, pokud se vyskytovaly maximálně dvakrát až třikrát v roce, a do grafů jsme je zařadili jako hodnoty odpovídající mezi stanovitelnosti. Proto jsou hodnoty transportu do Prahy např. pro ibuprofen mírně nadhodnocené.

DISKUZE

Z grafů charakterizujících vývoj koncentrace a transportu dlouhodobě sledovaných klasických složek/ukazatelů znečištění plyne, že Praha a Vltava pod Prahou dnes nejsou pro povodí českého Labe nijak významným zdrojem znečištění (výjimky viz dále). Je to dáno jak postupnými úpravami ČOV na Vltavě a Labi, tak i zánikem nebo transformací velkých průmyslových zdrojů znečištění. Voda v Labi nad soutokem má zřetelně vyšší koncentrace síranu a vápníku, z profilu Obříství však nemáme historická data z přelomu 19. a 20. století. Historicky byly koncentrace sledovaných složek v Labi vyšší než ve Vltavě a v posledním desetiletí má Vltava na znečištění Labe vyšší podíl jen proto, že má vyšší průtoky. Ty jsou, jak už bylo uvedeno, dotované v létě vypouštěním z nádrže Orlik. Vývoj transportu dusíku a fosforu Vltavou odpovídá výsledkům Kopáčka a kol. [7, 9], včetně jejich rekonstrukcí historického stavu. Pro dusík, dnes převážně přítomný jen jako dusičnan, platí, že kolem 75 % pochází z nebudových zdrojů,

Tab. 3. Seznam farmak v grafech na obr. 3 a 4

Tab. 3. List of pharmaceuticals dealt in Figs 3 and 4

Akronym	Název	Poznámka
GABA	gabapentin	antidepresivum
METFOR	metformin	diabetes 2. typu
OXPUR	oxipurinol	metabolit alopurinolu, léčba dny apod. (jen Vltava 2019–2020)
TELM	telmisartan	vysoký krevní tlak (jen Vltava 2019–2020)
DIC	diklofenak	NSAID (pouze mateřská látka, bez metabolitů)
CAR	karbamazepin	antiepileptikum
SULFA	sulfamethoxazol	antibiotikum
TRAM	tramadol	opioid (proti bolestem)
IBU	ibuprofen	NSAID (pouze mateřská látka, bez metabolitů)
METOPRO	metoprolol	betablokátor (kardiologické problémy)
CLARIT	clarithromycin	antibiotikum
VENLA	venlafaxin	antidepresivum (jen Vltava 2019–2020)
IBU2	ibuprofen-2-hydroxy	metabolit ibuprofenu
THIA	hydrochlorothiazid	diuretikum (běžné v prepatátech proti vysokému krev. tlaku)
AZIT	azithromycin	antibiotikum
IOPR	iopromide	kontrastní látka
IOHEX	lohexol	kontrastní látka
ACES	acesulfam	umělé sladidlo
PARX	paraxanthine	umělé sladidlo

zatímco fosfor většinou z bodových zdrojů, a to i při relativně účinném chemickém odstraňování v ČOV [2]. Dusík v amoniakální formě se dnes vyskytuje jen v úsecích pod výtoky z ČOV, a to zejména v zimním období, kdy teplota vody limituje metabolismus nitrifikujících bakterií. Zimní vypouštění N-NH₄ je ovšem podporováno Nařízením vlády 401/2015 Sb., které to čistírnám do 10 000 připojených obyvatel při teplotách do 12 °C (v ČOV) dovoluje, i když to znamená ohrožení pro řeky, zejména pro menší vodní toky. Ve sledovaném úseku dolní Vltavy a Labe to zřejmě měřené hodnoty příliš neovlivňuje. I koncentrace dusičnanu vykazují sezonní průběh, resp. mírnou negativní korelaci s teplotou vody a pozitivní korelaci s průtokem, což můžeme vysvětlit jak aktivitou nebodových zdrojů, tak intenzitou nitrifikace. Podobný cyklus pro N-NH₄ a N-NO₃ lze pozorovat i na souboru Ullikových dat [4]. Zlepšení je patrné, protože v období 1980–1990 byly ještě koncentrace amoniakálního dusíku v profilu Hřensko tak vysoké, že teoretická spotřeba kyslíku pro jeho nitrifikaci byla srovnatelná s hodnotami BSK₅, u kterého podstatný podíl spotřeby kyslíku připadá na oxidaci organického uhlíku. Zásadní ovšem je, že dusičnanový dusík, dnes v Hřensku v koncentracích 3–4 mg/l N-NO₃, už celkem beze ztrát dorazí až do moře. Pokles transportu síranu a vápníku rovněž odpovídá obecnému poklesu acidifikace, průmyslového znečištění atd. [9]. V tomto ohledu lze obecně konstatovat, že současné znečištění řek je podle dlouhodobě sledovaných ukazatelů stabilně na nízké



Vzorkování v Ústřední čistírně odpadních vod. (Foto: J. K. Fuksa)



Pohled z pravého břehu Vltavy – ke každému historickému městu dnes patří starý hrad a moderní čistírna odpadních vod. „Starý“ výtok je patrný v pravé části snímku. (Foto: J. K. Fuksa)

úrovni a problémem zůstává pouze dusík a fosfor. Platí to i pro BSK₅ a CHSK-Cr, jejichž hodnoty jsou dnes ve sledované oblasti na hranici přírodního pozadí. Protože však „nadbytek“ fosforu i přes jeho regulaci trvá, průběhy BSK₅ a CHSK na dolních tocích řek vykazují sezonní charakter, daný produkcí fytoplanktonu, stále nedostatečně limitovaného vypouštěným fosforem. Zvláště významný je podíl celkového fosforu stanovený jako P-PO₄, tzv. rozpustný či fosfátový fosfor, který z významné části přichází z ČOV a je přímo přístupný jako zdroj fosforu pro biomasu fotosyntetizujících organismů v řece (biofilmů i fytoplanktonu). V grafech a budgetech pracujeme jen s hodnotami koncentrace celkového fosforu (P_{celk}), jež jsou na rozdíl od podílu P-PO₄ poměrně robustní a máme pro ně delší časové řady. Tato práce se problémem znečištění a eutrofizace zabývá na obecné úrovni, a proto se vyhýbá srovnávání s legislativními standardy a limity. Vymahatelné limity jsou mnohdy kompromisem mezi potřebou ochrany řek/recipientů odpadních vod a ochranou standardních technických možností provozovatelů ČOV. Je však nutno upozornit, že úroveň znečištění vodních toků a hledání problematických úseků se musí hodnotit podle koncentrací a transportních bilancí pro jednotlivé složky a podle jejich sezonního i dlouhodobého vývoje. Zjednodušené přístupy jako historické stanovení tříd čistoty (navíc s „aktualizovanými limity“) řešení spíše zatemňují. Navíc, pokud počítáme s trendem klimatické změny, tj. s dlouhými obdobími nízkých průtoků při stálém vypouštění z ČOV, nestačí ani posuzování podle průměrných celoročních dat.

Pro srovnání s vývojem kvality vody v Labi dále po proudu jsou k dispozici poslední veřejná data Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL) z roku 2010 [12]. Již tehdy byly parametry jakosti vody v hraničním profilu Hřensko/Schmilka „lepší“ než v profilu Magdeburg [2]. Hodnoty pro transport po proudu rostou s velikostí toku, takže pokud nerostou koncentrace, lze konstatovat, že látkový transport Labem z ČR do SRN nelze považovat za znečištění, ale je obrazem srovnatelné úrovně zatížení řek, čištění odpadních vod atd. v obou státech.



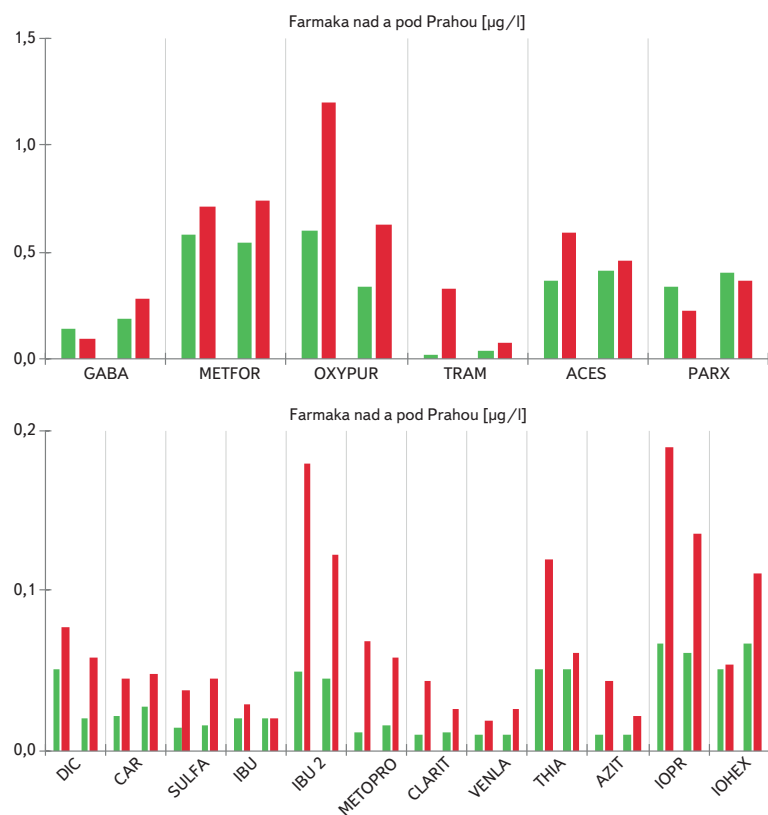
Vltava nad Prahou, pohled z Vyšehradu k jihu. Vltava protéká nádržemi Orlík a Slapy, které ovlivňují její jakost a teplotní režim – v létě je ještě v Praze studená a postupně se ohřívá, v zimě je relativně teplá, a proto už léta nezamrzá. Z levé strany se vlévá Berounka, která v tomto úseku ještě není kvůli teplotním rozdílům s Vltavou dokonale promíchána. (Foto: J. K. Fuksa)

Novým problémem jsou specifické polutanty – vedle pesticidů především farmaka. Jejich spotřebu lze jen obtížně omezovat. Jejich přísun do toků je dán pouze tím, co po použití a vyloučení projde kanalizací přes čistírny do řek. Z grafů na obr. 3 je patrné, že Praha je významný zdroj znečištění farmaky, ale že řada látek sem již přichází z povodí. Cca 30 % dlouhodobého průtoku Prahou přichází z Berounky a Sázavy. Uvážíme-li na úseku Vltavy nad Prahou ještě teoretické doby zdržení ve Vltavské kaskádě (Orlík cca 99 dnů, Slapy cca 37 dnů), je rezistence metforminu, gabapentinu, oxipurinolu (metabolit alopurinolu) atd. pozoruhodná. Teoretické doby zdržení lze ovšem pro odhad vlivu na rychlost postupu látek po proudu použít jen obecně, protože platí pouze pro dlouhodobý průměrný průtok plnou a nestratifikovanou nádrží. Reálně se voda z přítoku zařazuje do stratifikované nádrže podle aktuálních teplot/hustot a jednotlivé vrstvy postupují odděleně (podle vypouštění k turbínám). Objem Orlíku navíc během suchých let kolísá podle dotace průtoku Prahou, což reálnou dobu zdržení dále zkracuje.

Přepočteme-li transport rezistentních farmak na počty obyvatel nad jednotlivými sledovanými profily, rozdíly mezi profily se významně setrou, jelikož spotřeba farmak je v populaci uniformní. Proto můžeme data z dolních toků zobecnovat, na rozdíl od sledování malých povodí [13], v nichž se mohou významně projevit „ostrovy“ se specifickou produkcí farmak (léčebny apod.) a také dešťové odlehčení kanalizací. Na obr. 4 jsou uvedeny koncentrace vybraných farmak v podélném profilu Vltavy během průtoku Prahou (úsek 14,3 km) za dvou průtokových a teplotních situací. Vybranými farmaky míníme ty s pravidelným výskytem. Teplotní režim Vltavy ovlivňují především nádrže Orlík a Slapy, zatímco Berounka se do ní zleva zamíchává postupně a řeka je teplotně homogenní až v profilu Železniční most. Proto jsou v grafu uvedeny profily Železniční most (nad centrem Prahy, řkm 55,4) a Sedlec (cca 2 km pod výtokem z ÚČOV). Na dvou kontrolních profilech mezi nimi odpovídají poměry profilu Železniční

most (podrobnější informace viz [3]). Oproti obr. 3 jsou v grafech zpracovány ještě další látky typicky antropogenního původu – stopovače, umělá sladidla a nejběžnější metabolit ibuprofenu. Výsledky odpovídají bilanci transportu v celém povodí, zpracované na obr. 3. Pro farmaka prakticky nemáme k dispozici data pod profilem Hřensko, ale srovnatelnost úrovně znečištění Labe v ČR a SRN pravděpodobně platí také pro ně, i když se navíc mohou uplatňovat odlišné zvyky v jejich spotřebě.

Vypouštění a transport farmak je vážný problém a obecně závazek pro další sledování. Většinou se jedná o látky, jež nejsou pro mikrobiální společenstva v ČOV „zajímavé“ jako zdroj uhlíku a energie. Jejich koncentrace jsou nízké, takže nepodporují selekci degradujících kmenů nebo aktivaci příslušných enzymů. Jejich degradace je proto nanejvýše jen částečná, a pokud se nesorbují na kal apod., procházejí z velké části do řek. Technologie jejich efektivního odstraňování v ČOV jsou zatím v nedohlednu a odstraňování ve velkých úpravnách pitné vody (sorpční technologie) nejsou řešením pro vypouštění odpadních vod. Vzhledem k tomu, že ČOV jsou jediným zdrojem farmak, může jejich transport ovlivňovat i podzemní vody v nivě, včetně zdrojů pitné vody. Vliv farmak na společenstva organismů v řekách se stále více prokazuje – působí jako endokrinní disruptory, ovlivňují chování (vnímání predátorů a ochranu před nimi) atd., i když mnohé publikace tyto účinky předvádějí na koncentracích podstatně vyšších, než jsou skutečné koncentrace v tocích – našich i světových. Zde opět vystupuje do popředí riziko dlouhodobých nízkých průtoků v důsledku klimatické změny – přísuny z ČOV jsou stálé, ale za dlouhodobého sucha se zvyšuje podíl vyčištěných odpadních vod v tocích a vliv zbytkového znečištění se může projevit významněji, zejména když nízké průtoky ovlivní i hydromorfologické charakteristiky toků a jejich teplotní režim. To platí nejen pro farmaka, ale i pro fosfor a další látky.



Obr. 4. Koncentrace farmak nad Prahou (Železniční most, zelené sloupce) a pod Prahou (Sedlec, pod výtokem z ÚČOV, červené sloupce). Situace k 8. listopadu 2017 (levý pár sloupků) a 19. červenci 2018 (pravý pár sloupků). Kromě farmak na obr. 3 jsou přidány i další látky, včetně umělých sladidel (viz tab. 3). Akronyma viz tab. 3

Fig. 4. Concentrations of pharmaceuticals upstream (Železniční most, green columns) and downstream (Sedlec, downstream discharge from Prague WTP, red columns) Prague. Situation on 8 November 2017 (left pairs) and 19 July 2018 (right pairs). Beside of frequent pharmaceuticals (see Fig. 3) some substances are added, incl. artificial sweeteners. For acronyms see Tab. 3

Jedním z problémů interpretace nespojitých dat z monitoringu je možný vliv odlehčení kanalizace při srážkových příhodách. Pro aglomeraci velikosti Prahy, s kanalizací svedenou do jedné centrální ČOV, lze předpokládat, že při srážkové příhodě nebude odlehčení aktivní pro celé město. V případě dolních toků řek a velkých sídel proto bude tento jev podstatně méně významný než na malých tocích, a lze jej tudíž zanedbat. Pro malá sídla na menších řekách, tedy na vodních tocích s nižším průtokem a menší plochou povodí, je vliv krátkodobých odlehčení daleko významnější a prakticky znemožňuje zobecnění na úrovni, kterou si dovoluujeme použít pro dolní úsek Vltavy a českého Labe. Náš text se pokouší o syntézu dat za posledních 40 let a srovnání s historickým vývojem. Předpokládáme, že naše zobecnění povedou k hlubší analýze rozsáhlých souborů dat o jakosti vody v řekách ČR a faktorů, které ji ovlivňují.

ZÁVĚRY

1. V oblasti klasických ukazatelů znečištění není Praha významný zdroj znečištění Vltavy ani celého povodí českého Labe. Výjimkou je pouze přísun fosforu. Další snižování přísunu fosforu z ČOV je proto zásadní, nezávisle na plnění současných limitů vypouštění.
2. Úroveň klasických ukazatelů znečištění v hraničním profilu Hřensko/Schmilka je zcela srovnatelná s úrovní v SRN dále po proudu.
3. Z historického hlediska jsou koncentrace ukazatelů znečištění, ale i chloridu, síranu, alkalických kovů (Na, K) a kovů alkalických zemin (Mg, Ca) významně vyšší, než byly nalezeny v letech 1873 (Labe) a 1913 (Vltava), ale stále se postupně snižují.
4. Praha je významným zdrojem znečištění farmaky, protože úroveň jejich odstraňování v ČOV je obecně nedostatečná. Za současného stavu čistírenských technologií je to dáno zejména počtem obyvatel v povodích jako spotřebitelů a producentů farmak a dalších PPCP. Transport rezistentních farmak řekami je dálkový a závislý především na počtu obyvatel v jejich povodí.
5. Vývoj kvality řek v ČR je nutno podrobně zkoumat, mj. proto, že zvyšování výskytu dlouhodobých nízkých průtoků (v důsledku klimatické změny) může při stálém přísunu standardně čištěných odpadních vod vést k závažným problémům s kvalitou vody v řekách i při plnění současných limitů pro vypouštění. Pro sledování zatížení řek vypouštěním farmak jsou již k dispozici solidní metodický aparát i základní soubory dat a je nutno začít cílený průzkum mechanismů jejich přísunu, zahrnující i funkce ČOV a kanalizací, včetně dešťových odlehčení.
6. Vlastní monitoring kvality vody ve vodních tocích by měl podporovat rozvoj a zavádění citlivějších metod pro detekci polutantů, které jsou „nové“ nebo se svými výsledky již delší dobu pohybují pod limity stanovitelnosti zavedených metod. Tím by zde využitý pravidelný monitoring jakosti vody také lépe komunikoval s monitoringem provozovaným podle požadavků Rámcové směrnice pro vodní politiku ES (2000/60/EC).

Poděkování

Data pro publikaci byla zčásti získána v rámci prací na grantu „Pól růstu I a II – Voda pro Prahu“ a dílčím projektu „Říční tok v intravilánu – stanovení a optimalizace antropogenních tlaků“ (CZ.071.02/0.0/0.0/16_023/0000118). Autoři děkují státním podnikům Povodí Vltavy a Povodí Labe za jejich poskytnutí a V. Kodešovi z ČHMÚ za jejich úpravu a transport. Zvláštní dík patří lektorům, kteří významně přispěli k definitivní podobě textu.



Tato bystřina s čistými břehy na snímku je výtok z nové vodní linky ÚČOV, která je ve zkušebním provozu od roku 2018 a ústí kousek nad „starým“ výtokem. (Foto: J. K. Fuksa)

Literatura

- [1] FUKSA, J. K., SMETANOVÁ, L. The Influence of the City of Prague on Pollution of Vltava and Czech Elbe. In: *Magdeburský seminář o ochraně vod MGS-2021. Sborník abstraktů*. Magdeburg: MKOL/IKSE, 2021, s. 133–134.
- [2] FUKSA, J. K. Jakost vody v tocích ČR v roce 2013. *Vodní hospodářství*. 2016, 67(1), s. 4–8.
- [3] FUKSA, J. K., SMETANOVÁ, L. Vliv pražské aglomerace na jakost vody ve Vltavě. *Vodní hospodářství*. 2020, 70(11), s. 46–51.
- [4] ULLIK, F. Bericht über die Bestimmung der während eines Jahres im Profile von Tetschen sich ergebenden Quantitätsschwankungen der Bestandtheile des Elbewassers und der Mengen der von letzterem ausgeführten löslichen und unlöslichen Stoffe. *Pojednání Královské české společnosti nauk*. 1880, VI(10), s. 1–58.
- [5] SCHULZ, F. O čistotě a chemickém složení vod v Království českém. Díl I. Labe u Roudnice, Vltava u Prahy, Berounka u Radotína, Botič, Šárecký potok. *Zprávy ústavu ku podpoře průmyslu obchodní a živnostenské komory v Praze*. 1915, 31, s. 1–81.
- [6] PROCHÁZKOVÁ, L., BLAŽKA, P., KOPÁČEK, J. Changes in the Water Chemistry of the Vltava River from 1959 to 1993. In: BOGACKA, T., NIEMIRYCZ, E. (eds), *International Water Quality and Pollution: Pollution and Restoration*. London: E a FN Spon, 1997, s. 39–44.
- [7] KOPÁČEK, J., HEJZLAR, J., POSCH, M. Factors Controlling the Export of Nitrogen from Agricultural Land in a Large Central European Catchment During 1900–2010. *Environmental Science & Technology*. 2013, 47(12), s. 6400–6407.
- [8] KOPÁČEK, J., HEJZLAR, J., POSCH, M. Quantifying Nitrogen Leaching from Diffuse Agricultural and Forest Sources in a Large Heterogeneous Catchment. *Biogeochemistry*. 2013, 115, s. 149–156.
- [9] KOPÁČEK, J., HEJZLAR, J., PORCAL, P., ZNACHOR, P. Biogeochemical Causes of Sixty-Year Trends and Seasonal Variations of River Water Properties in a Large European Basin. *Biogeochemistry*. 2021, 154, s. 81–98.
- [10] KOLAŘIKOVÁ, K., STUHLÍK, E., LIŠKA, M., HORECKÝ, J., TÁTOSOVÁ, J., HARDEKOPF, D., LAPŠANSKÁ, N., HOŘICKÁ, Z., HOVORKA, J., MIHALJEVIČ, M., FUKSA, J. K., von TUMPLING, W. Long-Term Changes in the Bioaccumulation of As, Cd, Pb, and Hg in Macroinvertebrates from the Elbe River (Czech Republic). *Water, Air, & Soil Pollution*. 2012, s. 1–16.
- [11] FUKSA, J. K., SVOBODA, J., SVOBODOVÁ, A. Boli vás něco? Kolik léčiv od nás přiteče do ČOV? *Vodní hospodářství*. 2010, 60(1), s. 16–19.
- [12] MKOL. Mezinárodní komise pro ochranu Labe: *Tabulky hodnot fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů mezinárodního programu měření Labe 2010*. Magdeburg: MKOL/IKSE, 2011, s. 1–504.
- [13] STEJSKALOVÁ, L., FIALA, D., KÓLOVÁ, A., VÁŇA, M., KUČERA, J., SMETANOVÁ, L., ROSENDORF, P. Farmaka a vybrané mikropolutanty v surových a čištěných odpadních vodách v povodí VN Švihov. *Vodní hospodářství*. 2021, 71(12), s. 6–14.

Autoři

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.

✉ josef.fuksa@vuv.cz

Ing. Lenka Smetanová Matoušová

✉ lenka.smetanova@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-0271-8473

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022.03.002

INFLUENCE OF PRAGUE CITY ON QUALITY OF WATER IN THE VLTAVA AND CZECH ELBE RIVERS

FUKSA, J. K.; SMETANOVÁ MATOUŠOVÁ, L.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

Keywords: Vltava – Elbe – longitudinal profile – water quality – anthropogenic pressure – wastewater – nitrogen – phosphorus – eutrophication – pharmaceuticals – urban rivers

Paper deals with the development of water quality of the river stretch of Elbe between the confluence Elbe/Vltava and the Hřensko/Schmilka on the frontier Czech Republic/Federal Republic of Germany in the period 1980–2020 and with the influence of Prague City on its pollution. After the significant improvement in the period 1985–2000, the quality of water discharged through the profile Hřensko generally complies with the German level at least. Assessment of the transport budgets shows that Vltava river contributes more to the system only as having higher water discharges. Prague City contributes to the pollution of Vltava and Elbe only by discharge of phosphorus, for the rest of common pollution items it functions only as a non-significant source.

In the period 2010–2020 a significant level of concentrations of pharmaceuticals appears, as discharged exclusively from communal wastewater treatment plants. Many drugs occur usually in concentrations at the level on tenths to hundreds nanograms per litre. Resistant drugs (gabapentin, metformin, oxipurinol and carbamazepine) are transported to Prague from the Vltava basin upstream, passing through Orlik and Slapy reservoirs with total mean retention time ca. 140 days. Transport of those resistant drugs primarily communicates with population in the watersheds of river profiles studied, as they obviously pass the wastewater treatment plants and they resist to degradation processes in the river, too.