

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,

Fakulta rybářství a ochrany vod,

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Hodnocení vlivu běžných zdrojů komunálního znečištění na vodní prostředí

Autor: Václav Šatra

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Randák, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Petra Beránková

Místo a rok odevzdání: České Budějovice, 2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra rybářství a myslivosti

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav ŠATRA**

Studijní program: **B4103 Zootechnika**

Studijní obor: **Rybářství**

Název tématu: **Hodnocení vlivu běžných zdrojů komunálního znečištění na vodní prostředí**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce: Cílem práce bude posoudit vliv běžných zdrojů znečištění (ČOV) situovaných na horních tocích na kontaminaci vodního prostředí.

Metodický postup: V roce 2009 bude provedeno hodnocení kontaminace vodního prostředí na 3 vybraných lokalitách nacházejících se pod čistírnami komunálních odpadních vod a 3 lokalitách nacházejících se nad těmito potenciálními zdroji znečištění. Sledované ČOV se budou nacházet na horních tocích. Vliv bodových zdrojů znečištění na vodní prostředí bude ve sledovaných lokalitách hodnocen pomocí stanovení vybraných cizorodých látek v rybách a v sedimentu. Indikátorovým druhem bude pstruh obecný (*Salmo trutta* m. *fario* L.). V odebraných směsných vzorcích svaloviny ryb a sedimentů bude zjišťována přítomnost mošusových látek (MCs), bromovaných zpomalovačů hoření (BFRs) a perzistentních organochlorovaných polutantů (POPs - PCB, DDT, HCH, HCB, OCS). V individuálních vzorcích svaloviny budou zjišťovány koncentrace rtuti. Ve směsných vzorcích jater ryb bude zjišťována přítomnost perfluoroalkylovaných sloučenin PFCs. Porovnáním zjištěných koncentrací sledovaných sloučenin v lokalitách nad a pod zdroji znečištění bude zjišťován vliv těchto zdrojů na kontaminaci vodního prostředí.

Rozsah grafických prací: 4 - 7 tabulek a grafů

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Svobodová, Z. et al., 1987. Toxikologie vodních živočichů. SZN, Praha, 231 s.

Randák, T. a kol., 2007. Výzkum vlivu polutantů přítomných ve vodním prostředí na ryby. Výroční zpráva projektu SP/2e7/229/07, 20 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**

Katedra rybnářství a myslivosti

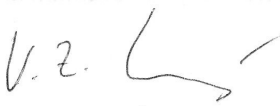
Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Petra Beránková**

Katedra rybnářství a myslivosti

Datum zadání bakalářské práce: **28. ledna 2009**


Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2010**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

L.S.


doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 26. března 2009

Anotace:

Cílem práce bylo posoudit vliv běžných zdrojů (ČOV) situovaných na horních tocích a na kontaminaci vodního prostředí. V roce 2009 bylo provedeno hodnocení kontaminace vodního prostředí na třech vybraných lokalitách nacházejících se pod čistírnami komunálních odpadních vod a třech lokalitách nacházejících se nad těmito potenciálními zdroji znečištění. Indikátorovým druhem byl pstruh obecný. V odebraných směsných vzorcích svaloviny ryb a sedimentů dna byla zjišťována přítomnost rtuti, POPs, MUSK, BFRs.

Annotation:

The aim of the thesis was to assess the impact of current sources of sewage treatment plant (STP) located upstream on the contamination of the aquatic environment. In 2009 contamination assessment was carried out at three selected sites located within the municipal sewage treatment plant and at three sites located above these potential sources of pollution. Brown trout (*Salmo trutta m.fario L.*) was the indicated species. The presence of MUSK materials, brominated flame retardants (BFRs) and organochlorinated persistent pollutants (POPs) was being detected within the selected samples of fish muscles and sediments.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské (nebo diplomové) práce, a to v nezkrácené podobě případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU (viz. opatření rektora R 83). Zveřejnění je elektronickou formou v databázi STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum: 4. 5. 2010

Václav Šatra

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří přispěli jakýmkoliv způsobem ke vzniku této práce.

Především děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomášovi Randákovi, Ph.D. za vedení a odbornou pomoc poskytnutou při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat konzultantce Mgr. Petře Beránkové za poskytnuté rady a odbornou pomoc.

Na závěr bych chtěl poděkovat svým rodičům za poskytnuté zázemí, trpělivost a podporu a tím umožnění studia na vysoké škole.

Obsah:

1. Úvod	9
2. Literární řešení	10
2. 1 Rtuť	10
2. 2 Perzistentní organochlorované populanty – POPs (PCB, DDT, HCB, HCH)	11
2. 3 Syntetické analogy pižma	12
2. 4 Bromové zpomalovače hoření (BFRs)	14
3. Metodika	15
3. 1 Charakteristika sledovaných zdrojů znečištění	15
3. 2 Odběr vzorků	16
3. 3 Použité analytické metody	17
3. 4 Porovnání s hygienickými limity	19
4. Výsledky	20
4. 1 Obsah rtuti	20
4. 2 Obsah PCB	21
4. 2. 1 Obsah PCB v sedimentu dna	21
4. 2. 1 Obsah PCB ve svalovině analyzovaných ryb	22
4. 3 Obsah DDT	23
4. 3. 1 Obsah DDT v sedimentu dna	23
4. 3. 2 Obsah DDT ve svalovině analyzovaných ryb	24
4. 4 Obsah HCH	25
4. 4. 1 Obsah HCH v sedimentu dna	25
4. 4. 2 Obsah HCH ve svalovině analyzovaných ryb	25
4. 5 Obsah HCB	26
4. 5. 1 Obsah HCB v sedimentu dna	26
4. 5. 2 Obsah HCB ve svalovině analyzovaných ryb	27
4. 6 Obsah MUSK	28
4. 6. 1 Obsah MUSK v sedimentu dna	28
4. 6. 2 Obsah MUSK ve svalovině analyzovaných ryb	29
4. 7 Obsah BFRs	30

4. 7. 1	Obsah BFRs v sedimentu dna	30
4. 7. 2	Obsah BFRs ve svalovině analyzovaných ryb	31
5.	Diskuse	32
5. 1	Hg – Rtuť	32
5. 2	PCB – Polychlorované bifenyly	32
5. 2. 1	PCB v sedimentu dna	32
5. 2. 1	PCB ve svalovině ryb	33
5. 3	DDT – Dichlordifenyltrichlormethylmethyn	33
5. 3. 1	DDT v sedimentu dna	33
5. 4. 1	DDT ve svalovině ryb	33
5. 4	HCH – Hexachlorhexan	34
5. 4. 1	HCH v sedimentu dna	34
5. 4. 2	HCH ve svalovině ryb	34
5. 5	HCB – Hexachlorbenzen	35
5. 5. 1	HCB v sedimentu dna	35
5. 5. 2	HCB ve svalovině ryb	35
5. 6	MUSK – Syntetické analogy pižma	36
5. 6. 1	MUSK v sedimentu dna	36
5. 6. 2	MUSK ve svalovině ryb	36
5. 7	BFRs – Bromové zpomalovače hoření	37
5. 7. 1	BFRs v sedimentu dna	37
5. 7. 2	BFRs ve svalovině ryb	37
6.	Závěr	38
7.	Seznam použité literatury	39
8.	Přílohy	44
Příloha A		44
Příloha B		44
Příloha C		51
Abstrakt		52

1. Úvod:

Vlivem antropogenní činnosti dochází ke kontaminaci životního prostředí různými polutanty. Tyto polutanty se dostávají do potravních řetězců a ohrožují tak i zdraví člověka. Mezi tyto kontaminanty řadíme především toxické kovy (např. rtuť - Hg, olovo - Pb, kadmium - Cd,) a perzistentní organochlorované polutanty (POPs) – především polychlorované bifenyly - PCB, hexachlorocyklohexan - HCH, hexachlorbenzen – HCB 1,1,1 – trichloro – 2,2 - bis (4 - chlorophenyl) ethane – DDT. Jejich kumulace ve vodních organizmech, zvláště pak v rybách, může mít významný vliv na zdraví člověka.

Cílem této práce bylo sledovat vliv běžných čistíren odpadních vod na zatížení ryb žijících ve volných vodách ČR vybranými cizorodými látkami. Za tímto účelem byly zjišťovány koncentrace vybraných polutantů v rybách vyskytujících se nad a pod čistírnami odpadních vod (ČOV) Prachatice, Brloh a Pacov.

2. Literární rešerše:

Hlavními zdroji kontaminace vodního prostředí jsou odpadní vody z průmyslu a zemědělství. Nejvyšší hodnoty obsahu cizorodých látek jsou obvykle zjišťovány v ústích řek, v údolních nádržích s velkým povodím a pod velkými aglomeracemi (Randák a kol., 2005, 2006a, b). Jsou ale známy i významně kontaminované lokality nacházející se na horních tocích, které jsou obvykle ovlivňovány nějakým významným zdrojem znečištění (Svobodová a kol., 2004; Kolářová a kol., 2005). Také v rámci stávajícího monitoringu cizorodých látek v ekosystémech povrchových vod je kladen důraz především na sledování kontaminace dolních toků významných řek ČR (tzv. závěrových profilů) a také na hodnocení vlivu významných průmyslových aglomerací na vodní ekosystémy. Nejčastěji sledovanými polutanty jsou právě toxické kovy (rtuť – Hg, kadmium – Cd, olovo – Pb) a perzistentní organochlorované polutanty (POPs) – především PCB, HCH, HCB, DDT (Randák a kol., 2006b).

2. 1 Rtuť:

Nejvýznamnějším kontaminantem z řady klasicky sledovaných ukazatelů je v současnosti jednoznačně rtuť. V případě rtuti dochází k její kumulaci ve svalovině v průběhu života ryby. Tzn., že nejvyšší koncentrace jsou nalézány u starších ryb (Dušek a kol., 1999). Obecně nejvyšší koncentrace obsahu rtuti ve svalovině jsou nalézány u druhů stojících na konci potravních řetězců, tzn. u dravých druhů ryb (např. štika obecná, bolen dravý, sumec velký, candát obecný, okoun říční) (Maršálek a kol., 2005; Žlábek a kol., 2005). Ve svalovině ryb se rtuť kumuluje převážně ve formě toxické methylrtuti (Maršálek a kol., 2006, 2007; Kružíková a kol., 2008). Nejvyšší koncentrace tohoto kovu v rybách jsou nalézány v rybách vyskytujících se na středním toku české části Labe (mezi Pardubicemi a Mělníkem) a v nádrži Skalka u Chebu. V těchto lokalitách dochází

také velmi často k překračování hygienického limitu pro obsah rtuti ve svalovině ryb stanoveného evropskou směrnicí ES č. 1881/2006 (0,5 mg.kg⁻¹ svaloviny (štika, úhoř 1 mg.kg⁻¹)). V rybních jsou obvykle nalézány hodnoty obsahu rtuti ve svalovině ryb nižší než 0,1 mg.kg⁻¹ (Žlábek a kol., 2002a,b; Svobodová a kol., 2002; Piačková a kol., 2003; Maršálek a kol., 2007).

2. 2 Perzistentní organochlorované polutanty - POPs (PCB, DDT, HCB, HCH):

Dalším kontaminantem sledovaných ukazatelů jsou POPs (perzistentní organické populanty – PCB, DDT, HCB, HCH). V případě POPs dochází k jejich kumulaci ve svalovině tržních kaprů a v sedimentu dna. To znamená, že nejvyšší koncentrace jsou nalézány u starších ryb (Dušek a kol., 1999). Nejvyšší koncentrace jsou nalézány na řece Labi, kde se nacházejí ČOV. V těchto lokalitách také dochází k častému překročení hygienického limitu pro obsah těchto sloučenin, který je dán evropskou směrnicí ES č. 1881/2006 ve svalovině ryb. Hygienický limit pro obsah PCB je 2 mg/kg svaloviny, HCH má limit 0,02 mg/kg svaloviny, HCB 0,05 mg/kg svaloviny, DDT 0,5 mg/kg svaloviny. Hodnoty v této lokalitě se pohybovaly v rozmezí 2,2 až 2,9 mg/kg svaloviny. V rybnících jsou obvykle hodnoty obsahu POPs ve svalovině ryb o několik řádů nižší než 2mg/kg svaloviny (Žlábek et al., 2004, Randák et al., 2004a).

PCB (polychlorované bifenyly) jsou látky, které byly syntetizovány koncem 19. století. Tyto látky se využívají v elektrotechnickém, strojírenském a chemickém průmyslu. Do vodního prostředí se dostávají průmyslovými odpadními vodami, z podniků, které tyto látky vyrábějí. PCB patří mezi nejstabilnější organické sloučeniny a mají vysokou kumulační schopnost. Nejvyšší hodnoty jsou zjišťovány u dravých a tučných ryb. PCB přecházejí do potravních řetězců, kumulují se v rostlinných i v živočišných organismech.

DDT je čistá, bílá krystalická látka téměř bez zápachu. Dříve byla u nás používána jako insekticid. DDT a jeho rozkladné produkty se hromadí v potravních řetězcích. Akumulační koeficient u DDT dosahuje hodnoty 10^4 .

Nejvyšší obsah DDT, HCH, HCB je zjišťován u ryb odlovených z ústí velkých řek, dravých ryb a ryb s vysokým obsahem tuku.

HCB je velmi stálá, málo těkavá sloučenina lipofilní povahy s nízkou rozpustností ve vodě a naopak výraznou schopností se kumulovat v tukových tkáních organismů. V životním prostředí se rozkládá velmi pomalu. HCB se užívá jako fungicid, desinfekční prostředek. Jako průmyslová chemikálie se používá při výrobě pyrotechniky, syntetického kaučuku a hliníku. Jeho fungicidních vlastností se využívá při ošetřování pšenice a moření osiva.

HCH byl vyráběn pro své insekticidní účinky, zejména pro používání v zemědělství jako prostředek k hubení zvířecích a lidských parazitů i na ošetřování lesních a jiných porostů. Také se hromadí v živých organismech.

V současné době začínají být předmětem sledování také další cizorodé sloučeniny, které často vstupují do vodního prostředí běžnými komunálními odpadními vodami a u řady z nich byl prokázán negativní vliv na exponované organismy. Na některé z těchto látek (MUSK, BFRs, PFCs) bude zaměřena pozornost i v průběhu řešení této práce.

2.3 Syntetické analogy pižma:

Syntetické analogy pižma („MUSK“ sloučeniny) - se řadí mezi relativně nově objevená environmentální xenobiotika. Pižmo představovalo řadu let jednu z nejdůležitějších vonných surovin používaných při aromatizaci kosmetických přípravků, především při výrobě parfémů. Poptávku po vonných látkách

vyplývající z postupně vzrůstajícího objemu výroby těchto produktů nebylo již možné krýt z přirozených zdrojů, a tak byly intenzivně hledány možnosti přípravy syntetických preparátů. Syntetické analogy „pižma“ se tak postupně staly náhradou přírodních jak při výrobě luxusních parfémů a jemných vonných kompozic, tak jako přísad do toaletních mýdel, avivážních a pracích prášků i dalších čistících prostředků používaných v domácnostech. Některé z nich se používají též jako přísady do osvěžovačů vzduchu či při výrobě cigaret, navíc jsou ve velké míře využívány jako tzv. fixativa zvyšující stabilitu vonných komponent daného produktu. Skupina syntetických „musk“ sloučenin je na trhu s kosmetickými přípravky zastoupena zejména jejich polycyklickými či nitrovanými, méně pak makrocyclickými analogy:

1. polycyklické „musk“ sloučeniny: celestolide (ADBI)
phantolide (AHDI)
traseolide (ATII)
galaxolide (HHCB)
tonalide (AHTN)
2. nitrované „musk“ sloučeniny: musk xylene (MX)
musk ketone (MK)

Důsledkem vysoké spotřeby „musk“ sloučenin zejména v kosmetickém průmyslu je jejich všudypřítomný výskyt. Stopové koncentrace těchto látek byly postupně prokázány prakticky ve všech složkách životního prostředí. Jako hlavní zdroj emisí „musk“ sloučenin do životního prostředí byly jednoznačně identifikovány komunální odpady obsahující zbytky různých kosmetických a čistících přípravků, průnik jejich složek do řek či podzemních vod a hromadění v biotických tkáních vodních organismů, zejména ryb.

Vzhledem ke skutečnosti, že k bioakumulaci „musk“ sloučenin v organismech dochází především mechanismem, který odpovídá biokoncentraci, odráží velikost nálezů aktuální stav zátěže dané lokality a je zřejmé, že vodní organismy (ryby) reprezentují mimořádně vhodné bioindikátory zátěže vodního

ekosystému. Z pohledu hodnocení toxikologických a environmentálních rizik jde v případě „musk“ sloučenin o látky v životním prostředí poměrně obtížně biodegradovatelné a zároveň značně stabilní vůči působení běžných fyzikálně-chemických faktorů. Nejčastěji používané „musk“ sloučeniny vykazují relativně nízkou akutní a subchronickou toxicitu. Mají estrogenní účinnky. Souhrn uvedených vlastností zákonitě rezultuje ve schopnost „musk“ sloučenin kumulovat se v biotech, tedy i v organismu člověka. Informace o toxickém působení jednotlivých zástupců „musk“ sloučenin jsou zatím velmi omezené (Balk et Ford, 1999; Fromme et al., 2001; Rimkus et al., 1997; Hájková a kol., 2007).

2. 4 Bromované zpomalovače hoření (BFRs):

BFRs jsou různorodou skupinou desítek organických sloučenin bromu užívaných jako přísada plastů, textilií a dalších materiálů, jež má zabránit hoření nebo zpomalit šíření ohně. Tyto látky přetrvávají ve výrobcích a uvolňují se z nich po celou dobu jejich životnosti. BFRs se užívají zejména v elektrických a elektronických zařízeních, dopravních prostředcích, osvětlovacích tělesech a elektrických vodičích, podlahových krytinách, bytových textiliích a izolačních materiálech. V současné době jsou nejvíce používány polybromované difenylethery (PBDE) a hexabromcyklododekan (HBCD).

Důvody pro rostoucí znepokojení vyvolané používáním BFR's jsou jejich toxicita, persistence (tendence přetrvávat v prostředí) a uvolňování se ze spotřebních výrobků při jejich běžném používání. Řada BFR's se vyznačuje vysokým stupněm akumulace v biologických materiálech. BFRs se podobají strukturou i mnohými vlastnostmi lépe prozkoumaným polychlorovaným bifenylym (PCB). Dosud provedené studie prokázaly výskyt BFRs prakticky ve všech složkách přírodních ekosystémů. Toxikologické studie prokázaly negativní vliv těchto látek na nervovou i hormonální soustavu organismů, byl prokázán i

genotoxický účinek (Beusekom et al., 2006; Law et al., 2006; Wit, 2002; Hajšlová a kol., 2007).

Cílem práce bylo posoudit vliv běžných zdrojů znečištění (ČOV) situovaných na horních tocích a na kontaminaci vodního prostředí.

3. Metodika:

V roce 2009 byly sledovány 3 zdroje převážně komunálního znečištění na vodní prostředí a na ryby. Aby bylo možné zhodnotit skutečný vliv bodových komunálních zdrojů kontaminace vodního prostředí na vodní organismy, byla pozornost zaměřena na vytipované zdroje takovéto kontaminace (obce) situované na horních tocích. Jednalo se obvykle o první obce nacházející se na daném toku. Jako kontrolní lokality byly vybírány úseky toků nacházející se nad obcí a jako „kontaminované“ byly sledovány úseky toků nacházející se bezprostředně pod nejvýznamnějším vyústěním komunálních odpadních vod ze sledované obce do toku. Jako indikátorový druh byl zvolen pstruh obecný (*Salmo trutta m. fario* L.). Bylo provedeno hodnocení kontaminace vodního prostředí na 6 vybraných lokalitách nacházejících se na malých tocích v povodí Labe nad a pod čistírnami komunálních odpadních vod. Sledovány byly lokality Pacov (Keitovský potok), Brloh (Brložský potok) a Prachatice (Živný potok).

3. 1 Charakteristika sledovaných zdrojů znečištění:

Prachatice – okresní město se 13 000 obyvatel nacházející se na Živném potoce v jižní části České republiky. Je zde pouze lehký průmysl a také nemocnice. V okolí města je zemědělská výroba. ČOV Prachatice je hlavním zdrojem kontaminace Živného potoka. Výtok vyčištěných vod z této ČOV tvoří přibližně 20 % průtoku hlavního toku. Lokalita nad Prachaticemi byla situována 1.5 km nad výtokem z ČOV, lokalita pod ČOV pak přibližně 200 m pod tímto výtokem.

Pacov - obec s 5 000 obyvatel nacházející se na Kejtovském potoce na rozhraní Českomoravské vysočiny a jižních Čech mezi Tábořem a Pelhřimovem. Je zde pouze lehký průmysl. V okolí města je zemědělská výroba. ČOV Pacov je hlavním zdrojem kontaminace Kejtovského potoka. Výtok vyčištěných vod z této ČOV tvoří přibližně 2 % průtoku hlavního toku. Lokalita nad Pacovem byla situována přibližně 1 km nad výtokem z ČOV, lokalita pod ČOV pak přibližně 100m pod tímto výtokem.

Brloh - město s 1 000 obyvatel nacházející se na Brložském potoce mezi Prachaticemi, Českým Krumlovem a Českými Budějovicemi. V okolí města je zemědělská výroba. ČOV Brloh je hlavním zdrojem kontaminace Brložského potoka. Výtok vyčištěných vod z této ČOV tvoří přibližně 0,25 % průtoku hlavního toku. Lokalita nad Brlohem byla situována přibližně 2 km nad výtokem z ČOV, lokalita pod ČOV pak přibližně 100 m pod tímto výtokem.

3. 2 Odběr vzorků:

Vliv bodových zdrojů znečištění na vodní prostředí byl ve sledovaných lokalitách hodnocen pomocí stanovení vybraných cizorodých látek v rybách a v sedimentu. Indikátorovým druhem byl pstruh obecný (*Salmo trutta* m. *fario* L.). Odlov ryb byl prováděn pomocí elektrických agregátů. Na každé lokalitě bylo analyzováno 10 – 20 ks ryb. Bezprostředně po odlovu byly ryby usmrceny, změřeny, zváženy a byly odebrány šupiny na určení věku. Následně byly odebrány vzorky svaloviny na stanovení obsahu cizorodých látek. Vzorky tkání na chemické analýzy byly uloženy do termoboxů se šupinkovým ledem a později zamraženy při – 18 °C. V odebraných směsných vzorcích svaloviny ryb a sedimentů byla zjišťována přítomnost „MUSK“ sloučenin (ADBI, AHDI, ATII, HHCB, AHTN, MX, MK), BFRs a POPs (PCB, DDT, HCH, HCB, OCS). V individuálních vzorcích svaloviny byly zjišťovány koncentrace rtuti.

3.3 Použité analytické metody:

Stanovení obsahu celkové rtuti v tkáních ryb a v sedimentu bylo provedeno metodou AAS na jednoúčelovém analyzátoru rtuti AMA-254 (ALTEC s.r.o.). Analýzy vzorků na obsah MUSK, BFRs, PFCs, POPs v rybách a v sedimentu provádělo pracoviště Ústavu chemie a analýzy potravin VŠCHT Praha.

Indikátorové kongenery PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) a vybrané organochlorové pesticidy (OCP) byly ze vzorků extrahovány dle Soxhleta (svalovina: n-hexan-dichlormethan, 1:1, v/v, sediment: dichlormethan), přečištění získaného extraktu bylo provedeno pomocí gelové permeační chromatografie (GPC). Identifikace/kvalifikace výše zmíněných látek (PCB, OCP) byla provedena metodou plynové chromatografie ve spojení s hmotnostním spektrometrem (GC-MS). Obsah tuku v extraktech vzorků rybí svaloviny byl stanoven gravimetricky. U vzorků sedimentů byla stanovena sušina sušením při 105°C po dobu 24 hodin.

Syntetické analogy pižma byly ze vzorků rybí svaloviny, extrahovány dle Soxhleta (n-hexan-dichlormethan, 1:1, v/v), ze vzorků sedimentů byly izolovány extrakcí podpořeny ultrazvukem 3 x 300 min, dichlormethan). Přečištění získaného extraktu bylo provedeno pomocí gelové permeační chromatografie (GPC). Identifikace/kvalifikace výše zmíněných látek byla provedena metodou plynové chromatografie s využitím hmotnostního detektoru (GC/MS-Q). Obsah tuku v extraktu vzorků rybí svaloviny byl stanoven gravimetricky. U všech vzorků byla stanovena sušina sušením při 105°C po dobu 24 hodin.

Vybrané polybromované difenyletery (PBDE) a hexabromocyklododekan (HBCD) byly ze vzorků extrahovány dle Soxhleta

(svalovina, n-hexan-dichlormethan, 1:1, v/v, sediment: dichlormethan), přečištění získaného extraktu bylo provedeno pomocí gelové permeační chromatografie (GPC). Identifikace/kvalifikace výše jednotlivých kongenerů PBDE byla provedena metodou plynové chromatografie s využitím hmotnostního detektoru (GC/MS-Q) operujícího v módu negativní chemické ionizace. Identifikace/kvantifikace isomerů HBCD (alfa, beta, gama) byla provedena metodou kapalinové chromatografie s využitím tandemového hmotnostního detektoru (LC-MS/MS) typu trojitého kvadrupolu. Obsah tuku extraktu vzorku rybí svaloviny byl stanoven gravimetricky. U všech vzorků byla stanovena sušina sušením při 105°C po dobu 24 hodin.

3. 4 Porovnání s hygienickými limity:

Výsledky analýz svaloviny ryb byly konfrontovány s příslušnými hygienickými limity. V současné době stanovuje hygienické limity a nejvyšší přípustná množství (NPM) kontaminantů v potravinách nařízení Komise 1881/2006/ES (nahrazuje 466/2001/ES), Vyhláška MZd č. 68/2005 Sb. a Vyhláška č. 305/2004 Sb. (Tab. 1.).

Tabulka č. 1. Hygienické limity:

Polutant	HYGIENICKÉ LIMITY			
	Svalovina ryb	úhoř	jednotky	zdroj
Hg	0,5	1,0 (+ štika)	mg.kg ⁻¹	ES č. 1881/2006
Pb	0,3	-	mg.kg ⁻¹	ES č. 1881/2006
Cd	0,05	0,1	mg.kg ⁻¹	ES č. 1881/2006
Σ PCB	2,0 (jedlý podíl)	-	mg.kg ⁻¹	Vyhláška č. 305/2004 Sb.
Σ DDT*	0,5	-	mg.kg ⁻¹	Vyhláška č. 68/2005 Sb.
γ-HCH*	0,05	-	mg.kg ⁻¹	Vyhláška č. 68/2005 Sb.
Σ α+β HCH*	0,02	-	mg.kg ⁻¹	Vyhláška č. 68/2005 Sb.
HCB*	0,05	-	mg.kg ⁻¹	Vyhláška č. 68/2005 Sb.

* Pro ryby s obsahem tuku vyšším než 10% je maximální limit vyjádřen v mg.kg⁻¹ tuku. V těchto případech je maximální limit roven 10násobku hodnoty stanovené vyhláškou.

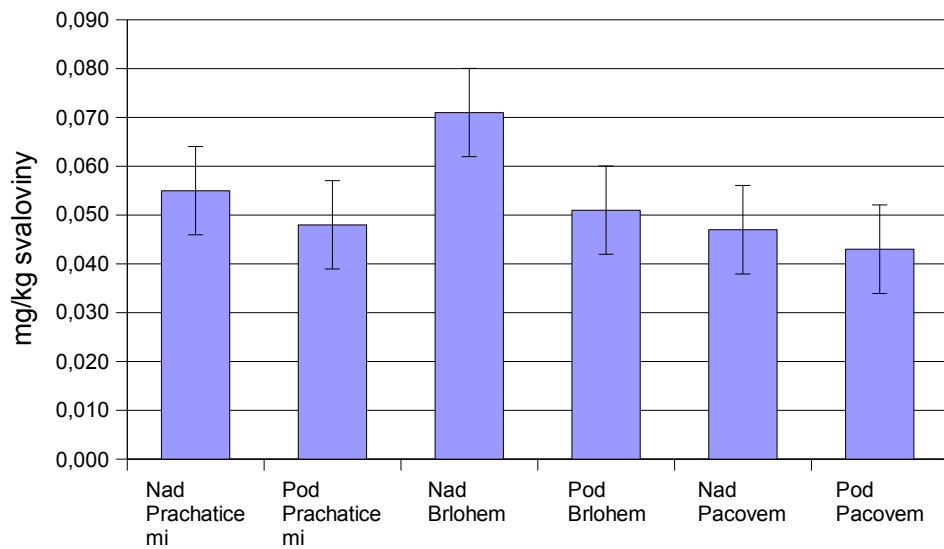
Statistické vyhodnocení výsledků bylo provedeno analýzou variance v programu STATISTIKA 8.0 (ANOVA – Tuckey Test).

4. Výsledky:

4.1 Obsah rtuti:

Nejvyšší hodnoty obsahu rtuti ve svalovině pstruhů obecných byly naměřeny nad Brlohem, nejnižší hodnota byla pod Pacovem (Obr. č. 1). Statistická analýza prokázala statisticky významný ($P < 0,01$) rozdíl mezi lokalitou nad Brlohem a lokalitami nad Prachaticemi, pod Pacovem, nad Pacovem. Mezi dalšími lokalitami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Zjišťované hodnoty se pohybovaly hluboko pod hygienickým limitem.

Obr. č. 1: Obsah rtuti ve svalovině analyzovaných ryb

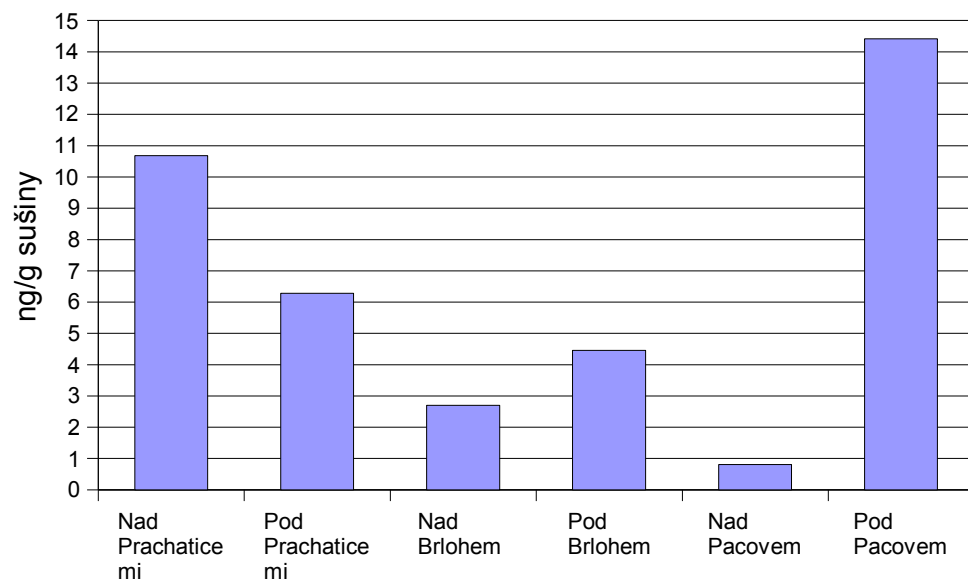


4. 2 Obsah PCB:

4. 2. 1 Obsah PCB v sedimentu dna:

Nejvyšší hodnota obsahu PCB v sedimentu dna (Obr. č. 2) byla naměřena pod Pacovem, nejnižší nad Pacovem. S výjimkou lokality Prachatice byly nalezené hodnoty obsahu PCB v sedimentu vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. Nejnižší koncentrace byly zjištěny v lokalitách pod Brlohem a nad Brlohem.

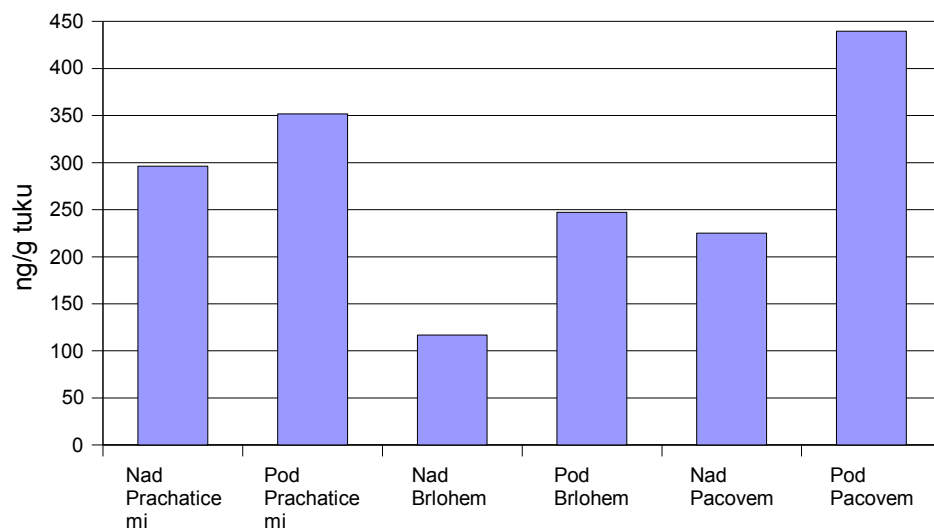
Obr. č. 2: Obsah PCB v sedimentu dna



4. 2. 2 Obsah PCB ve svalovině analyzovaných ryb:

Nejvyšší hodnota obsahu polychlorovaných bifenyly ve svalovině analyzovaných ryb (Obr. č. 3) byla naměřena v lokalitě pod Pacovem a činila 439,8 ng/g tuku, přibližně poloviční obsah byl nad Pacovem. Ve všech případech byly hodnoty obsahu PCB v tuku ryb vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. Nejnižší koncentrace PCB v rybách byla nalezena nad ČOV Brloh. Koncentrace v mokrém vzorku (slouží k porovnání s hygienickým limitem) se pohybovaly v rozmezí 0,003 – 0,016 mg/kg svaloviny (jedlého podílu) tedy hluboko pod hygienickým limitem.

Obr. č. 3: Obsah PCB ve svalovině analyzovaných ryb

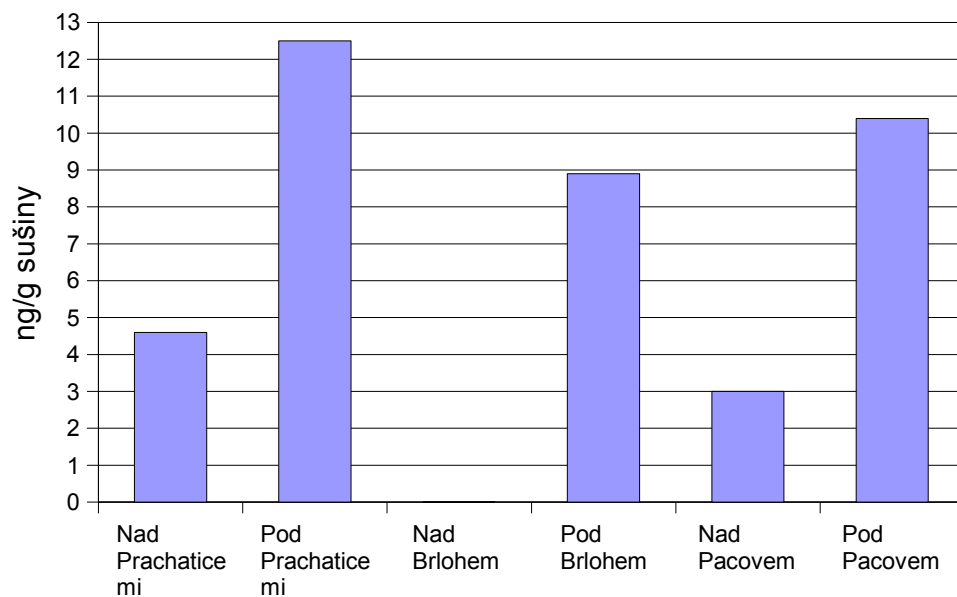


4.3 Obsah DDT:

4.3.1 Obsah DDT v sedimentu dna:

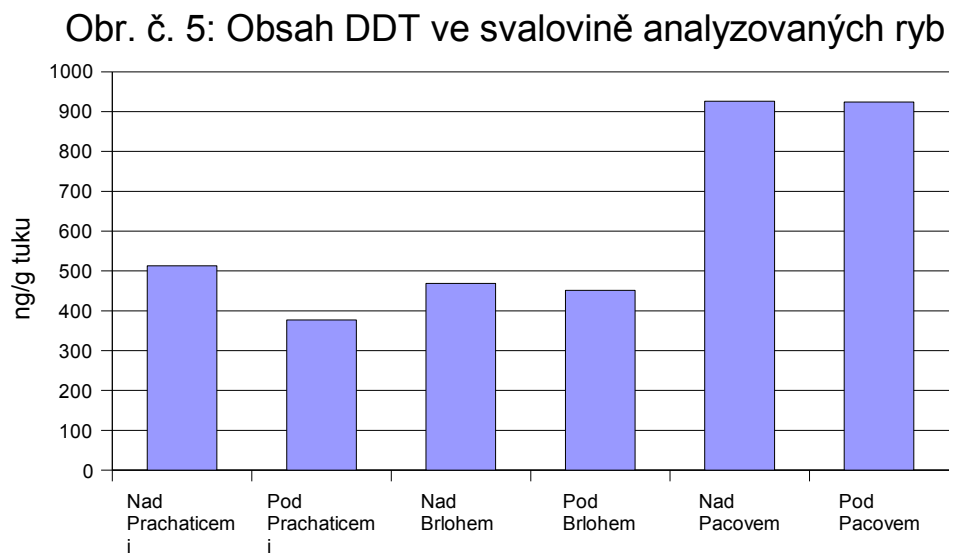
Nejvyšší hodnota obsahu DDT v sedimentu dna (Obr. č. 4) byla naměřena pod Prachaticemi. Ve všech případech byly hodnoty obsahu DDT v sedimentu výrazně vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. Nejnižší koncentrace (pod mezí detekce) DDT v sedimentu byla nalezena nad ČOV Brloh.

Obr. č. 4: Obsah DDT v sedimentu dna



4. 3. 2 Obsah DDT ve svalovině analyzovaných ryb:

Nejvyšší hodnoty obsahu DDT ve svalovině ryb (Obr. č. 5) byly naměřeny v lokalitách nad i pod Pacovem. Ostatní lokality mají obdobné hodnoty zatížení (lokalita nad Prachaticemi, nad Brlohem, pod Brlohem). Nejnižší zatížení měla lokalita pod Prachaticemi. Koncentrace v mokrém vzorku (slouží k porovnání s hygienickým limitem) se pohybovaly v rozmezí 0,01 – 0,033 mg/kg svaloviny (jedlého podílu) tedy hluboko pod hygienickým limitem.

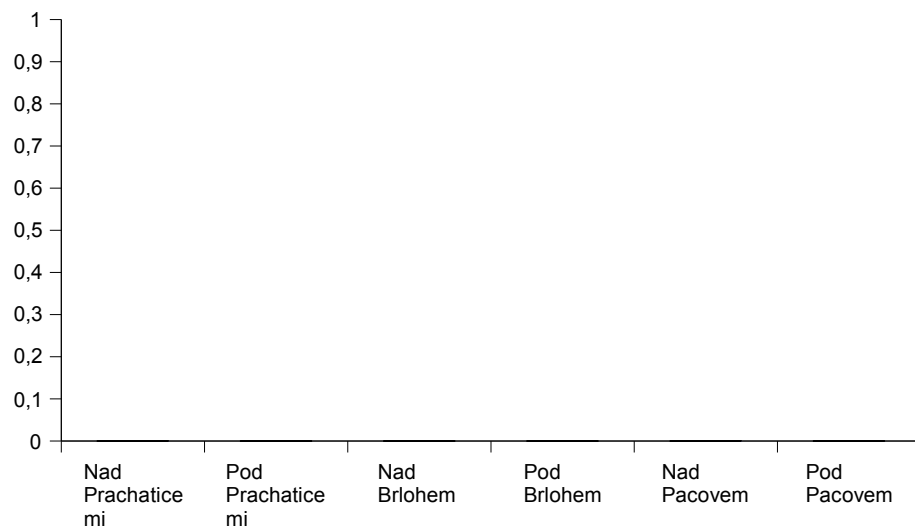


4. 4 Obsah HCH:

4. 4. 1 Obsah HCH v sedimentu dna:

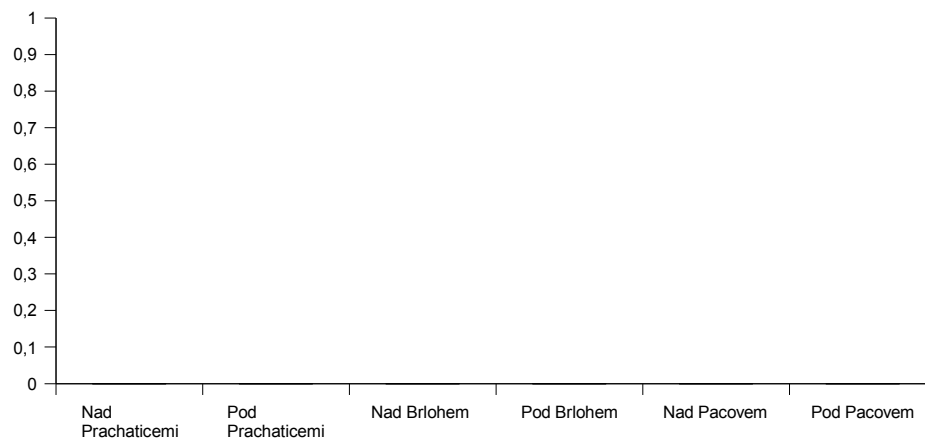
HCH - Koncentrace v mokrém vzorku (slouží k porovnání s hygienickým limitem) se pohybovaly ve všech případech (Obr č. 6 a 7) pod mezí detekce analytické metody, tedy hluboko pod hygienickým limitem.

Obr. č. 6: Obsah HCH v sedimentu dna



4. 4. 2 Obsah HCH ve svalovině analyzovaných ryb:

Obr č. 7: Obsah HCH ve svalovině analyzovaných ryb

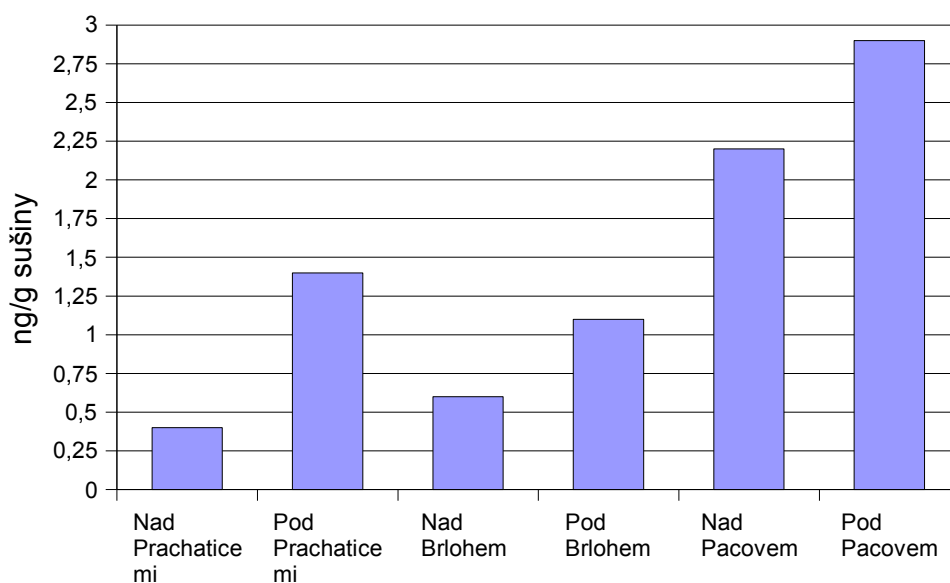


4. 4 Obsah HCB:

4. 4. 1 Obsah HCB v sedimentu dna:

Nejvyšší hodnota obsahu HCB v sedimentu dna (Obr. č. 8) byla naměřena v lokalitě pod Pacovem, v lokalitě nad Pacovem byla hodnota mírně nižší. Ve všech případech byly hodnoty obsahu HCB v sedimentu výrazně vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. Nejnižší koncentrace HCB v sedimentu byly nalezeny v lokalitách nad Prachaticemi a nad Brlohem. Koncentrace v mokřém vzorku (slouží k porovnání s hygienickým limitem) se pohybovaly v rozmezí 0,0004 – 0,0055 mg/kg svaloviny (jedlého podílu) tedy hluboko pod hygienickým limitem.

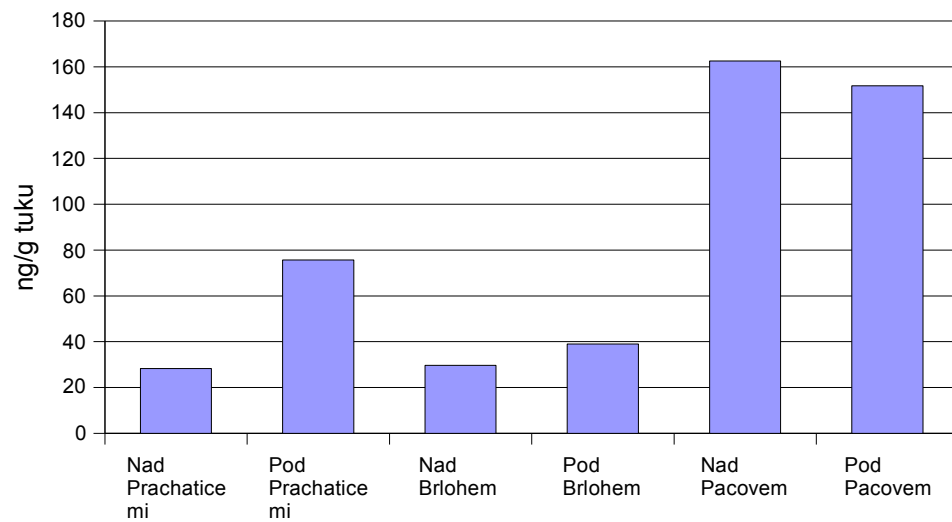
Obr. č. 8: Obsah HCB v sedimentu dna



4. 4. 2 Obsah HCB ve svalovině analyzovaných ryb:

Nejvyšší hodnoty obsahu HCB ve svalovině ryb (Obr. č. 9) byly naměřeny v lokalitách nad i pod Pacovem. Ostatní lokality měly nižší obsah HCB. Vyšší hodnoty byly pod Prachaticemi a pod Brlohem. Nejnižší hodnoty byly naměřeny nad Prachaticemi a nad Brlohem.

Obr. č. 9: Obsah HCB ve svalovině analyzovaných ryb

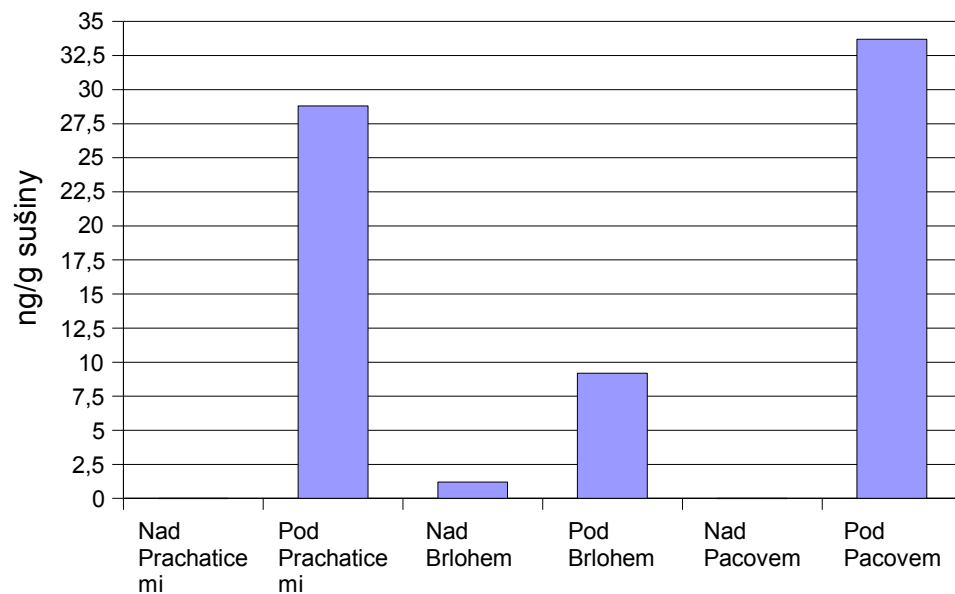


4. 5 Obsah MUSK:

4. 5. 1 Obsah MUSK v sedimentu dna:

Nejvyšší koncentrace MUSK v sedimentu dna (Obr. č. 10) byly zjištěny v lokalitách pod Pacovem a pod Prachaticemi. Ve všech případech byly hodnoty obsahu MUSK v sedimentu několikanásobně vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. V lokalitách nad sledovanými ČOV se hodnoty pohybovaly s menším obsahem zatížení s výjimkou lokality Brloh pod mezí detekce analytické metody.

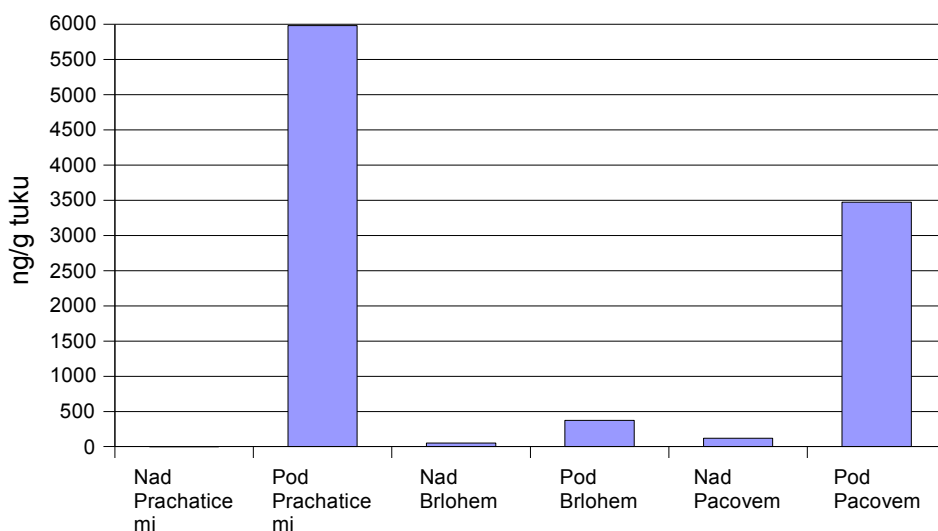
Obr. č. 10: Obsah MUSK v sedimentu dna



4. 5. 2 Obsah MUSK ve svalovině analyzovaných ryb:

Nejvyšší obsah MUSK ve svalovině analyzovaných ryb (Obr. č. 11) byl zjištěn v lokalitě pod Prachaticemi, následovala lokalita pod Pacovem. Poměrně nízké koncentrace byly nalezeny pod Brlohem. V lokalitách nad ČOV se hodnoty pohybovaly kolem meze detekce analytické metody.

Obr. č. 11: Obsah MUSK ve svalovině analyzovaných ryb

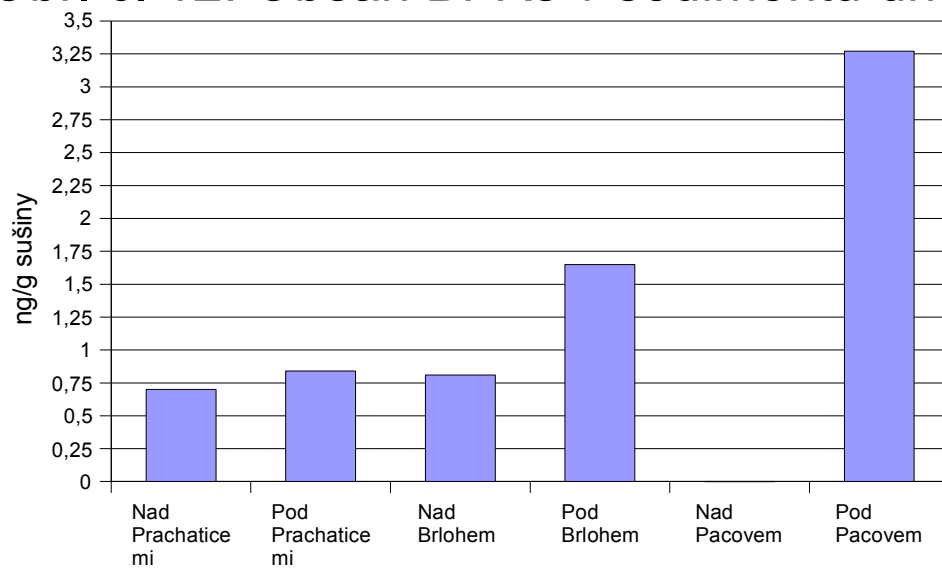


4. 6 Obsah BFRs:

4. 6. 1 Obsah BFRs v sedimentu dna:

Nejvyšší obsah BFRs v sedimentu dna (Obr. č. 12) vykazovala lokalita pod Pacovem, oproti tomu v lokalitě nad Pacovem nebyl naměřen žádný obsah BFR. V lokalitě pod Brlohem byl naměřen zvýšený obsah BFR. Ostatní lokality jsou poměrně vyrovnané (lokalita nad Brlohem, pod Prachaticemi, nad Prachaticemi) s nižšími koncentracemi zatížení.

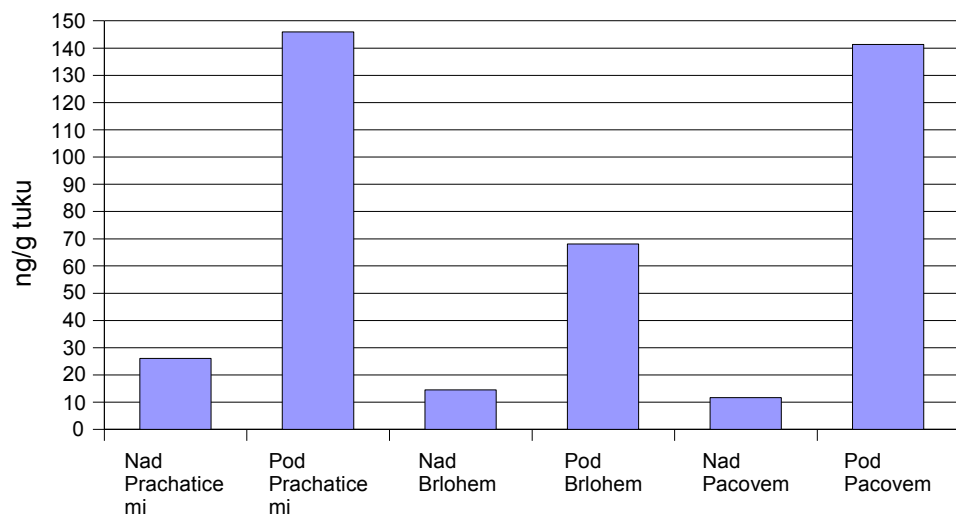
Obr. č. 12: Obsah BFRs v sedimentu dna



4. 6. 2 Obsah BFRs ve svalovině analyzovaných ryb:

Nejvyšší obsah bromových zpomalovačů hoření BFR ve svalovině analyzovaných ryb (Obr. č. 13) byl zjištěn v lokalitách pod Prachaticemi a pod Pacovem. Ve všech případech byly hodnoty obsahu BFR ve svalovině ryb několikanásobně vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV.

Obr. č. 13: Obsah BFRs ve svalovině analyzovaných ryb



5. Diskuse:

5. 1 Hg – Rtut’:

V případě rtuti byly nejvyšší hodnoty nalézány v lokalitě nad Brlohem. V této lokalitě zjišťované koncentrace celkové rtuti dosáhly maximálně hodnoty 0,084 mg/kg svaloviny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty nižší a pohybovaly se obvykle kolem 0,05 mg/kg svaloviny. Hodnota hygienického limitu 0,5 mg/kg svaloviny nebyla tedy překročena v žádné ze sledovaných lokalit. Hodnoty se pohybovaly hluboko pod tímto limitem. Za obvyklé koncentrace rtuti ve svalovině ryb vyskytujících se v průmyslově nezatěžovaných tocích lze v podmínkách našich vod považovat hodnoty 0,1 – 0,3 mg/kg (Svobodová et al., 2004; Piačková et al., 2004; Žlábek et al., 2005a). Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené rtutí. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů rtutí.

5. 2 PCB – Polychlorované bifenyly:

5. 2. 1 PCB v sedimentu dna:

V případě polychlorovaných bifenyly v sedimentu dna byly nejvyšší hodnoty nalézány v lokalitě pod Pacovem. V této lokalitě zjišťované koncentrace dosáhly maximálně hodnoty 14,42 mg/kg sušiny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty nižší. Výjimku tvořila lokalita Prachatice, kde byly nalezené hodnoty obsahu PCB v sedimentu vyšší pod sledovanými ČOV. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené polychlorovanými bifenyly s výjimkou lokality Prachatice.

5. 2. 2 PCB ve svalovině ryb:

V případě polychlorovaných bifenylyů ve svalovině ryb byly nejvyšší hodnoty nalézány v lokalitě pod Pacovem. V této lokalitě zjišťované koncentrace PCB dosáhly maximálně hodnoty 439,8 ng/g svaloviny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. Nejnižší koncentrace PCB v rybách byla nalezena nad ČOV Brloh. Hodnota hygienického limitu 2 mg/kg svaloviny nebyla tedy překročena v žádné ze sledovaných lokalit. Hodnoty se pohybovaly hluboko pod tímto limitem. Za obvyklé koncentrace PCB ve svalovině ryb vyskytujících se v rybnících jsou obvykle hodnoty obsahu PCB ve svalovině ryb o několik řádů nižší než 2mg/kg svaloviny (Žlábek et al., 2004, Randák et al., 2004a). Koncentrace mokrého vzorku se pohybovaly v rozmezí 0,003 – 0,016 mg/kg svaloviny, tedy pod hygienickým limitem. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené PCB. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů polychlorovaných bifenylyů.

5. 3 DDT - Dichlordifenyltrichlormethylmethan:

5. 3. 1 DDT v sedimentu dna:

V případě dichlordifenyltrichlormethylmethan byly nejvyšší hodnoty v sedimentu dna nalézány v lokalitě pod Prachaticemi. V této lokalitě zjišťované koncentrace DDT dosáhly maximálně hodnoty 12,5 ng/g sušiny. Ve všech ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty výrazně vyšší pod sledovanými ČOV. Nejnižší koncentrace byla nalezena nad ČOV Brloh.

5. 3. 2 DDT ve svalovině ryb:

V případě dichlordifenyltrichlormethylmethan byly nejvyšší hodnoty ve svalovině ryb nalézány v lokalitě nad i pod Pacovem. V těchto lokalitách

zjišťované koncentrace DDT dosahovaly maximálně hodnoty 926,1 ng/g svaloviny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty s obdobným zatížením. Nejnižší zatížení měla lokalita pod Prachaticemi. Hodnota hygienického limitu 0,5 mg/kg svaloviny nebyla tedy překročena v žádné ze sledovaných lokalit. Hodnoty se pohybovaly hluboko pod tímto limitem. Koncentrace mokrého vzorku se pohybovaly v rozmezí 0,01 – 0,033 mg/kg svaloviny, tedy pod hygienickým limitem. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené DDT. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů dichlordifenyltrichlormethylmethan.

5. 4 HCH - Hexachlorhexan:

5. 4. 1 HCH v sedimentu dna:

V případě hexachlorhexanu nebyly v sedimentu dna naměřeny žádné hodnoty zatížení. Koncentrace v mokrému vzorku se pohybovaly ve všech případech pod mezí detekce analytické metody, tedy hluboko pod hygienickým limitem. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené HCH. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů hexachlorhexanu.

5. 4. 2 HCH ve svalovině ryb:

V případě hexachlorhexanu nebyly ve svalovině ryb naměřeny žádné hodnoty zatížení. Koncentrace v mokrému vzorku se pohybovaly ve všech případech pod mezí detekce analytické metody, tedy hluboko pod hygienickým limitem. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené HCH. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů hexachlorhexanu.

5. 5 HCB - Hexachlorbenzen:

5. 5. 1 HCB v sedimentu dna:

V případě hexachlorbenzenu byly nejvyšší hodnoty v sedimentu dna nalézány v lokalitě pod Pacovem. V této lokalitě zjišťované koncentrace HCB dosáhly maximálně hodnoty 2,9 ng/g sušiny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty s nižším obsahem zatížení. Nejnižší zatížení HCB v sedimentu dna byly nalézány v lokalitách nad Prachaticemi a nad Brlohem. Koncentrace mokrého vzorku se pohybovaly v rozmezí 0,0004 – 0,0055 mg/kg svaloviny, tedy hluboko pod hygienickým limitem. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené HCB. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů hexachlorbenzenu.

5. 5. 2 HCB ve svalovině ryb:

V případě hexachlorbenzenu byly nejvyšší hodnoty ve svalovině ryb naměřeny v lokalitách nad i pod Pacovem. V těchto lokalitách zjišťované koncentrace HCB dosahovaly maximálně hodnoty 162,5 ng/g sušiny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty s nižším obsahem zatížení. Vyšší hodnoty byly zjištěny pod Prachaticemi a pod Brlohem. Nejnižší zatížení HCB ve svalovině ryb byly nalézány v lokalitách nad Prachaticemi a nad Brlohem. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené HCB. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů hexachlorbenzenu.

Na základě porovnání s historickými údaji lze obecně konstatovat, že dochází k pozvolnému poklesu koncentrací POPs (PCB, DDT, HCH, HCB) ve svalovině ryb a sedimentů dna vyskytujících se ve volných vodách ČR (Randák et al., 2006; Žlábek et al., 2005b).

5. 6 MUSK – Syntetické analogy pižma:

5. 6. 1 MUSK v sedimentu dna

V případě syntetických analogů pižma (MUSK) v sedimentu dna byly nejvyšší hodnoty nalézány v lokalitách pod Pacovem a pod Prachaticemi. V těchto lokalitách zjišťované koncentrace MUSK dosáhly maximálně hodnoty 33,7 ng/g sušiny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty obsahu MUSK v sedimentu dna několikanásobně vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. V lokalitách nad sledovanými ČOV se hodnoty pohybovaly s menším obsahem zatížení s výjimkou lokality Brloh pod mezí detekce analytické metody.

5. 6. 2 MUSK ve svalovině ryb:

V případě syntetických analogů pižma (MUSK) byly nejvyšší hodnoty ve svalovině ryb naměřeny v lokalitě pod Prachaticemi, po ní následovala lokalita pod Pacovem. V těchto lokalitách zjišťované koncentrace MUSK dosahovaly maximálně hodnoty 5984,3 ng/g svaloviny. V další lokalitě byly zjištěny poměrně nízké koncentrace pod Brlohem. V lokalitách nad ČOV se hodnoty pohybovaly kolem meze detekce analytické metody. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené MUSK. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů syntetických analogů pižma.

Souhrn vlastností uvedených v literárním přehledu rezultuje ve schopnost MUSK sloučenin kumulovat se v biotopech tedy i v organismu člověka. Informace o toxickém působení jednotlivých zástupců MUSK sloučenin jsou zatím velmi omezené (Balk et Ford, 1999; Fromme et al., 2001; Rimkus et al., 1997; Hájková a kol., 2007).

5. 7 BFRs – Bromové zpomalovače hoření:

5. 7. 1 BFRs v sedimentu dna:

V případě bromových zpomalovačů hoření v sedimentu dna vykazovala nejvyšší obsah lokalita pod Pacovem. V této lokalitě zjišťovaná koncentrace BFRs dosáhly maximálně hodnoty 3,27 ng/g sušiny. V lokalitě nad Pacovem nebyl naměřen žádný obsah, ale v lokalitě pod Brlohem byl naměřen zvýšený obsah BFRs. V ostatních lokalitách byly hodnoty obsahu BFRs v sedimentu dna poměrně vyrovnané.

5. 7. 2 BFRs ve svalovině ryb:

V případě bromových zpomalovačů hoření byly nejvyšší hodnoty ve svalovině ryb naměřeny v lokalitě pod Prachaticemi a pod Pacovem. V těchto lokalitách zjišťované koncentrace BFRs dosahovaly maximálně hodnoty 141,4 ng/g svaloviny. V ostatních lokalitách byly zjištěny hodnoty obsahu MUSK ve svalovině ryb několikanásobně vyšší v lokalitách pod sledovanými ČOV. Lze tedy konstatovat, že sledované lokality lze považovat za nezatížené BFRs. Nebyl prokázán ani negativní vliv sledovaných ČOV na kontaminaci vodních ekosystémů bromových zpomalovačů hoření.

Souhrn vlastností uvedených v literárním přehledu prokázal negativní vliv těchto látek na nervovou i hormonální soustavu organismů, byl prokázán i genotoxický účinek (Beusekom et al., 2006; Law et al., 2006; Wit, 2002; Hajšlová a kol., 2007).

6. Závěr:

Na základě analýz svaloviny ryb a sedimentů dna ve sledovaných lokalitách lze říci, že sledované zdroje znečištění – běžné čistírny odpadních vod – zvyšují koncentrace sledovaných cizorodých látek ve vodním prostředí. Většina těchto sloučenin se následně kumuluje v rybách. Překročení hygienických limitů koncentrací cizorodých látek ve svalovině ryb nebylo zjištěno v žádném případě. Za závažné je možno považovat zejména znečištění MUSK sloučeninami, což jsou sloučeniny, u nichž byl prokázán negativní vliv na endokrinní systém a reprodukční funkce. Na základě získaných dat lze dále konstatovat, že k významnějšímu ovlivnění vodního ekosystému dochází v případech menšího nařazení vypouštěných vod z ČOV vlastním recipientem.

7. Seznam použité literatury:

Balk, F., Ford, R.A., 1999. Environmental risk assessment for the polycyclic musks AHTN and HHCB in the EU - I. Fate and exposure assessment. *Toxicology Letters*, 111 (1-2): 57 – 79.

Beusekom OC, [Eljarrat E](#), [Barcelo D](#), [Koelmans AA](#). 2006. Dynamic modeling of food-chain accumulation of brominated flame retardants in fish from the Ebro river basin, Spain. *Environ Toxicol Chemistry* 25 (10): 2553-2560

Dušek, L., Svobodová, Z., Janoušková, D., Vykusová, B., Jarkovský, J., Šmíd, R., Pavlis, P., 2005. Bioaccumulation of mercury in muscle tissue of fish in the Elbe River (Czech Republic): multispecies study 1991 – 1996. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 61, 256-567.

Fromme, H., Otto, T., Pilz, K., 2001. Polycyclic musk fragrances in different environmental compartments in Berlin (Germany). *Water Research*, 35 (1): 121-128.

Giesy JP, Kannan K. 2002. Perfluorochemical surfactants in the environment. *Environ Sci Technol* 36:147A–152A

Hájková, K., Pulkrabová, J., Hajšlová, J., Randák, T., Žlábek, V. 2007: Chub (*Leuciscus cephalus*) as a Bioindicator of Contamination of the Vltava River by Synthetic Musk Fragrances. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53: 390-396.

Hajšlová, J., Pulkrabová, J., Poustka, J., Čajka, T., Randák, T. 2007. Brominated flame retardants and related chlorinated persistent organic pollutants in fish from river Elbe and its main tributary Vltava. *Chemosphere*, 69: 1195 – 1203.

Kannan K, Tao L, Sinclair E, Pastva SD, Jude DJ, Giesy JP. 2005. Perfluorinated compounds in aquatic organisms at various trophic levels in a Great Lakes food chain. *Arch Environ Contam Toxicol* 48:559–566

Kolářová, J., Svobodová, Z., Žlábek, V., Randák, T., Hajšlová, J., Suchan, P., 2005. Organochlorine and PAHs in brown trout (*Salmo trutta fario*) population from Tichá Orlice River due to chemical plant with possible effects to vitellogenin expression. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14 (12a): 1091 – 1096.

Kružíková, K., Svobodová, Z., Valentová, O., Randák, T., Velíšek, J., 2008. Mercury and methylmercury in muscle tissue of chub from the Elbe River main tributaries. *Czech J. Food Sci.*, 26 (1): 65-70.

[Law RJ](#), [Allchin CR](#), [de Boer J](#), [Covaci A](#), [Herzke D](#), Lepom P, [Morris S](#), [Tronczynski J](#), [de Wit CA](#). 2006. Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. *Chemosphere* 64 (2): 187-208

Maršálek, P., Svobodová, Z., Randák, T., 2006. Total mercury and Methylmercury contamination in fish from various sites along the Elbe river. *Acta Vet. Brno*, 75: 579 - 585.

Maršálek, P., Svobodová, Z., Randák, T., 2007. [The content of total mercury and methylmercury in common carp from selected Czech ponds](#). *Aquaculture International*, vol. 15 , no. 3–4, p. 299–304.

Maršálek, P., Svobodová, Z., Randák, T., Švehla, J., 2005. [Mercury and methylmercury contamination of fish from the Skalka reservoir: A case study](#). Acta Vet. Brno, 74 (3): 427 -434.

[Martin JW, Mabury SA, Solomon KR, Muir DCG](#). 2003. Bioconcentration and tissue distribution of perfluorinated acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environm Toxicol Chem 22 (1): 196-204

Piačková, V., Svobodová, Z., Randák, T., Žlábek, V. Máchová, J., Kolářová, J., 2003. Hygienická kvalita tržních kaprů z vybraných rybníků. Sborník referátů z 11. konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí, VÚRH Vodňany, Aquachemie Ostrava, 196 – 204.

Randák, T., Žlábek, V., Kolářová, J., Valentová, O., Svobodová, Z., Pulkrabová, J., Weissová, D., 2005. Vliv nejvýznamnějších zdrojů znečištění české části řeky Labe na kontaminaci ryb vybranými cizorodými látkami. In: Vykusová, B. (red.): Sb. referátů z konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí, Vodňany, 113-122.

Randák T., Žlábek V., Kolářová J., Svobodová Z., Šířoká Z., Hájková, K., Pulkrabová J., Hajšlová J., Jarkovský J. 2006a: Hodnocení vlivu pražské aglomerace na kontaminaci ryb a sedimentů řeky Vltavy. Přehled výsledků projektu Labe IV 2003 – 2005. ČVVS, VÚV TGM Praha, ISBN: 80-0201875-3, 99 – 115.

Randák T., Žlábek V., Kolářová J., Svobodová Z., Hajšlová J., Šířoká Z., Jánková M., Pulkrabová J., Čajka T., Jarkovský J. 2006b: Biomarkers Detected in Chub (*Leuciscus cephalus* L.) to Evaluate Contamination of the Elbe and Vltava Rivers, Czech Republic, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 76: 233 -241.

Rimkus GG, Butte W, Geyer HJ 1997. Critical considerations on the analysis and bioaccumulation of musk xylene and other synthetic nitro musks in fish. *Chemosphere* 35:1497–1507

Svobodová, Z., Čelechovská, O., Kolářová, J., Randák, T., Žlábek, V., 2004. Assessment of contamination by metals in the upper reaches of the Tichá Orlice River. *Czech J. Anim. Sci.*, 49, 2004 (10), pp. 458 – 464.

Svobodová, Z.; Randák, T.; Vykusová, B., 1999. Výsledky sledování obsahu kovů a vybraných organických polutantů ve svalovině kaprů z rybníků v oblasti jižních a západních Čech. (Results of monitoring the contents of metals and of selected organic pollutants in muscles of common carp from ponds of South and Western Bohemia). *Bull. VÚRH Vodňany*, Vol. 35, č. 4, s. 194-213.

Svobodová, Z., Žlábek, V., Čelechovská, O., Randák, T., Máchová, J., Kolářová, J., Janoušková, D. 2002: Content of metals in tissues of marketable common carp and in bottom sediments of selected ponds of South and West Bohemia., *Czech J. Animal. Sci.*, 47 (8): 339-350.

[Wit CA](#). 2002. An overview of brominated flame retardants in the environment. *Chemosphere* 46 (5): 583-624

Žlábek, V., Máchová, J., Randák, T., Svobodová, Z., Piačková, V., Kroupová, H., Pulkrabová, J., Tomaniová, M., 2005. Kontaminace řeky Skalice polychlorovanými bifenyly. In: Vykusová, B. (red.): Sb. referátu z konference Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí, Vodňany, 151-158.

Žlábek, V., Svobodová, Z., Randák, T., Máchová, J., Hajšlová, J., Čelechovská, O., Suchan, P. 2002: Obsah kovů a perzistentních organochlorových polutantů ve tkáních tržních kaprů a v sedimentech dna vybraných rybníků jižních a západních Čech. Sborník referátů z V. České ichtyologické konference, MZLU Brno, s. 259 – 265.

Žlábek, V., Svobodová, Z., Randák, T., 2002a: Porovnání obsahu cizorodých látek v tkáních kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) a v sedimentu dna z rybníka Regent v letech 1992 a 2000. Bull. VÚRH Vodňany, 37: 3-15.

Žlábek, V., Svobodová, Z., Randák, T., 2002b: Porovnání obsahu cizorodých látek v tkáních kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) a v sedimentu dna z rybníka Bezdrev v letech 1991-93 a 2001. Bull. VÚRH Vodňany, 38: 157 – 167.

Žlábek, V., Svobodová, Z., Randák, T., Valentová, O., 2005. Content of mercury in muscle of fish from the Elbe River and its tributaries. Czech J. Anim. Sci., 50 (11): 528 – 534.

8. Přílohy:

Příloha A:

Obr. č. 1: Obsah rtuti ve svalovině analyzovaných ryb	20
Obr. č. 2: Obsah PCB v sedimentu dna	21
Obr. č. 3: Obsah PCB ve svalovině analyzovaných ryb	22
Obr. č. 4: Obsah DDT v sedimentu dna	23
Obr. č. 5: Obsah DDT ve svalovině analyzovaných ryb	24
Obr. č. 6: Obsah HCH v sedimentu dna	25
Obr. č. 7: Obsah HCH ve svalovině analyzovaných ryb	25
Obr. č. 8: Obsah HCB v sedimentu dna	26
Obr. č. 9: Obsah HCB ve svalovině analyzovaných ryb	27
Obr. č. 10: Obsah MUSK v sedimentu dna	28
Obr. č. 11: Obsah MUSK ve svalovině analyzovaných ryb	29
Obr. č. 12: Obsah BFRs v sedimentu dna	30
Obr. č. 13: Obsah BFRs ve svalovině analyzovaných ryb	31

Příloha B:

Tabulka č. 1: Hygienické limity	19
Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz:	45
Tabulka č. 2: Lokalita nad Prachaticemi	45
Tabulka č. 3: Lokalita pod Prachaticemi	46
Tabulka č. 4: Lokalita nad Brlohem	47
Tabulka č. 5: Lokalita pod Brlohem	48
Tabulka č. 6: Lokalita nad Pacovem	49
Tabulka č. 7: Lokalita pod Pacovem	50

Tabulka č. 2: Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz

Lokalita: Nad Prachaticemi

Datum: 8.6.2009

ryba. č.	SL mm	TL mm	hmotnost g	pohl.	věk	suma PCB	HCB	suma HCH	suma DDT	suma MUSK	suma BFR	Hg
						µg/kg tuku ve svalovině						mg/kg svaloviny
1	195	230	112	♂	3	296,2	28,3	PMD	512,8	PMD	26,10	0,049
2	165	190	67,5	♀	2							0,051
3	170	195	70,5	♀	2							0,054
4	170	200	67,5	♂	2							0,059
5	150	175	55	♀	2							0,058
6	165	190	62,5	♀	2							0,056
7	155	180	53,5	♂	2							
8	160	180	68	♂	2							
9	150	170	51	♀	2							
10	145	170	46	♀	2							
11	140	165	40	♂	2							
12	150	175	45	♂	2							
13	140	165	40	♂	2							
sediment (µg/kg sušiny)						10,68	0,4	PMD	4,6	PMD	0,7	

PMD – Pod mezí detekce

Tabulka č. 3: Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz

Lokalita: Pod Prachaticemi

Datum: 8.6.2009

ryba. č.	SL mm	TL mm	hmotnost g	pohl.	věk	suma PCB	HCB	suma HCH	suma DDT	suma MUSK	suma BFR	Hg
						µg/kg tuku ve svalovině						mg/kg svaloviny
1	270	310	315	♂	4	351,7	75,7	PMD	377	5984,3	145,9	0,032
2	285	320	333	♀	4							0,042
3	205	235	148,5	♀	3							0,068
4	175	200	88,5	♂	2							0,058
5	210	235	146,5	♀	3							0,039
6	190	215	103	♀	2							0,048
7	165	185	64	♀	2							
8	175	200	95	♂	2							
9	180	200	89	♂	2							
10	165	185	60,5	♀	2							
11	175	200	80	♀	2							
12	165	185	77	♀	2							
13	155	175	52	♂	2							
14	170	195	78	♂	2							
15	170	190	76	♂	2							
sediment (µg/kg sušiny)						6,28	1,4	PMD	12,5	28,8	0,84	

PMD – Pod mezí detekce

Tabulka č. 4: Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz

Lokalita: Nad Brlohem

Datum: 8.6.2009

ryba. č.	SL mm	TL mm	hmotnost g	pohl.	věk	suma PCB	HCB	suma HCH	suma DDT	suma MUSK	suma BFR	Hg
						µg/kg tuku ve svalovině						mg/kg svaloviny
1	240	280	213	♀	4	116,9	29,7	PMD	468,9	53,5	14,5	0,078
2	180	205	91,5	♀	2							0,066
3	205	235	142	♂	3							0,077
4	170	195	72	♀	2							0,084
5	210	235	122	♀	3							0,062
6	180	205	100	♂	3							0,061
7	185	210	94	♀	2							
8	140	160	44	♀	2							
9	140	170	49	♂	2							
10	170	195	87	♂	2							
11	150	170	54	♂	2							
12	150	170	48	♀	2							
sediment (µg/kg sušiny)						2,7	0,6	PMD	PMD	1,2	0,81	

PMD – Pod mezí detekce

Tabulka č. 5: Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz

Lokalita: Pod Brlohem

Datum: 8.6.2009

ryba. č.	SL mm	TL mm	hmotnost g	pohl.	věk	suma PCB	HCB	suma HCH	suma DDT	suma MUSK	suma BFR	Hg
						µg/kg tuku ve svalovině						mg/kg svaloviny
1	220	255	182	♂	3	247,2	39	PMD	451,1	373,5	68,1	0,042
2	210	240	152	♂	3							0,048
3	195	225	124	♀	2							0,066
4	155	175	58	♀	2							0,062
5	180	180	66	♂	2							0,044
6	135	150	34,5	♀	2							0,041
7	155	175	52	♀	2							
8	130	150	36	♀	2							
9	130	150	39	♂	2							
10	130	150	38	♀	2							
11	140	160	40,5	♀	2							
12	125	145	34	♂	2							
13	135	155	36	♀	2							
14	125	145	30	♀	2							
15	130	150	34	♂	2							
16	130	150	32	♂	2							
17	120	140	30	♂	2							
sediment (µg/kg sušiny)						4,46	1,1	PMD	8,9	9,2	1,65	

PMD – Pod mezí detekce

Tabulka č. 6: Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz

Lokalita: Nad Pacovem

Datum: 10.6.2009

ryba. č.	SL mm	TL mm	hmotnost g	pohl.	věk	suma PCB	HCB	suma HCH	suma DDT	suma MUSK	suma BFR	Hg
						µg/kg tuku ve svalovině						mg/kg svaloviny
1	250	280	234,55	♂	4	225	162,5	PMD	926,1	118,6	11,7	0,047
2	245	275	217,82	♂	3							0,054
3	244	275	224,16	♀	3							0,031
4	177	197	72,93	♂	2							0,049
5	165	189	67,18	♂	2							0,034
6	160	180	53,72	♀	2							0,068
7	152	172	50,85	♂	2							
8	153	173	58,3	♀	2							
9	150	170	50,5	♀	2							
10	170	190	67,82	♀	2							
11	160	180	60,6	♂	2							
12	165	187	64,8	♂	2							
13	145	166	46,6	♀	2							
14	150	170	50		2							
15	137	157	38		2							
16	155	176	54,3		2							
17	140	160	40,5		2							
sediment (µg/kg sušiny)						0,81	2,2	PMD	3	PMD	PMD	

PMD – Pod mezí detekce

Tabulka č. 7: Charakteristika analyzovaných ryb a výsledky analýz

Lokalita: Nad Pacovem

Datum: 10.6.2009

ryba. č.	SL mm	TL mm	hmotnost g	pohl.	věk	suma PCB	HCB	suma HCH	suma DDT	suma MUSK	suma BFR	Hg
						µg/kg tuku ve svalovině						mg/kg svaloviny
1	280	315	318,97	♀	4	439,8	151,7	PMD	924,4	3475	141,4	0,037
2	295	335	338,2	♀	4							0,039
3	365	300	281,74	♂	3							0,022
4	185	210	99,53	♀	2							0,057
5	195	220	107,22	♀	2							0,052
6	175	195	80,81	♂	2							0,051
7	170	195	79,86	♂	2							
8	180	205	84,82	♀	2							
9	190	215	101	♂	2							
10	175	200	87,34	♀	2							
11	160	180	71,51	♀	2							
12	165	190	69,51	♀	2							
13	155	175	52,98	♀	2							
14	150	170	51,41	♂	2							
15	147	167	45,39	♂	2							
sediment (µg/kg sušiny)						14,42	2,9	PMD	10,4	33,7	3,27	

PMD – Pod mezí detekce

Příloha C:

Vysvětlení zkratk:

Hg = Rtut'

POPs = Perzistentní organochlorované populanty

PCB = Polychlorované bifenyly

DDT = Dichlordifenyltrichlormethylmethan

HCB = Hexachlorcyklobenzen

HCH = Hexachlorhexan

MUSK = Syntetické analogy pižma

BFRs = Bromové zpomalovače hoření

ČOV = Čistírny odpadních vod

Hodnocení vlivu běžných zdrojů komunálního znečištění na vodní prostředí

Cílem práce bylo posoudit vliv běžných zdrojů (ČOV) situovaných na horních tocích a na kontaminaci vodního prostředí. V roce 2009 bylo provedeno hodnocení kontaminace vodního prostředí na třech vybraných lokalitách nacházejících se pod čistírnami komunálních odpadních vod a třech lokalitách nacházejících se nad těmito potenciálními zdroji znečištění. Sledované ČOV se nacházejí na horních tocích. Vliv bodových zdrojů znečištění na vodní prostředí byl ve sledovaných lokalitách hodnocen pomocí stanovení vybraných cizorodých látek v rybách a v sedimentu. Indikátorovým druhem byl pstruh obecný (*Salmo trutta m. fario* L.). V odebraných směsných vzorcích svaloviny ryb a sedimentů byla zjišťována přítomnost mošusových látek (MUSK), bromovaných zpomalovačů hoření (BFRs) a perzistentních organochlorovaných polutantů (POPs - PCB, DDT, HCH, HCB, OCS). V individuálních vzorcích svaloviny byly zjišťovány koncentrace rtuti. Porovnáním zjištěných koncentrací sledovaných sloučenin v lokalitách nad a pod zdroji znečištění byl zjišťován vliv těchto zdrojů na kontaminaci vodního prostředí.

Na základě analýz svaloviny ryb a sedimentů dna ve sledovaných lokalitách lze říci, že sledované zdroje znečištění – běžné čistírny odpadních vod – zvyšují koncentrace sledovaných cizorodých látek ve vodním prostředí. Většina těchto sloučenin se následně kumuluje v rybách. Překročení hygienických limitů koncentrací cizorodých látek ve svalovině ryb nebylo zjištěno v žádném případě. Za závažné je možno považovat zejména znečištění MUSK sloučeninami, což jsou sloučeniny, u nichž byl prokázán negativní vliv na endokrinní systém a reprodukční funkce. Na základě získaných dat lze dále konstatovat, že k významnějšímu ovlivnění vodního ekosystému dochází v případech menšího naředění vypouštěných vod z ČOV vlastním recipientem.

Klíčová slova: Pstruh obecný (*Salmo trutta m. fario* L), ČOV, sediment, BFR, POPs, MUSK

Influence of common sources of communal pollution on aquatic environments

The aim of the study was to assess the impact of current sources of sewage treatment plants (STPs) located at upper parts of small streams on the contamination of the aquatic environment. In 2009 contamination assessment was carried out at three selected sites located upstream these potential sources of pollution. The effect of point pollution sources on the aquatic environment was evaluated by the determination of selected contaminants in fish and sediment. Brown trout (*Salmo trutta m. fario* L.) was the indicator species. The presence of MUSK compounds, brominated flame retardants (BFRs) and organochlorinated persistent pollutants (POPs) were detected in the pooled samples of fish muscles and sediments. Mercury concentration was examined in the individual muscle samples. The influence of monitored STPs on contamination of aquatic environment was investigated by comparison of the observed concentrations of selected pollutants in the sites upstream and downstream these sources of pollution.

On the base of the analytical results of fish muscles and bottom sediments in monitored sites it is possible to say that the monitored STPs increase the concentration of monitored contaminants in aquatic environment. Most of these compounds are accumulated in fish. However the hygienic limits of contaminant concentration in fish muscle were not detected in any case. The pollution created by MUSK compounds, which are compounds recording the negative effect on the endocrine system and reproduction function can be considered as a serious problem. Based on these obtained data it is possible to say that low dilution of discharged water from a STP has important influences on the aquatic ecosystem.

Key words: Salmon trout (*Salmo trutta m. fario* L), Sewage treatment plant, sediment, BFR, POPs, MUSK