

Cizorodé látky ve vodním prostředí a jejich vliv na ryby

Znečištění vodního prostředí cizorodými látkami je významným faktorem ovlivňujícím zdravotní stav ryb, jejich reprodukci i hygienickou kvalitu. V důsledku rozvoje průmyslové činnosti ve 20. stol. došlo k dramatickému zvýšení množství chemických látek kontaminujících životní prostředí. V současné době se běžně používá téměř 100 000 chemických sloučenin. Tyto sloučeniny se různými cestami dostávají do prostředí a mohou ovlivňovat organismy včetně člověka. Jejich negativní vliv však je velmi složitý a často i nemožné jednoznačně prokázat – na organismy totiž nepůsobí jednotlivé kontaminanty samostatně, ale v různorodých směsích, v nichž se v přírodě vyskytují.



Příčiny znečištění vodního prostředí

Obecně lze za hlavní zdroje cizorodých látek ve vodním prostředí považovat průmysl, zemědělství a komunální odpadní vody, a to i ty „vyčištěné“ v čistírnách odpadních vod (ČOV). V minulosti se na znečišťování vodního prostředí nejvíce podílela průmyslová výroba. Mezi nejvýznamnější látky průmyslového původu patřily toxické kovy (např. rtuť, kadmium či olovo) a organochlorované sloučeniny (např. polychlorované bifenyly – PCB, hexachlorbenzen – HCB, dioxiny). Po zavedení dokonalejších čistírenských technologií a zákazu výroby i používání řady nebezpečných látek už nejsou přísuny škodlivin z uvedených zdrojů do volných vod tak významné. Přesto většina těchto sloučenin v životním prostředí stále přetrvává. Problémem jsou hlavně kontaminované usazeniny v tocích a nádržích a také staré ekologické zátěže nacházející se poblíž vodních toků. Z nich se tyto látky do vodního prostředí neustále uvolňují a ovlivňují potravní řetězce, jejichž součástí jsou i ryby.

Především v minulosti se na znečišťování vod podílela intenzivní zemědělská výroba nadměrně využívající průmyslová hnojiva a perzistentní pesticidy, které dlouho zůstávají v prostředí (např. hexachlorcyklohexan – HCH, dichlordifenyltrichlorethan – DDT). Zlepšení situace nastalo v souvislosti se změnou technologií zemědělské výroby a v důsledku používání poměrně rychle odbouratelných pesticidů. Nicméně právě výskyt zbytků (reziduí) moderních pesticidů ve vodách představuje v současnosti poměrně významný problém, a to dokonce ve vodárenských nádržích. I v bezprostředním okolí těchto nádrží se často provozuje zemědělská výroba včetně plošné aplikace pesticidů.

V současné době jsou zřejmě hlavním zdrojem znečištění komunální odpadní vody. Po výstavbě čistíren odpadních vod v nedávné minulosti se podstatně zlepšila kvalita vody v našich tocích, především však z hlediska zatížení organickými látkami a nutrienty (do vodního prostředí se již v takové míře nedostávají např. fekálie ani odpady z potravinářského průmyslu nebo živočišné výroby; z odpadních vod jsou odstraňovány i rozpuštěné živiny – to znamená především dusíkaté sloučeniny, méně pak fosfor). Méně se však změnila co se týče přítomnosti cizorodých chemických sloučenin. Člověk se ve svém běžném životě obklopuje stále novými chemikáliemi, které mohou negativně ovlivňovat nejen jeho zdraví, ale i ekosystémy, do nichž se následně dostanou. Za nejvýznamnější se v tomto ohledu dnes považují především farmaka a chemické látky pro osobní

1 Zaústění „vyčištěných“ komunálních odpadních vod z čistírny odpadních vod (ČOV) do malého toku – současné technologie čištění vody nejsou schopny zcela odstranit řadu nebezpečných látek. Pokud množství vody vytékající z ČOV tvoří přibližně 20 % a více z celkového průtoku v recipientu (toku, do kterého voda z ČOV vytéká), velmi často se u ryb žijících v ovlivněné části toku objevují různé fyziologické změny a poruchy rozmnožování.



potřebu člověka (Pharmaceuticals and Personal Care Products – PPCP). Farmaka, např. antibiotika, jsou obecně biologicky vysoce účinné látky, což znamená, že působí na organismy již ve velmi nízkých koncentracích. Část PPCP je zahrnována do skupiny tzv. endokrinních disruptorů (Endocrine Disrupting Chemicals – EDC). EDC jsou syntetické nebo přirozené se vyskytující chemikálie, které již v minimálním množství ovlivňují rovnováhu normálních hormonálních funkcí u živočichů. Poškození endokrinního systému ryb může ve svém důsledku způsobit i poruchy jejich reprodukce. Mezi biologicky neúčinnější EDC patří steroidní léčiva (např. antikoncepce) a jejich metabolity. V největších koncentracích jsou steroidní látky zpravidla nalézány v komunálních odpadních vodách, a také ve vodě odtékající z ČOV. Vyskytují se i v povrchových vodách. Po průniku do vodního ekosystému mohou steroidní hormony negativně působit na vodní organismy a krajním projevem jejich přítomnosti může být např. feminizace samců (viz dále v textu) a vznik hermafroditismu. Běžně dostupné technologie čištění odpadních vod do značné míry hladiny steroidních látek snižují, ale jejich konečná koncentrace přesto může snadno překračovat hranice, při nichž lze předpokládat negativní vliv na vodní organismy a zejména ryby. V případě nejúčinnějších steroidních látek byly příznaky feminizace samců pozorovány dokonce již při koncentracích nižších než 1 ng/l. Do skupiny EDC řadíme kromě mnoha průmyslových polutantů a pesticidů také např. některé tzv. mošusové (musk) sloučeniny, což jsou syntetické analogy pižma různých druhů zvířat, používané jako vonné esence v širokém sortimentu spo-

třebního zboží, a degradační produkty některých tenzidů (saponátů – povrchově aktivní sloučeniny usnadňující rozpouštění a odstraňování nečistot, často jsou součástí čistících a pracích prostředků). Přítomnost EDC v životním prostředí se považuje za jednu z nejzávažnějších příčin poruch rozmnožování organismů, včetně člověka.

Bohužel existující čistírenské technologie nedokáží zcela odstranit mnohé z těchto biologicky aktivních sloučenin. Široké spektrum chemikálií se tak prostřednictvím „vyčištěných“ odpadních vod vypouštěných z ČOV dostává do vodního prostředí. Koktejl obsahující směsi těchto sloučenin pak může exponované organismy ovlivňovat mnohem více než stále klesající koncentrace průmyslových škodlivin. Vliv na vodní organismy stoupá se snižujícím se naředěním vypouštěné vody vodou toku, do něhož výpusť ČOV ústí. Jak vyplývá z dosavadních sledování, nejhorší situace tedy není – jak by se mohlo na první pohled zdát – na dolních tocích velkých řek, ale na menších tocích, kde jsou nižší průtoky a voda vypouštěná do nich z ČOV se tam ředí méně (obr. 1).

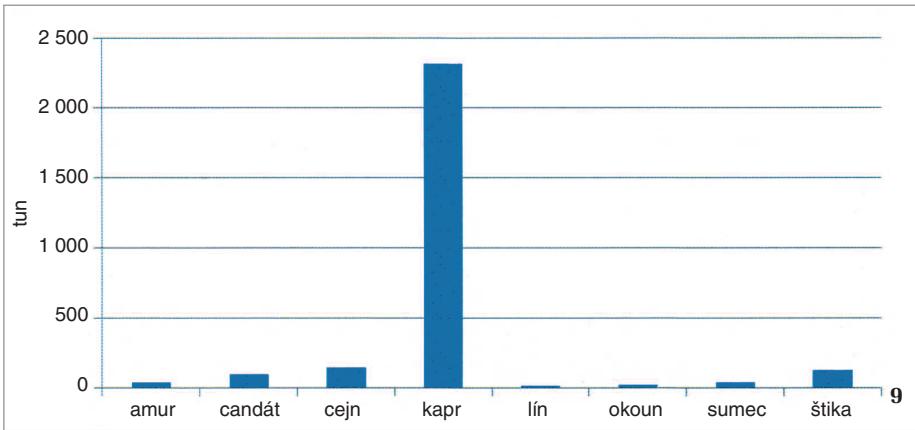
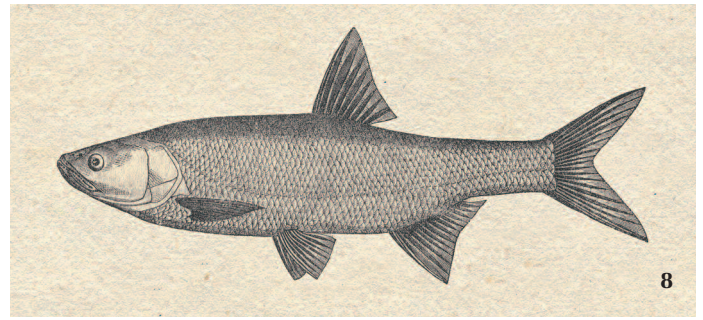
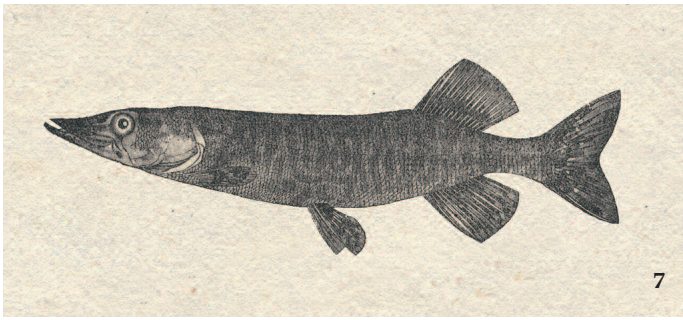
Odstranění všech cizorodých sloučenin v procesu čištění odpadních vod i pitné vody není v běžných provozech ekonomicky ani technicky reálné. Je velmi pravděpodobné, že zbytkové koncentrace většiny cizorodých látek, které procházejí přes čistírny do vodního prostředí, nepředstavují významný problém z hlediska následného ovlivnění organismů. Je však přítomna řada sloučenin, které naopak negativní účinek mají. Úkolem nynějšího výzkumu je tyto sloučeniny a jejich působení identifikovat, posoudit jejich nebezpečnost a následně ve spolupráci s firmami zabý-

vajícími se vývojem čistírenských technologií vyvinout a otestovat vhodné a ekonomicky dostupné dočišťovací postupy odstraňující ty nejnebezpečnější látky.

Vliv znečištění na ryby

Takové koncentrace škodlivin, které by měly za následek hromadné úhyny ryb, se v našich vodách již nevyskytují tak často jako v minulosti, nicméně i relativně nízké množství cizorodých látek má na vodní organismy včetně ryb negativní vliv a vyvolává u nich různé adaptační reakce. Často jsou zasaženy systémy jaterních enzymů, které zbavují tělo toxických látek, probíhají různé stresové reakce až na





2 Pstruh obecný (*Salmo trutta*) se používá jako bioindikátor při studiu vlivu znečištění vodního prostředí na ryby žijící v horních úsecích toku.

3 Jelec tloušť (*Squalius cephalus*) často slouží jako bioindikátor vlivu znečištění vody na ryby ve středních a dolních úsecích toku.

4 Vypreparovaný nádor na pohlavních orgánech samce jelce tlouště odchyceného na soutoku Bíliny a Labe v Ústí nad Labem (2004)

5 Odběr vzorků z ryb v terénu

6 Rekreační rybáři a jejich rodiny konzumují rybí maso ve větším množství a častěji než ostatní populace. Snímky T. Randáka

7 Štika obecná (*Esox lucius*) patří mezi druhy stojící na konci potravního řetězce, u nichž se vyskytují nejvyšší koncentrace rtuti ve svalovině, zvláště pokud žijí ve vodních tocích.

8 Bolen dravý (*Leuciscus aspius*; rodové jméno podle nových fylogenetických poznatků, Perea a kol. 2010) – sportovními rybáři ceněná ryba, která se již od délky 10 cm živí dravě. V potravě bolena převažují menší druhy kaprovitých ryb (*Cyprinidae*) a malí jedinci okounovitých (*Percidae*). Obývá řeky i údolní nádrže. Obr. 7 a 8 ukázky ryb v kresbách z článku A. Friče České ryby (Živa 1859)

9 Průměrné roční úlovky sportovních rybářů v revírech Českého rybářského svazu (ČRS) v období let 1990–2012. Zdroj dat: statistiky ČRS. Z archivu autora

buněčné úrovni apod. Dostanou-li se do vody látky s podobným biologickým účinkem, jaký mají ženské pohlavní hormony, může u samců docházet k biochemickým procesům typickým pro samice. Při vyšších koncentracích těchto látek ve vodním prostředí mohou probíhat i změny na pohlavních orgánech (obr. 4), poruchy rozmnožování a v krajním případě dojde až ke zvratu pohlaví samců. Některá farmaka

(jako antidepresiva) mohou ovlivňovat i chování ryb. Např. v nedávno publikované studii švédských vědců (Brodin a kol., Science 2013, 339: 814–815) byly popsány účinky v řece Fyris (protéká městem Uppsala) se vyskytujícími koncentracemi antidepresiva oxazepamu na chování okounů říčních (*Perca fluviatilis*). Ryby vystavené těmto reálným koncentracím ztracely plachost a dravost.

Část cizorodých látek má schopnost se v tělech ryb hromadit, což může vést ke zhoršení kvality rybího masa a vnitřností a omezit jejich požitelnost. Naopak např. steroidy se v rybách nekumulují, pouze je ovlivňují tím, že jsou neustále „dodávané“ do prostředí, ve kterém ryby žijí. Navíc při tepelné úpravě degradují, takže z hlediska konzumace nepředstavují problém. Z cizorodých látek, pro něž jsou v české legislativě stanoveny hygienické limity koncentrací v rybím masě, je u našich druhů ryb nejproblematičtější rtuť.

Rtuť se ukládá v tkáních, což v případě ryb znamená, že s rostoucím věkem se zvyšují i koncentrace tohoto těžkého kovu. Z hlediska jednotlivých tkání bývají nejvyšší hodnoty obsahu rtuti v běžně zatížených lokalitách zjišťovány ve svalovině, v silně zasažených místech pak také v játrech. Obecně se nejvyšší koncentrace tohoto kovu vyskytují u druhů na konci potravního řetězce, tedy u dravých ryb – např. u bolena dravého (*Leuciscus aspius*, obr. 8), candáta obecného (*Sander lucio-perca*), okouna říčního (*Perca fluviatilis*), štiky obecné (*Esox lucius*, obr. 7) nebo sumce velkého (*Silurus glanis*). Hygienický limit pro obsah rtuti ve svalovině (v masě) ryb je evropskou směrnici stanoven na 0,5 mg/kg svaloviny (v případě štiky obecné 1 mg/kg). Obsah rtuti ve svalovině ryb pocházejících z neznečištěného prostředí v našich podmínkách nepřesahuje hodnotu 0,2 mg/kg svaloviny. V rybnících bývají naměřeny hodnoty obsahu rtuti ve svalovině ryb nižší než 0,1 mg/kg. Nejvyšší

koncentrace jsou v rámci ČR nalézány v rybách vyskytujících se na středním toku české části Labe (mezi Pardubicemi a Mělníkem) a také v nádrži Skalka u Chebu. V těchto lokalitách dochází velmi často k překračování výše uvedeného hygienického limitu pro obsah rtuti ve svalovině ryb, a to zejména u dravých druhů.

Obecně lze říci, že z hlediska obsahu cizorodých látek (hlavně rtuti) ve svalovině jsou v našich podmínkách pro konzumaci nejproblematičtější velké (staré) exempláře dravých druhů ryb pocházející z volných vod (řek, přehradních nádrží) a především ty žijící ve zmíněných významně znečištěných lokalitách. Maso těchto ryb proto nelze doporučit k pravidelné konzumaci. Naopak kapr obecný (*Cyprinus carpio*), který je u nás nejčastěji konzumovanou a také v rybářských revírech lovenou rybou (obr. 9), z pohledu cizorodých látek zdravotní riziko nepředstavuje. Dokonce se není nutno obávat běžně lovené velikosti kaprů ani v zatížených lokalitách. Kapři se totiž do revírů vysazují většinou až v lovných velikostech (obvykle tříleté ryby) a do té doby vyrůstají v podmínkách rybníčních chovů, které u nás prakticky nejsou zatíženy cizorodými látkami. Nejvíce kaprů sportovní rybáři odloví krátce po vysazení a případný negativní vliv dané lokality je tudíž nevýznamný. Relativně nízké koncentrace škodlivých látek se zjišťují i v masě dalších často odchycených kaprovitých ryb, jako jsou např. cejn velký (*Abramis brama*) a plotice obecná (*Rutilus rutilus*), protože se živí hlavně zooplanktonem nebo bentosem a představují tedy nižší článek potravního řetězce než dravé (často rybožravé) druhy ryb. Chovy ryb – rybníční i faremní – jsou obecně naprosto minimálně kontaminovány cizorodými látkami a ryby produkované v podmínkách české akvakultury lze považovat v tomto ohledu za nezatížené.

Přestože v rybím masě bývá někdy zaznamenána zvýšená hladina některých škodlivých sloučenin, není nutno se vyhýbat jeho konzumaci. Obsahuje nezbytné látky, které si lidský organismus sám vytvořit nedokáže, např. biologicky vysoce hodnotné nenasycené mastné kyseliny, bílkoviny, vitamíny či stopové prvky. Rybí maso je velice dobře stravitelné. Vyvážená dieta se zastoupením ryb přispívá k prevenci onemocnění srdce a cév, u dětí podporuje zdravý růst a vývoj tělesných tkání. V případě pravidelné konzumace především dravých ryb ze zatížených lokalit je však určitá opatrnost na místě. Ryby odchované v rybnících jednoznačně patří mezi dieteticky nej kvalitnější potraviny na našem trhu.