

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

**HYGIENICKÁ KVALITA RYB VE VÝZNAMNÝCH
RYBÁŘSKÝCH REVÍRECH LUŽNICE 6,
BEROUNKA 1, OTAVA 4, OTAVA 7 (P)**

Autor:	Jiří Bartoň
Vedoucí bakalářské práce:	doc. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.
Konzultant bakalářské práce:	MSc. Zhihua Li
Studijní program a obor:	B4103 Zootechnika, Rybářství
Forma studia:	Prezenční
Ročník:	3.

České Budějovice, 2011

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 práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 26.4.2011

Jiří Bartoň

Na tomto místě bych rád poděkoval těm, kteří přispěli ke vzniku této práce. Mé díky patří především vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Tomáši Randákovi, Ph.D. za metodické vedení, odbornou pomoc, poskytnuté rady a cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech, kteří se podíleli na odlovech ryb a přípravě vzorků svaloviny. Zvláštní dík patří mé babičce Mgr. Boženě Bartoňové za jazykovou korekturu práce. Tato práce vznikla za finanční podpory Ministerstva zemědělství České republiky.

Závěrem bych chtěl poděkovat svým rodičům za vytvoření výborného rodinného zázemí po celou dobu mých studií na obou vysokých školách.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří BARTOŇ
Osobní číslo: V09B000P
Studijní program: B4103 Zootechnika
Studijní obor: Rybářství
Název tématu: Hygienická kvalita ryb ve významných rybářských revírech Lužnice 6, Berounka 1, Otava 4, Otava 7 (P)
Zadávací katedra: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

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

Cílem práce bude ve vyjmenovaných významných rybářských revírech ČR posoudit zatížení ryb vybranými cizorodými látkami a hodnotit jejich konzumovatelnost.

V roce 2010 bude provedeno hodnocení kontaminace ryb ve 4 vybraných rybářských revírech - Lužnice 6, Berounka 1, Otava 4, Otava 7 (P). Odlovy ryb budou prováděny ve spolupráci s uživateli příslušných revírů pomocí elektrických agregátů a rybářských udic. Sledování obsahu cizorodých látek bude prováděno ve svalovině ryb odlovených v dané lokalitě. Jako referenční druh pro porovnání jednotlivých lokalit bude využíván cejn velký (*Abramis brama*), který by se měl vyskytovat téměř ve všech navrhovaných lokalitách. Dále budou analyzovány druhy ryb, které jsou v navrhovaných lokalitách sportovními rybáři nejvíce preferovány. V rybách budou sledovány koncentrace Hg, Cd, Pb, PCB, DDT, HCH, HCB. Výsledky analýz svaloviny ryb budou 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) v platném znění, vyhláška MZd. č.68/2005 Sb. a vyhláška č. 305/2004 Sb.

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.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Zhihua Li**
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2011**



prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 72B/IS.
389 25 Vodňany (2)



doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.

ředitel

Ve Vodňanech dne 14. ledna 2010

Obsah:

1. Úvod	7
2. Literární řešerše	8
2.1. Rtut' a její sloučeniny.....	8
2.2. Kadmium	11
2.3. Olovo	12
2.4. PCB.....	13
2.5. DDT	15
2.6. HCB	15
2.7. HCH.....	16
3. Materiál a metodika	17
3.1. Charakteristika revírů	17
3.2. Metodický postup	18
4. Výsledky	21
4.1. Berounka 1 – Černošice.....	21
4.2. Lužnice 6 – Soběslav	24
4.3. Otava 4 – Strakonice.....	27
4.4. Otava 7 (P) – Sušice	30
4.5. Porovnání lokalit pomocí referenčního druhu	33
5. Diskuze	36
5.1. Obsah Hg	36
5.2. Obsah Pb.....	37
5.3. Obsah Cd	38
5.4. Obsah PCB.....	38
5.5. Obsah DDT	39
5.6. Obsah HCH.....	40
5.7. Obsah HCB	41
6. Závěr	42
7. Přehled použité literatury.....	43
8. Seznam použitých zkratek	45
9. Seznam příloh	45
Abstrakt:	46
Abstract:.....	47

1. Úvod

Sportovní rybáři v České republice uloví každoročně značné množství ryb. V roce 2010 bylo toto množství jen na pstruhových a mimopstruhových revírech Českého rybářského svazu celkem – 1 802 793 kusů ryb o celkové hmotnosti 3 048 tun. Většina ulovených ryb skončí na talířích sportovních rybářů a jejich rodin. Počet členů Českého rybářského svazu v roce 2010 byl 250 279, a když k tomuto číslu přičteme počet rodinných příslušníků, zjistíme, že poměrně velká část obyvatel České republiky konzumuje ryby z volných vod. Proto je důležité znát nejen hygienickou kvalitu ryb z chovných rybníků, ale také z rybářských revírů. V roce 2006 vznikl projekt Kontaminace ryb z volných vod, v jehož rámci byla provedena také tato práce. Projekt probíhal ve spolupráci Ministerstva zemědělství ČR a Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích – Fakulty rybářství a ochrany vod v letech 2006–2010. Cílem tohoto projektu bylo ve významných rybářských revírech určit kontaminaci ryb různými polutanty a posoudit tak případná rizika pro jejich konzumenty.

Cílem této práce bylo zhodnotit hygienickou kvalitu ryb z významných rybářských revírů Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4 a Otava 7 (P).

2. Literární rešerše

S postupným rozvojem průmyslu a zemědělství došlo ke zvýšení zatížení vodního prostředí škodlivými látkami. Počet těchto škodlivých látek neustále roste. V některých případech, kdy bylo jejich používání zakázáno (DDT), se jejich koncentrace ve vodním prostředí snižují, u jiných se naopak zvyšují (léčiva). Znečištění může být přirozené například: sopečnou činností, výluhy z rašelinišť při jarním tání sněhu (snížení pH) nebo drobnými částicemi po prudkém dešti (zakalení) (Svobodová a kol., 1987). Většina kontaminantů je však antropogenního původu. Řada polutantů má schopnost se v organismech kumulovat a přecházet tak do potravního řetězce. Ryby jsou ve vodním prostředí na vrcholu potravního řetězce, a proto je u nich nejčastěji kontrolována hygienická kvalita. Sledovány jsou především těžké kovy – rtuť (Hg), kadmium (Cd), olovo (Pb) a perzistentní organochlorované polutanty (POPs) – polychlorované bifenyly (PCB), dichlordifenyltrichloretan (DDT), hexachlorcyklohexan (HCH), hexachlorbenzen (HCB).

2.1. Rtuť a její sloučeniny

Rtuť se dostává do životního prostředí hlavně při spalování fosilních paliv a odpadů, dále při používání umělých hnojiv a fungicidů obsahujících rtuť. Její zastoupení v průmyslových odpadních vodách je asi jen 5% celkového zatížení rtutí. Přírodním zdrojem je zvětrávání přirozených ložisek rtuti a sopečná aktivita (<http://irz.cz>). Do vodního prostředí je rtuť přinášena především průmyslovými odpadními vodami a atmosférickými srážkami. V nezatížených vodách však její množství nepřesahuje $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Mnohem větší vypovídající hodnotu má obsah rtuti v sedimentu a v tělech ryb. Rtuť přechází z vody do sedimentů dna vodních toků a nádrží, kde se hromadí většinou ve formě sulfidů. Elementární rtuť a její organické a anorganické sloučeniny podléhají činností mikroorganismů methylaci. Vzniklé organické formy pak vstupují do potravních řetězců a ve zvýšené míře se akumulují ve vodních organismech (Svobodová a kol., 1987). Tyto organické formy rtuti jsou nejčastěji zastoupeny methylrtutí (MeHg). Methylrtuť obvykle tvoří 80–100% celkového obsahu rtuti (THg) ve svalovině ryb. Byl prokázán rostoucí obsah rtuti ve svalovině v závislosti na věku ryb (Jewet a kol., 2003). Také potravní specializace významně ovlivňuje množství rtuti ve svalovině. Dokumentují to např. výsledky analýz svaloviny ryb z různých lokalit řeky Berounky: ryby omnivorní $0,1\text{--}0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, parma

obecná (bentofágní) 0,3–0,5 mg·kg⁻¹, ryby dravé nad 0,5 mg·kg⁻¹ (Svobodová a kol., 1987).

Hygienický limit pro rtuť dle nařízení Komise 1881/2006/ES je 0,5 mg·kg⁻¹ rybí svaloviny, výjimku z našich ryb má úhoř a štika, a to 1 mg·kg⁻¹ svaloviny. Největší hodnoty kontaminace bývají v závěrových říčních profilech a v nádržích s velkým povodím. Někde však mohou být značně zatíženy i menší toky s velkým zdrojem znečištění. Posuzování hygienické kvality volně žijících ryb bývá často předmětem vědeckých studií.

Svobodová a kol. (1993b) provedli monitoring cizorodých látek v rybách řeky Labe v úseku od Ústí nad Labem po Hřensko. Na obsah celkové rtuti ve svalovině bylo analyzováno 150 ks ryb náležejících k 22 druhům. Přibližně jedna třetina dravých druhů ryb překračovala dřívější platný limit 0,6 mg·kg⁻¹ celkové rtuti ve svalovině. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u směsného vzorku svaloviny candáta obecného 1,042 mg·kg⁻¹. Z nedravých ryb byla nejvíce kontaminována svalovina u parmy 0,54 mg·kg⁻¹. Toto dělá z parmy obecné významný indikátor zatížení sledované lokality rtutí. Z výsledků monitoringu lze usoudit, že posuzovaný úsek Labe je zvýšeně zatížen rtutí.

Jiný monitoring obsahu rtuti ve svalovině ryb řeky Labe a Vltavy provedl Žlábek a kol. (2005). Průměrné koncentrace rtuti ve svalovině byly u cejna velkého 0,172–0,852 mg·kg⁻¹, u okouna říčního 0,077–1,07 mg·kg⁻¹ a u jelce tlouště 0,141–1,631 mg·kg⁻¹. Největší hodnoty kontaminace byly zjištěny v lokalitách Lysá nad Labem a Obříství. Jeden kus jelce tlouště z Obříství dokonce obsahoval 2,56 mg·kg⁻¹ rtuti ve svalovině. Nepodařilo se prokázat vliv katastrofických povodní v roce 2002 na kontaminaci ryb rtutí v Labi ani Vltavě.

Jelikož je kapr obecný naší nejčastěji chovanou rybou, je důležité pravidelně kontrolovat kontaminaci jeho svaloviny rezidui polutantů. Zejména u velkých rybníků, které se na jeho produkci podílejí nejvíce.

Čelechovská a kol. (2007) zjistili, že kontaminace kaprů 10 velkých rybníků (Bezdrav, Rožmberk, Horusický, Nezmar atd.) rtutí je velmi nízká. Analyzováno bylo 125 ks tržních kaprů (věk 3–4 roky). Průměrná koncentrace rtuti byla 0,031 mg·kg⁻¹ svaloviny, což je hluboko pod hygienickým limitem. Výsledky ukázaly, že u kapra je rtuť nejvíce deponována právě ve svalovině. Oproti tomu třeba měď měla největší afinitu ke kapřím játrům. Gonády byly velmi slabě zatíženy těžkými kovy.

Svobodová a kol. (2002) posuzovali stav rybníků jižních a západních Čech (Bezdrav, Tovaryš, Horusický, Dřemliny a Regent) z hlediska zatížení těžkými kovy.

Z každého rybníka bylo odebráno 7 tržních kaprů, analyzovány byly vzorky svaloviny a jiných tkání. Rtuť opět ukázala svou afinitu ke svalovině. Nejvyšší obsah rtuti byl zjištěn v rybníku Tovaryš 0,048 mg·kg⁻¹ svaloviny. Z hlediska hygienické bezpečnosti byly ale všechny vzorky vyhovující.

V letech 1991–1993 a 2001 proběhl monitoring cizorodých látek ve tkáních kapra z rybníka Bezdrev (Žlábek a kol., 2002b). Hodnoty kontaminace rtutí v roce 1991 (0,02 mg·kg⁻¹ svaloviny) a v roce 2001 (0,024 mg·kg⁻¹ svaloviny) byly obdobné a byly opět hluboko pod hygienickým limitem.

Jednou z nejzatíženějších lokalit rtutí u nás je údolní nádrž Skalka. Tato přehrada vybudovaná na řece Ohři byla po několik desetiletí znečišťována odpadními vodami obsahujícími rtuť. Původ odpadních vod byl v německém Marktredwitz, odpadní vody pak putovaly řekou Reslavou až do Ohře. Vondrákem provedené analýzy svaloviny ryb v letech 1980–83 ukázaly velmi vysokou kontaminaci rtutí. Nejvyšší hodnota byla naměřena u candáta obecného 7,73 mg·kg⁻¹ a u okouna říčního 8,04 mg·kg⁻¹ (Svobodová a kol., 1987), což patnáctkrát překračuje dnešní hygienický limit. Jiný monitoring zatížení údolní nádrže Skalka rtutí uskutečnil Maršálek a kol. (2005). Bylo odloveno celkem 30 ks ryb těchto druhů: Plotice obecná, cejn velký, cejnek malý, tolstolobik pestrý, bolen dravý, úhoř říční a sumec velký. Bolen dravý měl jako zástupce dravých ryb největší hodnoty rtuti ve svalovině – 3,41 mg·kg⁻¹, z nedravých ryb pak cejn velký – 1,04 mg·kg⁻¹. Přestože byla německá továrna v roce 1984 zavřena, je zatížení rtutí nádrže Skalka stále vysoké a konzumace především dravých ryb není doporučována.

Vědecké důkazy naznačují, že expozice methylrtuti je nebezpečnější pro malé děti než pro dospělé. Důvodem jsou nižší prahové hodnoty pro neurologické účinky methylrtuti na vyvíjející se mozek malých dětí. Může dětem způsobit problémy s vývojem motorických a kognitivních dovedností. U dospělých se účinky vyznačují tím, že je zde určité období latence, několik týdnů až měsíců v závislosti na dávce a délce expozice. Nejdříve jsou u dospělých nespecifické příznaky: únava a rozmazané vidění, později se objevují příznaky: hluchota, zúžení zorného pole a poruchy rovnováhy, a může to skončit až komatem a smrtí (WHO, 2007).

Tragické následky otravy rtutí byly zejména v zátocě Minamata v Japonsku, kam byly vypouštěny průmyslové odpadní vody obsahující rtuť. Výzkumy prokázaly, že to byl konkrétně chlorid methylrtuťnatý, který se nahromadil v rybách a mořských korýších. Rtuť z odpadních vod se hromadila v sedimentu na dně zátoky, kde proběhla

její methylace mikroorganismy, a následně byla resorbována fytoplanktonem a zooplanktonem, který nakonec zkonzumovali koryši a ryby. V té době nebylo onemocnění způsobené sloučeninami rtuti známo, ale odhaduje se, že obsah rtuti ve svalovině konzumovaných ryb byl 20–40 mg·kg⁻¹ (Svobodová a kol., 1987). To je množství až osmdesátkrát převyšující dnešní limit. Obětí této otravy bylo 2265 a 1784 z nich na následky zahynulo (<http://en.wikipedia.org>).

2.2. Kadmium

Přirozenými zdroji kadmia jsou především sopečné výbuchy, antropogenní zdroje emisí jsou však osmkrát vyšší než emise přirozené. Emise vznikají hlavně při spalování fosilního paliva, komunálního a nemocničního odpadu. Do vodního prostředí se kadmium dostává nejčastěji odpadními vodami z galvanického pokovování a z výroby Ni–Cd baterií. Dalším zdrojem je atmosférická depozice a splach z půd (fosfátová hnojiva s obsahem kadmia). Akumulace organismy je velmi vysoká, a proto dochází k hromadění kadmia v potravních řetězcích (<http://irz.cz>). Kliment (1996) uvádí denní příjem kadmia v České republice dýchacími cestami 0,01 μg·den⁻¹, vodou 0,17 μg·den⁻¹ a potravinami 18,2 μg·den⁻¹.

Hygienický limit dle nařízení Komise 1881/2006/ES je 0,05 mg·kg⁻¹ rybí svaloviny, výjimka je u úhoře říčního 0,1 mg·kg⁻¹. Obsah kadmia spolu s dalšími kovy je z hlediska hygienické kvality ryb monitorován.

Piačková a kol. (2003a) porovnávali hodnoty obsahu kadmia v tkáních tržních kaprů z rybníka Dřemliny. Monitoring byl proveden v letech 1991, 1993 a 2001. Nejvyšší hodnoty obsahu kadmia byly ve všech letech naměřeny v ledvinách 0,151 mg·kg⁻¹. Ve svalovině byla nejvyšší hodnota jen 0,003 mg·kg⁻¹. Všechny hodnoty pro svalovinu byly pod stanoveným hygienickým limitem. V jednotlivých letech byl zaznamenán také postupný pokles obsahu kadmia ve svalovině.

Svobodová a kol. (1995) hodnotili kontaminaci tkání sumce velkého kadmiem. Vzorky byly odloveny z šesti rybníků (Bezdrav, Spolský, Kačlehy, Vrkoč, Novoveský a Bezruč). Celkem bylo vyšetřeno 30 kusů. Nejvyšší hodnoty kontaminace byly zjištěny u sumců velkých z rybníka Bezruč (0,2 mg·kg⁻¹) a Spolský (0,1 mg·kg⁻¹) v ledvinách. Ve svalovině byl obsah kadmia několikanásobně menší, a hluboko pod hygienickým limitem.

V řece Jizeře (lokalita Otradovice) bylo analyzováno na obsah kadmia ve tkáni 35 ks ryb náležejících do 8 druhů. Nejvyšší hodnoty kontaminace vykazovaly ledviny 3 jelců tloušťů ($0,789\text{--}3,827\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a ledviny 1 ks parmy obecné ($4,45\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Všechny zjištěné hodnoty ve svalovině byly pod hygienickým limitem (Svobodová a kol., 1993a).

Kadmium je značně toxické a výrazně poškozuje ledviny. Hrozí nebezpečí chronických otrav. Je řazeno dle klasifikace EPA jako pravděpodobný karcinogen, může způsobovat rakovinu plic a prostaty. Má teratogenní účinky (poškozuje plod). Dále poškozuje játra, plíce, gastrointestinální trakt a působí tzv. měknutí kostí.

Nejhorší případ se stal pravděpodobně v Japonsku (Toyama), kde byly do řeky Jinzū vypouštěny odpadní vody zatížené kadmíem, to způsobilo úhyn ryb v řece a kontaminaci rýžových polí v oblasti. První případy nemoci se začaly objevovat už v roce 1914. Hlavní účinky otravy byly: měknutí kostí, bolesti kloubů a poškození ledvin. U nemocných docházelo snadno k frakturám končetin. Onemocnění je nazýváno itai-itai (tzn. bolí-bolí) (<http://en.wikipedia.org>).

2.3. Olovo

Do atmosféry olovo proniká zejména při spalování odpadů a z výfukových plynů. Olovo se dříve běžně používalo pro výrobu vodovodních trubek, protože nepodléhá snadno korozi. Tyto vodovodní instalace jsou někde dodnes plně funkční. Jeho sloučenina tetraethylolovo se přidávala do olovnatých benzínů a byla jedním z největších kontaminantů prostředí. Dnes se postupně přechází k bezolovnatým benzínům. Jedním z největších zpracovatelů olova je průmysl zabývající se výrobou elektrických akumulátorů.

Zdrojem olova ve vodách mohou být průmyslové odpadní vody při zpracování rud, z výroby akumulátorů, ze sklářského průmyslu a důlní vody (<http://irz.cz>).

Platný hygienický limit pro obsah olova ve svalovině ryb dle nařízení Komise 1881/2006/ES je $0,3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Olovo má vysoký akumulační koeficient a významně se hromadí v biomase organismů. Je potřeba z hlediska hygienické nezávadnosti masa ryb obsah olova kontrolovat.

Svobodová a kol. (1993a) vyšetřili 35 ks ryb v lokalitě Jizera – Otradovice na přítomnost olova ve tkáni. Hygienický limit byl tehdy u několika ryb překročen. Nejvíce kontaminována byla svalovina štiky obecné $3,899\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a okouna říčního

2,743 mg·kg⁻¹. Na základě výsledků byla lokalita Jizera – Otradovice vyhodnocena jako výrazně zatížená olovem.

Podobný monitoring proběhl v úseku Labe od Ústí nad Labem po Hřensko (Svobodová a kol., 1993b). Obsah olova ve svalovině všech 69 ks ryb (14 druhů) byl pod hygienickým limitem. Překračovaly ho jen hodnoty kontaminace jater a ledvin (candát obecný, plotice obecná, cejnek malý a jelec proudník).

U našich velkých rybníků (Bezdrv, Dřemliny, Horusický, Regent) nebývá hygienický limit obsahu olova u tržního kapra obecného překračován (Piačková a kol., 2003a, 2003b; Žlábek a kol., 2002a, 2002b).

Pokud je člověk vystaven působení olova, může mu způsobit poškození ledvin, jater, nervového systému, červených krvinek, cév a svalstva. Akutní poškození nervové soustavy olovem nastává při koncentraci 0,5–3 mg·l⁻¹ krve. Projevuje se poruchami pozornosti a paměti, bolestmi hlavy, svalovým třesem, halucinacemi, poklesem rychlosti vedení nervového vzruchu případně poklesem IQ. Velké expozice vedou až k oslepnutí, poškození mozku, křečím i ke smrti. U plodu se expozice olovem projevuje poklesem porodní váhy, předčasným porodem, zpožděním vývoje a změnou chování dítěte. U matky je v období těhotenství zvýšená absorpce olova z gastrointestinálního traktu. U mužů koncentrace olova v krvi nad 0,66 mg·l⁻¹ způsobuje velký pokles počtu spermií. Olovo je také klasifikováno jako pravděpodobný lidský karcinogen plic a ledvin (<http://irz.cz>).

2.4. PCB

Definici pojmu polychlorované bifenyly (PCB) odpovídá asi 209 jednotlivých sloučenin (kongenerů), které se liší počtem atomů chlóru a jejich polohou. V komerčních směsích se vyskytuje asi jen 130 kongenerů. Jsou to všechno sloučeniny antropogenního původu a v životním prostředí se přirozeně nevyskytují. Byly používány několik desetiletí, ale pak bylo v 70. letech zjištěno, že se v prostředí nerozkládají a dochází k jejich akumulaci. Vysoké hodnoty reziduí PCB jsou zjišťovány i ve velmi vzdálených oblastech od zdrojů kontaminace (Aljaška, francouzské pohoří Jura) (Svobodová a kol., 1987). Od jejich výroby bylo postupně upuštěno. Používaly se jako přenašeče tepla v průmyslových zařízeních, dále jako chladicí oleje v transformátorech napětí, kondenzátorech a v jiných elektrických zařízeních. Byly však také užívány jako plastifikátory polymerů, přísady do barev, nátěrových hmot

a tiskařských barev. Využití měly i v textilním a nábytkářském průmyslu. Do prostředí pronikají většinou při špatném skládkování odpadů a při jejich spalování. Ohrožení vodních ekosystémů polychlorovanými bifenoly je největší. PCB se snadno akumulují v tukových tkáních (<http://irz.cz>). Nejvyšší hodnoty reziduí PCB jsou zjišťovány u ryb stojících na vrcholu potravního řetězce a u ryb dlouhověkých. Z orgánů bývají nejvíce kontaminována játra (Svobodová a kol., 1987).

Vyhláška č. 305/2004 Sb. stanovuje hygienický limit obsahu PCB ve svalovině ryb $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Dříve byl obsah PCB stanovován podle standardů Delor 103 a Delor 106 (bývalé technické směsi české výroby). Aby byly hodnoty kontaminace PCB srovnatelné se zahraničím, byly postupně nahrazeny sumou 7 indikátorových kongenerů (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180), které tvoří hlavní složku směsí Delor 103 a 106 (Piačková a kol., 2003a).

Široká a kol. (2005) kontrolovali obsah PCB ve svalovině jelce tlouště z řeky Labe (lokality Verdek, Němčice, Valy, Lysá nad Labem, Obříství, Děčín a Hřensko), Vltavy (lokality Zelčín a Podolí) a Blanice. Nejvyšší hodnoty kontaminace PCB (suma 7 ind. Kongenerů) byly zjištěny v lokalitě Labe – Obříství necelých $0,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ svaloviny.

Starší monitoring obsahu PCB (suma Delor 103 a 106) v Labi provedla Svobodová a kol. (1993b). V úseku od Ústí nad Labem po Hřensko bylo odloveno 164 ks ryb (14 druhů), enormně vysoká hodnota kontaminace PCB byla ve svalovině cejnků malých ($28,828 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), vysoká i ve svalovině parem obecných ($2,237\text{--}11,237 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a ve svalovině jelce tlouště ($0,931\text{--}9,842 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Ze srovnání s předchozím monitoringem je zřejmé, že dříve bylo Labe mnohem více kontaminováno. Hodnoty reziduí PCB ve svalovině odlovených ryb překračovaly platné hygienické limity nebo byly zvýšené.

U našich velkých rybníků (Bezdrv, Dřemlín, Horusický, Regent) nebyl hygienický limit obsahu PCB u tržního kapra obecného (Piačková a kol., 2003a, 2003b; Žlábek a kol., 2002a, 2002b) ani sumce velkého (Bezdrv, Spolský, Kačlehy, Vrkoč, Novoveský, Bezruč) překročen (Svobodová a kol. 1995).

PCB se dostávají do těla především z potravy, ale mohou vniknout do těla i vdechováním. Nejvíce se koncentrují v játrech, tukových tkáních a mateřském mléce. Působením PCB jsou ovlivněny: imunitní systém, mozek, oči, srdce, játra, ledviny, reprodukční systém a štítná žláza. Expozice matek v době těhotenství může způsobit u dítěte neurologické poruchy. PCB je také podezřelý karcinogen způsobující rakovinu jater (<http://irz.cz>).

2.5. DDT

Chemicky je DDT dichlordifenyltrichloretan. Je to synteticky připravená látka, která se přirozeně nevyskytuje. DDT byl kdysi běžně používán (40. a 50. léta) jako insekticid v zemědělství, ale také k potírání hmyzích přenašečů chorob (tyfus, malárie). V roce 1970 bylo v Evropě použito 27 911 tun DDT, z toho u nás 270 tun (Pacyna, 1999). Dnes jsou výroba DDT a jeho používání zakázány Stockholmskou dohodou. Některé země DDT však stále používají. Největší bioakumulační schopnost má DDT v tukových tkáních (<http://irz.cz>). Jeho akumulací koeficient je 10^3 – 10^4 (Svobodová a kol., 1995).

Platný hygienický limit pro obsah DDT ve svalovině ryb daný vyhláškou MZd. č.68/2005 Sb. je $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, u tučných ryb (více než 10% obsah tuku) je maximální limit vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tuku a je roven desetinásobku hodnoty stanovené vyhláškou. Výsledná hodnota obsahu DDT je sumou obsahu DDT a jeho metabolitů DDE a DDD (Piačková a kol., 2003a).

Hodnoty kontaminace svaloviny ryb z řeky Labe (úsek od Ústí nad Labem po Hřensko) DDT se pohybovaly v rozmezí $0,013$ – $1,157 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Svobodová a kol., 1993b). Kontaminace v několika případech byla nadlimitní a daný úsek byl vyhodnocen jako zvýšeně zatížený DDT.

U našich velkých rybníků (Bezdrav, Dřemliny, Horusický, Regent) nebývá hygienický limit obsahu DDT u tržního kapra obecného překračován (Piačková a kol., 2003a, 2003b; Žlábek a kol., 2002a, 2002b).

Akutní expozice DDT negativně ovlivňuje nervový systém. Způsobuje bolesti hlavy, únavu, zmatenost, podrážděnost, třes a křeče. Je považován agenturou EPA za pravděpodobný lidský karcinogen (rakovina jater). Předpokládá se, že ovlivňuje také reprodukční systém a zdravý vývoj plodu (<http://irz.cz>).

2.6. HCB

Hexachlorbenzen je sloučenina antropogenního původu. Dříve byl používán jako fungicid v zemědělství, ale dnes už ve vyspělých státech není komerčně vyráběn. Vzniká jen jako odpadní produkt při výrobě několika chlorovaných uhlovodíků. Je obsažen jako znečišťující látka u některých pesticidů. Uvolňuje se při určitých spalovacích procesech a bývá i součástí pyrotechnických směsí. Jeho rezidua (podobně jako jiné POPs) mohou cestovat prostředím na velké vzdálenosti. HCB je sloučenina

velmi stálá, schopná bioakumulace a přechodu do potravního řetězce. Největší koncentrace HCB bývají v tukových tkáních (WHO, 2003). Svobodová a kol. (1995) uvádí koef. akumulace 10^3 – 10^4 .

Vyhláška MZd. č.68/2005 Sb. stanovuje hygienický limit pro obsah HCB ve svalovině ryb $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, u tučných ryb (více než 10% obsah tuku) je maximální limit vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tuku a je roven desetinasobku hodnoty dané vyhláškou. Určování kontaminace ryb HCB bývá součástí monitoringů.

Havelková a kol. (2009) monitorovali rezidua HCB ve svalovině jelce tlouště v několika úsecích řeky Vltavy (Podolí, Podbaba, Vraňany). Kontaminace ryb byla velmi nízká a všechny hodnoty obsahu HCB ve svalovině se pohybovaly v rozmezí $0,5$ – $4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Vyšetření ryb pstruhového toku řeky Tichá Orlice na rezidua HCB ukázalo nízkou kontaminaci rybí svaloviny, a to u pstruha obecného v rozmezí $0,71$ – $2,59 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Havelková a kol., 2008).

Provedená analýza svaloviny trzních kaprů udává hodnoty reziduí HCB v našich velkých rybnících (Bezdrv, Dřemliny, Horusický, Buzický, Tovaryš, Regent) hluboko pod hygienickým limitem (Svobodová a kol., 2003).

Většina údajů o účincích HCB na člověka pochází z otravy, která se stala v Turecku (1955–1959). Byly zaznamenány poruchy metabolismu porphyrinu, kožní léze, hyperpigmentace, zvětšená játra a štítná žláza, u zhruba poloviny případů byla projevem také osteoporóza a artritida (především u dětí). Děti kojené kontaminovaným mlékem trpěly poruchou zvanou „růžová bolest“ a většinou se nedožily jednoho roku. HCB je podezřelý karcinogen (WHO, 2003).

2.7. HCH

Hexachlorcyklohexan je látkou antropogenního původu. Vyskytuje se v podobě těchto isomerů: α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, ϵ -HCH. Nejvíce byl v minulosti užíván (v nevypělých státech je stále užíván) γ -HCH (Lindan) jako insekticid. U člověka byl používán proti ektoparazitům. V roce 1970 bylo v Evropě použito 25 000 tun lindanu. Od roku 2000 je už jeho používání v Evropě zakázáno. Hlavním zdrojem emisí byly postřiky proti hmyzím škůdcům v zemědělství. Má vysokou schopnost bioakumulace, a to především v tukových tkáních ryb (WHO, 2003). Koeficient akumulace HCH je 10^3 – 10^4 (Svobodová a kol., 1995).

Vyhláška MZd. č.68/2005 Sb. stanovuje v rybí svalovině dva hygienické limity: pro obsah $\Sigma \alpha\text{-HCH} + \beta\text{-HCH}$ je $0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pro obsah $\gamma\text{-HCH}$ je to $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. U tučných ryb (více než 10% obsah tuku) je maximální limit vyjádřen v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tuku a je roven desetinásobku hodnoty dané vyhláškou.

Havelková a kol. (2008) provedli monitoring obsahu reziduí HCH ve svalovině pstruha obecného z řeky Tichá Orlice (lokality Červená Voda, Králíky a Lichkov). Hodnoty kontaminace svaloviny pstruha obecného byly v rozmezí $0,14\text{--}0,32 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (suma $\alpha\text{-HCH}$, $\beta\text{-HCH}$, $\gamma\text{-HCH}$). Ve srovnání s hygienickým limitem jsou zanedbatelné.

U našich velkých rybníků (Bezdrav, Dřemliny, Horusický, Regent) nebyl hygienický limit obsahu ΣHCH ve svalovině tržního kapra obecného (Piačková a kol., 2003a, 2003b; Žlábek a kol., 2002a, 2002b) ani sumce velkého (rybníky: Bezdrav, Spolský, Kačlehy, Vrkoč, Novoveský, Bezruč) překročen. U sumce byl nejvyšší obsah ΣHCH zjištěn v rybníku Bezdrav a Spolský, a to s maximem $0,003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Svobodová a kol., 1995).

Hexachlorcyklohexan je neurotoxický, způsobuje křeče a záchvaty může vyvolat negativní hematologické efekty a poškození ledvin. Stejně jako jiné POPs je podezřelý karcinogen.

3. Materiál a metodika

Monitoring kontaminace rybí svaloviny v roce 2010 proběhl ve zvolených rybářských revírech Berounka 1 (MP) – Černošice, Lužnice 6 (MP) – Soběslav, Otava 4 (MP) – Strakonice, Otava 7 (P) – Sušice. Všechny tyto revíry obhospodařuje Český rybářský svaz.

3.1. Charakteristika revírů

Berounka 1 (číslo revíru 401001) – Berounka je levostranný přítok Vltavy. Celková délka jejího toku je 139 km a plocha jejího povodí je 8861 km^2 . Mimopstruhový revír Berounka 1 se nachází v konečné části toku a je dlouhý 10 km. Je vymezen soutokem s Vltavou a jezem v Mokropsech. Mapa revíru včetně označení místa odlovu je součástí přílohy – Mapa č. 1.

Lužnice 6 (číslo revíru 421037) – Lužnice je pravostranným přítokem Vltavy. Celková délka jejího toku je 208 km a plocha jejího povodí je 4226 km². Mimopstruhový revír Lužnice 6 je situován mezi mlýnem v Roudné a jezem v Dráchově. Jeho délka je 13,9 km. Mapa revíru včetně označení místa odlovu je součástí přílohy – Mapa č. 2.

Otava 4 (číslo revíru 421056) – Otava je levostranný přítok Vltavy. Celková délka jejího toku je 113 km a plocha jejího povodí 3788 km². Mimopstruhový revír Otava 4 o délce 14 km je vymezen jezem u mlýna Slaník v k. ú. Slaník a jezem v Horním Poříčí. Mapa revíru včetně označení místa odlovu je součástí přílohy – Mapa č. 3.

Otava 7 (P) (číslo revíru 433032) – oproti revíru Otava 4 se tento revír nachází výše proti proudu řeky Otavy a je revírem pstruhovým. Jeho délka činí 14 km a je situován mezi mostem v obci Čepice a jezem v Dlouhé Vsi. Mapa revíru včetně označení místa odlovu je součástí přílohy – Mapa č. 4.

3.2. Metodický postup

Odlovy ryb ve všech lokalitách provedli pracovníci Fakulty rybářství a ochrany vod JU ve Vodňanech ve spolupráci s uživateli jednotlivých revírů. Podle charakteru toku byly zvoleny metody odlovu pomocí hlubinného elektrického agregátu, neseného elektrického agregátu nebo pomocí rybářských udic (Otava 7). Jako referenční druh byl zvolen cejn velký (*Abramis brama*), který byl úspěšně odloven ve všech lokalitách s výjimkou pstruhového revíru Otava 7. Dále byly v každém revíru odloveny druhy ryb, které jsou sportovními rybáři často konzumovány. Celkem bylo (v ideálním případě) z každé lokality odloveno 6 rybích druhů po 5 kusech, dosahujících lovné míry nebo konzumní velikosti. V několika případech se však nepodařilo příslušné množství ryb odlovit.

Ve všech 4 rybářských revírech bylo celkem odloveno 173 kusů ryb o celkové hmotnosti 78,21 kg. Jednalo se o těchto 13 indikátorových druhů ryb: cejn velký (*Abramis brama*) – 15 ks, plotice obecná (*Rutilus rutilus*) – 15 ks, štika obecná (*Esox lucius*) – 14 ks, jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*) – 10 ks, bolen dravý (*Aspius aspius*) – 8 ks, kapr obecný (*Cyprinus carpio*) – 7 ks, lín obecný (*Tinca tinca*) – 5 ks, okoun říční (*Perca fluviatilis*) – 5 ks, pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) – 5 ks, pstruh obecný (*Salmo trutta*) – 5 ks, siven americký (*Salvenilus fontinalis*) – 5 ks, lipan podhorní (*Thymallus thymallus*) – 4 ks, úhoř říční (*Anguilla anguilla*) – 3 ks.

Odlovené ryby byly převezeny do Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech. Ryby byly nejdříve usmrceny, a poté změřeny a zváženy. Následně jim byly odebrány vzorky hřbetní svaloviny ke stanovení obsahu polutantů a dále vzorky šupin ke stanovení věku ryb. Z důvodu složitosti zjišťování věku u úhoře říčního, nebyl věk u všech 3 kusů úhoře stanoven. U cejna velkého a pstruha obecného byla hřbetní svalovina vzorkována individuálně od každého jedince zvlášť. U ostatních druhů ryb byl z každé lokality vytvořen směsný vzorek jednotlivých druhů ryb tak, aby ve směsném vzorku bylo stejné množství svaloviny od každého jedince. Jednotlivé vzorky pak byly označeny štítkem s kódem a uloženy do mrazícího zařízení, kde byly uchovávány při teplotě -18°C až do doby provedení chemických analýz.

Směsné vzorky ryb byly analyzovány na obsah těžkých kovů – Pb, Hg (MeHg), Cd a perzistentních organochlorovaných polutantů – Σ DDT, Σ PCB, Σ HCH, HCB.

Všechny individuální vzorky cejna velkého a pstruha obecného byly analyzovány samostatně na obsah těžkých kovů. Pro stanovení perzistentních organochlorovaných polutantů však byly z individuálních vzorků vytvořeny směsné vzorky pro každou lokalitu stejně jako u všech ostatních druhů ryb.

Chemické analýzy vzorků rybí svaloviny byly provedeny ve Státním veterinárním ústavu Praha, Sídlišťní 136/24, 165 03 Praha 6 – Lysolaje (Oddělení chemie potravin, krmiv, vod a toxikologie, Ing. Jan Rosmus). Na koordinační schůzce konané na MZe dne 12. 4. 2007 bylo rozhodnuto, že obsah rtuti bude stanoven jako celkový obsah rtuti (THg) a pro stanovení methylrtuti (MeHg) byl použit přepočtový koeficient 0,85. Obsah celkové rtuti ve svalovině byl stanoven na jed noučelovém analyzátoru rtuti AMA-254 metodou atomové absorpční spektrometrie – AAS. Obsahy ostatních těžkých kovů (Pb, Cd) ve svalovině byly stanoveny metodou atomové absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací – GF-AAS. Obsahy perzistentních organochlorovaných polutantů (POPs) ve svalovině byly zjištěny pomocí metody plynové chromatografie s využitím detektoru elektronového záchytu – GC/ECD. Výsledné hodnoty obsahu PCB jsou uváděny jako suma jednotlivých kongenerů Σ (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180). Obsah DDT je uveden taktéž jako suma DDT a jeho metabolitů DDE a DDD. Výsledné hodnoty obsahu HCH jsou uvedeny zvlášť pro tyto izomery: α -HCH, β -HCH a γ -HCH.

Po obdržení výsledků chemických analýz byly obsahy kontaminantů porovnány s příslušnými hygienickými limity a maximálními přípustnými množstvími

kontaminantů v rybí svalovině (případně tuku), které jsou zakotveny v nařízení Komise 1881/2006/ES (nahrazuje 466/2001/ES), vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 68/2005 Sb. a vyhlášce č. 305/2004 Sb. Tyto limity jsou uvedeny v Tabulce č. 1. Jednotlivé lokality pak byly porovnány pomocí obsahu kontaminantů ve svalovině referenčního druhu – cejna velkého. Lokalita Otava 7 (P) nebyla s ostatními porovnávána, protože se v této lokalitě cejna velkého nepodařilo ulovit.

Porovnání úrovně kontaminace jednotlivých lokalit bylo provedeno prostřednictvím individuálních koncentrací sledovaných kovů ve svalovině cejna velkého. Pro statistické zpracování dat byl použit program Statistica verze 8.1 (StatSoft ČR). Data byla porovnána neparametrickými metodami, a to protože u nich nebyla prokázána normalita. K porovnání úrovně zatížení jednotlivých řek Hg a Pb byl použit Kruskal-Wallisův test.

Tabulka č. 1: hygienické limity

Polutant	Hygienický limit	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.

4. Výsledky

4.1. Berounka 1 – Černošice

V této lokalitě se podařilo odlovit celkem 26 kusů ryb náležejících k 6 druhům (ve věku 3–9 let). Jednalo se o tyto druhy a počty ryb: cejn velký – 5 ks, kapr obecný – 4ks, plotice obecná – 5 ks, bolen dravý – 4 ks, úhoř říční – 3 ks a štika obecná – 5 ks. Údaje o jejich délce, váze, procentu tuku ve svalovině a věku jsou uvedeny v Tabulce č. 2. Naměřené koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb analyzovaných v této lokalitě jsou uvedeny v příloze v Tab. I.

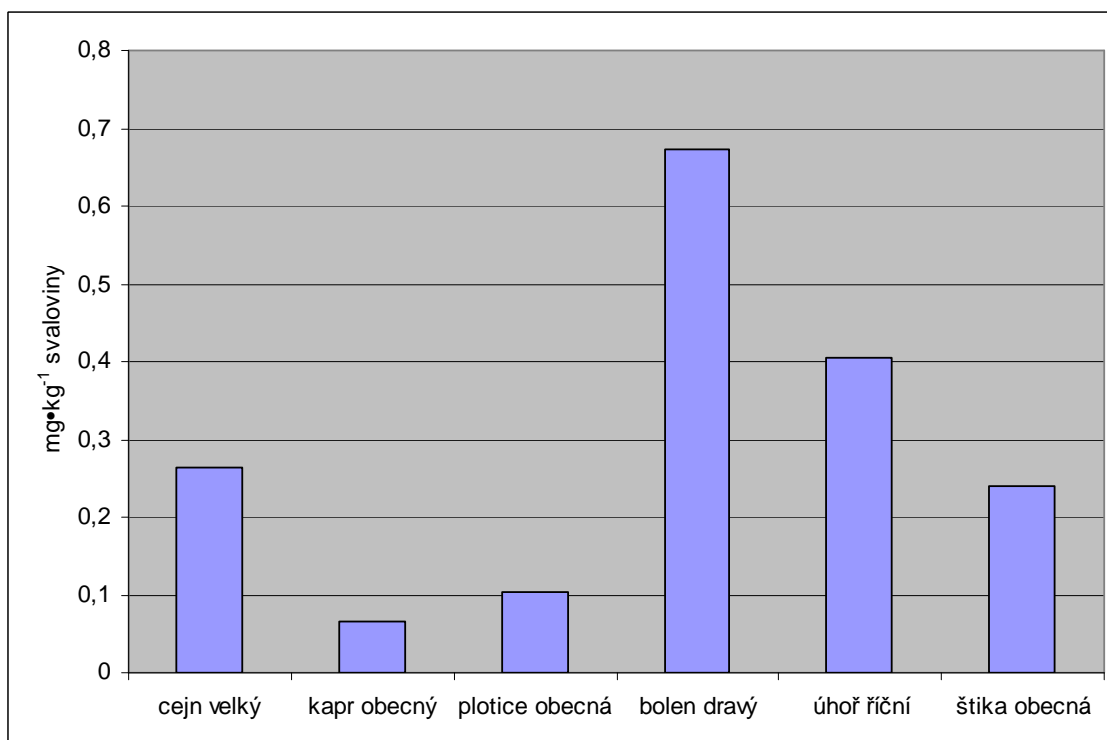
Tabulka č. 2: data Berounka 1

Druh	Pohlaví	Věk	Hmotnost (g)	% tuku	Celková délka (mm)
cejn velký	♀	8	1375	1,55	490
cejn velký	♂	9	1535		520
cejn velký	♂	7	1085		460
cejn velký	♀	7	900		455
cejn velký	♂	6	825		410
kapr obecný	♂	3	1905	4,82	480
kapr obecný	♂	3	1855		478
kapr obecný	♂	4	2105		500
kapr obecný	♂	3	1705		460
plotice obecná	♀	5	235	0,55	275
plotice obecná	♀	5	190		270
plotice obecná	♀	4	170		252
plotice obecná	♀	4	165		258
plotice obecná	♂	4	110		222
bolen dravý	♀	5	1240	0,28	540
bolen dravý	juvenil	3	590		430
bolen dravý	♀	4	745		462
bolen dravý	♀	5	1310		570
úhoř říční	-	-	290	14,73	580
úhoř říční	-	-	765		760
úhoř říční	-	-	690		750
štika obecná	♀	3	1485	0,31	579
štika obecná	♀	5	2200		698
štika obecná	♂	3	1325		577
štika obecná	♀	4	1370		615
štika obecná	♀	4	1480		600

Pomocí chemických analýz rybí svaloviny byly zjištěny následující výsledky:

Hg – z těžkých kovů se jako největší problém ukázala rtuť. Celkový obsah rtuti ve svalovině ryb překročil v jednom případě platný hygienický limit ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), jednalo se o směsný vzorek svaloviny bolena dravého – zástupce dravých ryb ($0,672 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). U všech ryb z této lokality byla kontaminace rtuťí oproti jiným kovům zvýšená a byla v rozmezí $0,066\text{--}0,672 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejnižší hodnota byla zjištěna u kapra obecného. Porovnání obsahu rtuti ve svalovině jednotlivých druhů ryb je zobrazeno v Grafu č. 1.

Graf č. 1: Obsah rtuti ve svalovině ryb z lokality Berounka 1



Pb – hygienický limit pro obsah olova ($0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl v žádném případě překročen. Nejvyšší hodnota kontaminace byla zjištěna u jednoho individuálního vzorku cejna velkého – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Většina koncentrací však byla 15 krát nižších než platný hygienický limit. Nejnižší obsahy olova ve svalovině byly zjištěny u kapra obecného a štiky obecné.

Cd – kontaminace kadmíem byla ve většině případů pod mezí detekce ($0,002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebo jí byla rovna. Největší obsah kadmia byl zjištěn u úhoře říčního – $0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a tato hodnota byla stále pod hygienickým limitem pro úhoře – $0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Kadmium bylo v této lokalitě shledáno jako nejméně problematický těžký kov.

Σ PCB – hodnoty reziduí PCB se pohybovaly v rozmezí $0,0007\text{--}0,07035 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejnižší kontaminace byla zjištěna u méně tučných ryb – štika obecná, naopak tučnější

ryby – úhoř říční obsahovaly vyšší koncentrace PCB. Výjimku tvořila svalovina kapra obecného, kde i přes značné procento tuku byly zjištěny malé koncentrace PCB. Hygienický limit ($2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl v žádném případě překročen.

Σ DDT – platný hygienický limit pro obsah DDT – $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebyl u žádného vzorku překročen. Naměřené hodnoty byly v rozmezí $0,0009\text{--}0,06979 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Většina koncentrací byla více než 30 krát nižších než platný hygienický limit.

β -HCH + α -HCH – hygienický limit pro obsah α -HCH + β -HCH ($0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen, všechny naměřené hodnoty kontaminace byly pod mezí detekce analytických metod – $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (α -HCH) a $0,00004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (β -HCH).

γ -HCH – ani platný hygienický limit pro obsah γ -HCH ($0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného vzorku v této lokalitě překročen. Veškeré naměřené hodnoty se pohybovaly pod mezí detekce analytických metod – $0,00003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

HCB – obsah HCB nebyl u žádného vzorku detekován (mez detekce $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), tudíž ani platný hygienický limit pro obsah HCB – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebyl překročen.

Hygienický limit byl v této lokalitě překročen pouze v jediném případě, a to u obsahu rtuti ve směsném vzorku svaloviny bolena dravého. Jako limitující polutant z hlediska hygienické kvality se v této lokalitě ukázala rtuť. Nejmenší zdravotní riziko pro konzumenty představovala svalovina kapra obecného a plotice obecné.

4.2. Lužnice 6 – Soběslav

V této lokalitě se podařilo odlovit celkem 27 kusů ryb náležejících k 6 druhům (ve věku 3–9 let). Jednalo se o tyto druhy a počty ryb: cejn velký – 5 ks, kapr obecný – 3ks, plotice obecná – 5 ks, bolen dravý – 4 ks, jelec tloušť – 5 ks a štika obecná – 5 ks. Údaje o jejich délce, váze, procentu tuku ve svalovině a věku jsou uvedeny v Tabulce č. 3. Naměřené koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb analyzovaných v této lokalitě jsou uvedeny v příloze v Tab. II.

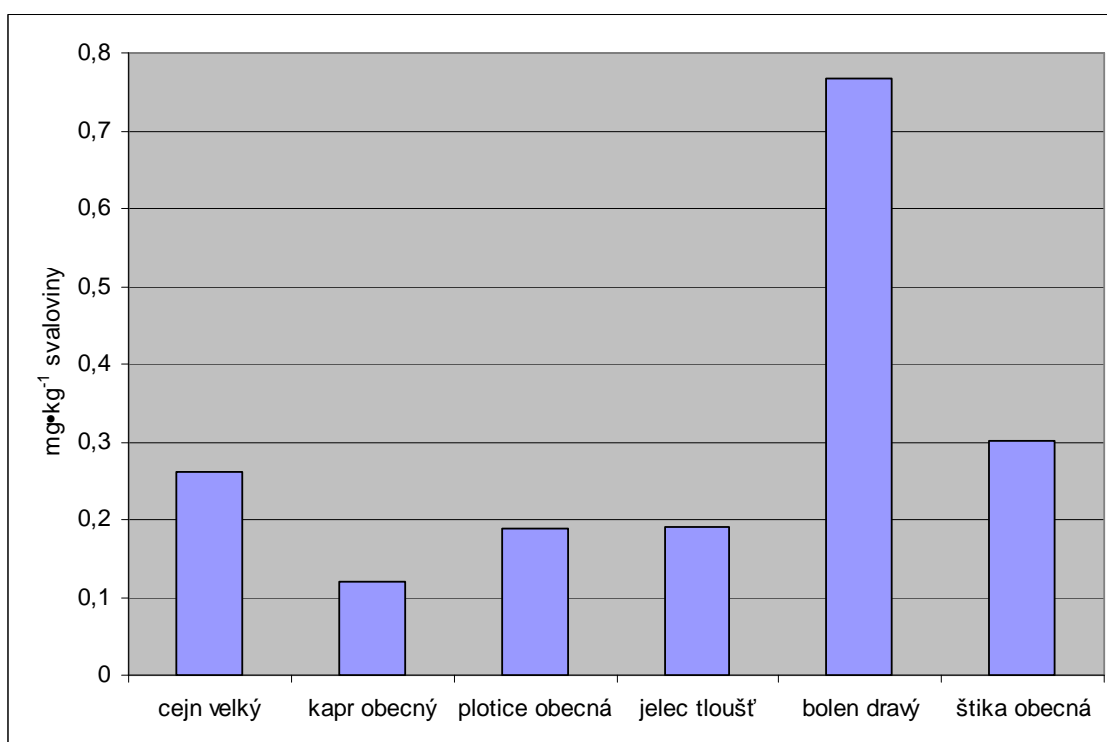
Tabulka č. 3: data Lužnice 6

Druh	Pohlaví	Věk	Hmotnost (g)	% tuku	Celková délka (mm)
cejn velký	♀	7	875	1,88	410
cejn velký	♀	7	820		420
cejn velký	♀	9	1380		485
cejn velký	♀	5	395		355
cejn velký	♀	9	1440		490
kapr obecný	♂	3	1500	0,98	450
kapr obecný	♀	3	1610		430
kapr obecný	♀	4	1970		480
plotice obecná	♀	5	175	0,73	250
plotice obecná	♀	5	185		255
plotice obecná	♀	5	245		280
plotice obecná	♂	4	110		210
plotice obecná	♀	4	140		225
jelec tloušť	♀	7	630	0,81	395
jelec tloušť	♀	7	750		395
jelec tloušť	♂	7	770		405
jelec tloušť	♂	6	460		345
jelec tloušť	♀	9	1280		475
bolen dravý	♀	6	2580	0,31	650
bolen dravý	♀	4	1090		540
bolen dravý	♀	5	2130		610
bolen dravý	♀	4	890		510
štika obecná	♂	4	1540	0,25	610
štika obecná	♀	4	1505		640
štika obecná	♀	4	1230		570
štika obecná	♀	4	1310		585
štika obecná	♂	4	1660		630

Pomocí chemických analýz rybí svaloviny byly zjištěny následující výsledky:

Hg – v porovnání s ostatními těžkými kovy byla rtuť nejproblémovější. Celkový obsah rtuti ve svalovině ryb překročil v jednom případě platný hygienický limit ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), jednalo se o směsný vzorek svaloviny bolena dravého – $0,768 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tato hodnota byla vůbec nejvyšší ze všech individuálních i směsných vzorků. Hodnoty kontaminace rtutí z této lokality se pohybovaly v rozmezí $0,119\text{--}0,768 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejnižší hodnota byla zjištěna opět u kapra obecného. Nejvyšší obsahy rtuti byly naopak naměřeny u dravých ryb. Porovnání obsahu rtuti ve svalovině jednotlivých druhů ryb je zobrazeno v Grafu č. 2.

Graf č. 2: Obsah rtuti ve svalovině ryb z lokality Lužnice 6



Pb – hygienický limit pro obsah olova ($0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl v žádném případě překročen. Limitní koncentraci se nejvíce přiblížil jeden individuální vzorek svaloviny cejna velkého – $0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ostatní hodnoty však byly 30 a více krát nižší než platný hygienický limit. Nejnižší obsahy olova ve svalovině byly zjištěny u jelce tlouště a štiky obecné.

Cd – kontaminace kadmiiem byla ve všech případech pod mezí detekce analytické metody ($0,002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), výjimkou byl jeden individuální vzorek cejna velkého – $0,006 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tato hodnota byla stále pod hygienickým limitem – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Obsah kadmia v této lokalitě nepředstavuje žádné zvláštní riziko pro konzumenty.

Σ PCB – zjištěné koncentrace reziduí PCB se pohybovaly v rozmezí 0,00092–0,0186 mg·kg⁻¹. Nejnižší hodnota byla zjištěna u štiky obecné (nejnižší obsah tuku), naopak cejn velký s největším obsahem tuku měl také největší koncentrace PCB. Přesto byla nejvyšší zjištěná koncentrace 100 krát menší než hygienický limit – 2 mg·kg⁻¹.

Σ DDT – platný hygienický limit pro obsah DDT – 0,5 mg·kg⁻¹ nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen. Všechny naměřené hodnoty byly v rozmezí 0,00064–0,01423 mg·kg⁻¹. Nejnižší hodnota byla opět zjištěna u štiky obecné (nejnižší obsah tuku), naopak cejn velký – největší obsah tuku, měl také největší koncentrace DDT ve svalovině. S výjimkou cejna obecného byly obsahy DDT více než 130 krát nižší než platný hygienický limit.

β-HCH + α-HCH – hygienický limit pro obsah α-HCH + β-HCH (0,02 mg·kg⁻¹) nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen, všechny naměřené hodnoty kontaminace byly pod mezí detekce analytických metod – 0,00002 mg·kg⁻¹ (α-HCH) a 0,00004 mg·kg⁻¹ (β-HCH).

γ-HCH – ani platný hygienický limit pro obsah γ-HCH (0,05 mg·kg⁻¹) nebyl u žádného vzorku v této lokalitě překročen. Veškeré naměřené hodnoty se pohybovaly pod mezí detekce analytických metod – 0,00003 mg·kg⁻¹.

HCB – obsah HCB nebyl u žádného vzorku detekován (mez detekce 0,00002 mg·kg⁻¹), tudíž ani platný hygienický limit pro obsah HCB – 0,05 mg·kg⁻¹ nebyl překročen.

Hygienický limit byl v této lokalitě překročen pouze v jediném případě, a to u obsahu rtuti ve směsném vzorku svaloviny bolena dravého. Jako limitující polutant z hlediska hygienické kvality se v této lokalitě ukázala rtuť. Nejmenší zdravotní riziko pro konzumenty představovala svalovina kapra obecného, plotice obecné a jelce tlouště.

4.3. Otava 4 – Strakonice

V této lokalitě se podařilo odlovit celkem 29 kusů ryb náležejících k 6 druhům (ve věku 3–9 let). Jednalo se o tyto druhy a počty ryb: cejn velký – 5 ks, lín obecný – 5ks, plotice obecná – 5 ks, okoun říční – 5 ks, jelec tloušť – 5 ks a štika obecná – 4 ks. Údaje o jejich délce, váze, procentu tuku ve svalovině a věku jsou uvedeny v Tabulce č. 4. Naměřené koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb analyzovaných v této lokalitě jsou uvedeny v příloze v Tab. III.

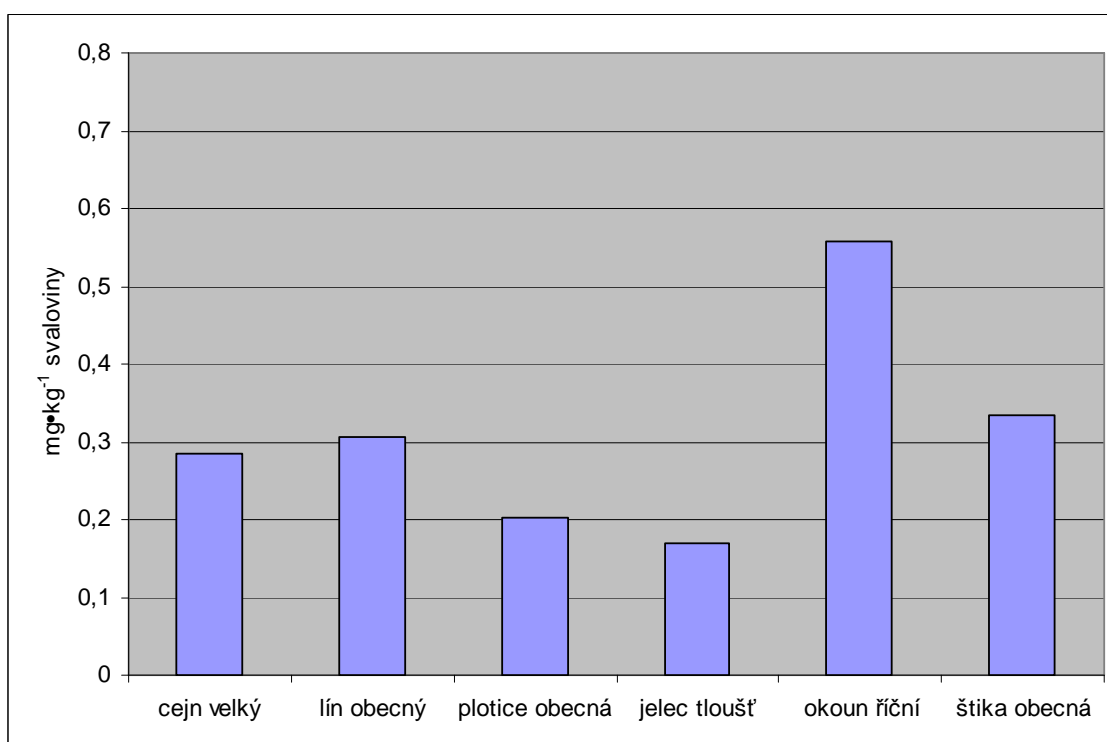
Tabulka č. 4: data Otava 4

Druh	Pohlaví	Věk	Hmotnost (g)	% tuku	Celková délka
cejn velký	♀	8	1160	1,77	470
cejn velký	♂	4	410		315
cejn velký	♂	4	340		310
cejn velký	♀	8	1505		470
cejn velký	♀	4	290		300
lín obecný	♂	3	295	0,80	275
lín obecný	♀	4	850		390
lín obecný	♂	3	360		310
lín obecný	♂	3	440		315
lín obecný	♂	4	390		330
plotice obecná	♀	6	460	0,63	330
plotice obecná	♂	5	385		315
plotice obecná	♀	5	340		305
plotice obecná	♀	4	270		280
plotice obecná	♀	3	155		235
jelec tloušť	♀	5	345	0,71	315
jelec tloušť	♂	7	565		370
jelec tloušť	♀	9	1075		440
jelec tloušť	♂	4	210		270
jelec tloušť	♂	4	205		260
okoun říční	♂	3	125	0,15	220
okoun říční	♀	3	140		225
okoun říční	♀	4	170		255
okoun říční	♂	3	110		210
okoun říční	♀	3	120		220
štika obecná	♀	3	905	0,03	535
štika obecná	♂	3	1140		570
štika obecná	♀	3	1080		550
štika obecná	♂	4	1310		620

Pomocí chemických analýz rybí svaloviny byly zjištěny následující výsledky:

Hg – celkový obsah rtuti ve svalovině ryb překročil ve dvou případech platný hygienický limit ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), jednalo se o jeden směsný vzorek svaloviny okouna říčního – $0,557 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a jeden individuální vzorek svaloviny cejna velkého ve věku 8 let – $0,571 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. U všech ryb z této lokality byla kontaminace rtutí oproti jiným kovům zvýšená a byla v rozmezí $0,066\text{--}0,557 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejnižší hodnota byla zjištěna u jelce tloušť. Rtut' byla ze všech těžkých kovů z hlediska hygienické kvality nejrizikovější. Porovnání obsahu rtuti ve svalovině jednotlivých druhů ryb je zobrazeno v Grafu č. 3.

Graf č. 3: Obsah rtuti ve svalovině ryb z lokality Otava 4



Pb – žádný vzorek svaloviny nepřekročil platný hygienický limit pro obsah olova – $0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace olova byla zjištěna u 3 individuálních vzorků cejna velkého – shodně $0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. I tak byly všechny hodnoty 15 a více krát nižší než hygienický limit. Dravé druhy ryb obsahovaly nejméně olova – pod mezí detekce $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Cd – pouhé 2 individuální vzorky svaloviny cejna velkého dosáhly meze detekce analytické metody – $0,002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Naměřený obsah kadmia byl u obou vzorků shodný s mezí detekce a stále hluboko pod hygienickým limitem pro kadmium – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ze všech obsahů těžkých kovů se obsah kadmia ukázal jako nejméně rizikový.

Σ PCB – všechny naměřené hodnoty obsahu PCB spadaly do intervalu 0,00071–0,01794 mg·kg⁻¹. Nejnižší koncentrace byla zjištěna ve svalovině štiky obecné (nejnižší obsah tuku), naopak cejn velký s největším obsahem tuku měl také největší koncentrace PCB. Platný hygienický limit – 2 mg·kg⁻¹ nebyl u žádného vzorku překročen, dokonce i nejvyšší zjištěná hodnota byla 111 krát nižší než hygienický limit.

Σ DDT – platný hygienický limit pro obsah DDT – 0,5 mg·kg⁻¹ nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen. Všechny naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,00086–0,02201 mg·kg⁻¹. Nejnižší hodnota byla opět zjištěna u štiky obecné (nejnižší obsah tuku), naopak cejn velký – největší obsah tuku, měl také největší koncentrace DDT ve svalovině. S výjimkou cejna obecného byly obsahy DDT více než 40 krát nižší než platný hygienický limit.

β-HCH + α-HCH – hygienický limit pro obsah α-HCH + β-HCH (0,02 mg·kg⁻¹) nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen, naměřené hodnoty kontaminace byly pod mezí detekce analytických metod – 0,00002 mg·kg⁻¹ (α-HCH) a 0,00004 mg·kg⁻¹ (β-HCH). Jedinou výjimkou byla svalovina štiky obecné, kde byl zjištěn obsah β-HCH – 0,00049 mg·kg⁻¹.

γ-HCH – ani platný hygienický limit pro obsah γ-HCH (0,05 mg·kg⁻¹) nebyl u žádného vzorku v této lokalitě překročen. Všechny naměřené hodnoty se pohybovaly pod mezí detekce analytických metod – 0,00003 mg·kg⁻¹.

HCB – obsah HCB nebyl u žádného vzorku detekován (mez detekce 0,00002 mg·kg⁻¹), tudíž ani platný hygienický limit pro obsah HCB – 0,05 mg·kg⁻¹ nebyl překročen.

Hygienický limit byl v této lokalitě překročen ve dvou případech, a to u obsahu rtuti ve směsném vzorku svaloviny okouna říčního a u obsahu rtuti v individuálním vzorku svaloviny cejna velkého. Jako limitující polutant z hlediska hygienické kvality se v této lokalitě ukázala rtuť. Nejmenší zdravotní riziko pro konzumenty představovala svalovina jelce tlouště a plotice obecné.

4.4. Otava 7 (P) – Sušice

Jelikož se jedná o pstruhový revír s výskytem především ryb lipanového pásma, nepodařilo se v této lokalitě odlovit cejna velkého, a z tohoto důvodu nebylo možné provést srovnání kontaminace ryb s ostatními revíry. Odloveno bylo celkem 19 kusů ryb náležejících ke 4 druhům (ve věku 2–5 let). Jednalo se o tyto druhy a počty ryb: pstruh obecný – 5ks, lipan podhorní – 4 ks, pstruh duhový – 5 ks a siven americký – 5 ks. Údaje o jejich délce, váze, procentu tuku ve svalovině a věku jsou uvedeny v Tabulce č. 5. Naměřené koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb analyzovaných v této lokalitě jsou uvedeny v příloze v Tab. IV.

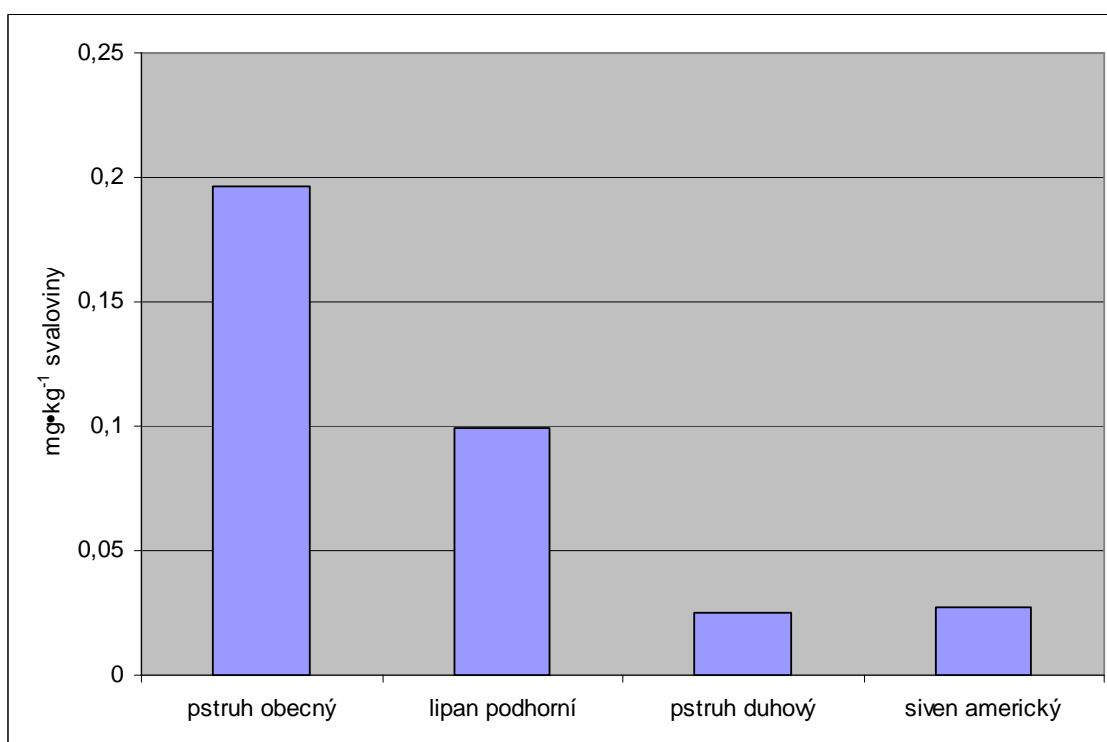
Tabulka č. 5: data Otava 7 (P)

Druh	Pohlaví	Věk	Hmotnost (g)	% tuku	Celková délka
pstruh obecný	♂	4	215	5,39	275
pstruh obecný	♀	4	235		270
pstruh obecný	♀	4	175		260
pstruh obecný	♀	4	205		265
pstruh obecný	♂	5	290		310
lipan podhorní	♂	5	345	3,21	338
lipan podhorní	♂	4	270		314
lipan podhorní	♂	4	290		318
lipan podhorní	♂	5	355		341
pstruh duhový	♂	4	620	6,53	395
pstruh duhový	♂	2	350		310
pstruh duhový	♀	2	395		305
pstruh duhový	♀	2	365		310
pstruh duhový	♂	2	420		300
siven americký	♀	4	510	7,21	335
siven americký	♂	3	450		325
siven americký	♂	3	450		325
siven americký	♀	3	380		315
siven americký	♂	3	420		320

Pomocí chemických analýz rybí svaloviny byly zjištěny následující výsledky:

Hg – kontaminace svaloviny rtuťí byla nejrizikovější ze všech těžkých kovů. Celkový obsah rtuti ve svalovině ryb nepřekročil v žádném případě platný hygienický limit ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Nejvyšší kontaminace byla zjištěna u 1 individuálního vzorku svaloviny pstruha obecného – $0,445 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, ostatní koncentrace se pohybovaly v rozmezí $0,025$ – $0,161 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u původních druhů ryb – pstruh obecný a lipan podhorní, naopak nejnižší obsahy rtuti byly zjištěny u vysazovaných druhů ryb – pstruha duhového a sivena amerického. Porovnání obsahu rtuti ve svalovině jednotlivých druhů ryb je zobrazeno v Grafu č. 4.

Graf č. 4: Obsah rtuti ve svalovině ryb z lokality Otava 7 (P)



Pb – hygienický limit pro obsah olova ($0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl v žádném případě překročen. Limitní koncentraci se nejvíce přiblížil jeden individuální vzorek svaloviny pstruha obecného – $0,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty kontaminace byly naměřeny u původních druhů ryb – pstruh obecný a lipan podhorní, naopak hodnoty u vysazovaných druhů ryb – pstruh duhový a siven americký nedosahovaly ani meze detekce – $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Cd – obsah kadmia byl u všech směsných vzorků pod mezí detekce analytické metody ($0,002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), jen 2 individuální vzorky svaloviny pstruha obecného vykázaly

hodnoty shodné s mezí detekce. Tyto hodnoty byly stále hluboko pod hygienickým limitem – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Obsah kadmia v této lokalitě nepředstavuje žádné zvláštní riziko pro konzumenty.

Σ PCB – zjištěné koncentrace reziduí PCB se pohybovaly v rozmezí $0,00146\text{--}0,0233 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsahy PCB byly naměřeny u původních druhů ryb – pstruh obecný a lipan podhorní, naopak obsahy u nepůvodních druhů ryb – pstruh duhový a siven americký dosahovaly výrazně nižších hodnot. Nejvyšší kontaminace byla zjištěna u pstruha obecného, ale i tak byla hluboko pod platným hygienickým limitem – $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (85 krát nižší).

Σ DDT – hygienický limit pro obsah DDT – $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen. Všechny naměřené hodnoty byly v intervalu $0,00123\text{--}0,02277 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejvyšší obsahy DDT byly zjištěny u původních druhů ryb – pstruh obecný a lipan podhorní, naopak obsahy u nepůvodních druhů ryb – pstruh duhový a siven americký dosahovaly výrazně nižších hodnot.

β -HCH + α -HCH – hygienický limit pro obsah α -HCH + β -HCH ($0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen, všechny naměřené hodnoty kontaminace byly pod mezí detekce analytických metod – $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (α -HCH) a $0,00004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (β -HCH).

γ -HCH – ani platný hygienický limit pro obsah γ -HCH ($0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného vzorku z této lokality překročen. Veškeré naměřené hodnoty se pohybovaly pod mezí detekce analytických metod – $0,00003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

HCB – obsah HCB nebyl u žádného vzorku detekován (mez detekce $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), tudíž ani platný hygienický limit pro obsah HCB – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebyl překročen.

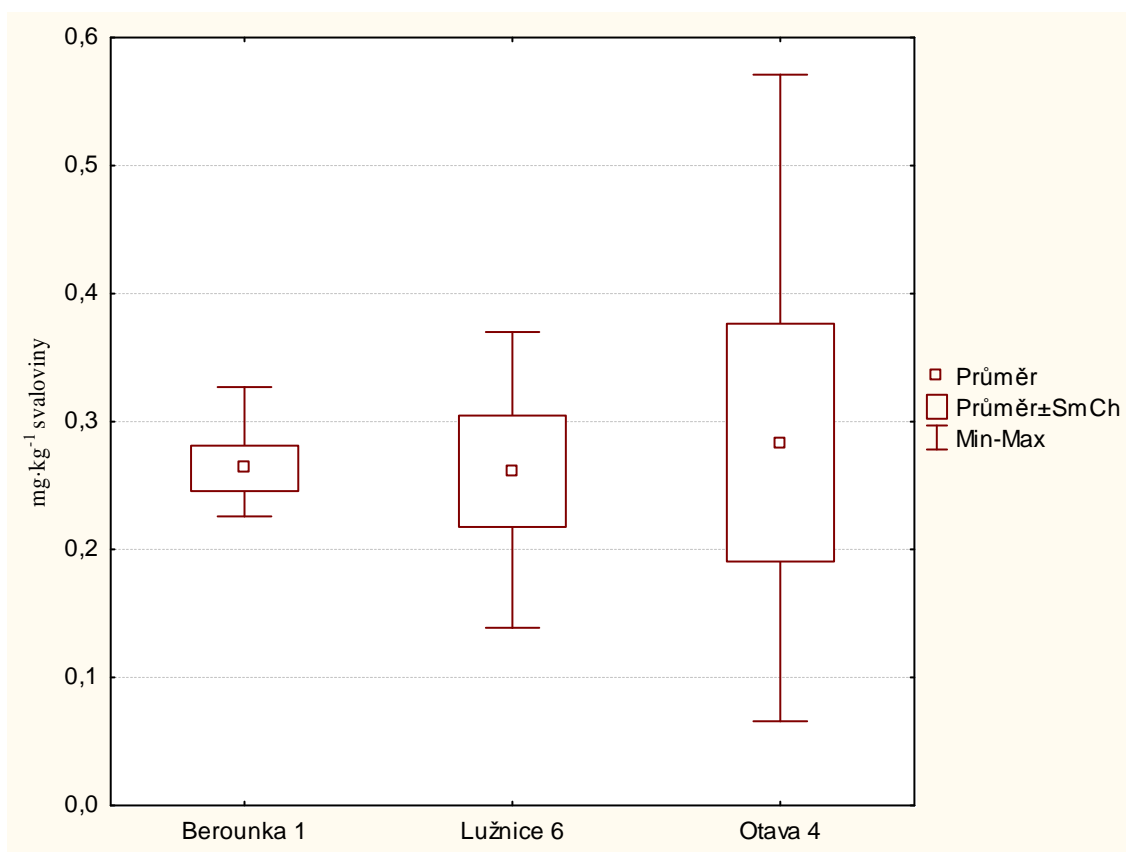
Hygienický limit nebyl v této lokalitě překročen v žádném případě. Nejbližší hygienickému limitu byl obsah rtuti u 1 individuálního vzorku svaloviny pstruha obecného. Jako limitující polutant z hlediska hygienické kvality se v této lokalitě ukázala rtuť. Nejmenší zdravotní riziko pro konzumenty představovala svalovina pstruha duhového a sivena amerického .

4.5. Porovnání lokalit pomocí referenčního druhu

Cejn velký byl odloven v každé lokalitě, s výjimkou Otavy 7 (P), v počtu 5 ks, a byl tedy zvolen jako referenční druh pro porovnání kontaminace v jednotlivých lokalitách. Celkem bylo analyzováno 15 individuálních vzorků svaloviny cejna velkého a byly zjištěny následující výsledky:

Hg – u všech individuálních vzorků byla kontaminace rtuťí oproti jiným těžkým kovům zvýšená a byla v rozmezí 0,066–0,571 mg·kg⁻¹. Celkový obsah rtuťi ve svalovině překročil v jednom případě platný hygienický limit (0,5 mg·kg⁻¹), jednalo se o individuální vzorek z revíru Otava 4. Porovnání obsahu rtuťi ve svalovině cejna velkého z jednotlivých revírů je zobrazeno v Grafu č. 5. Pomocí Kruskal-Wallisova testu nebyl v případě koncentrací rtuťi ve svalovině cejna velkého mezi lokalitami prokázán statisticky významný rozdíl.

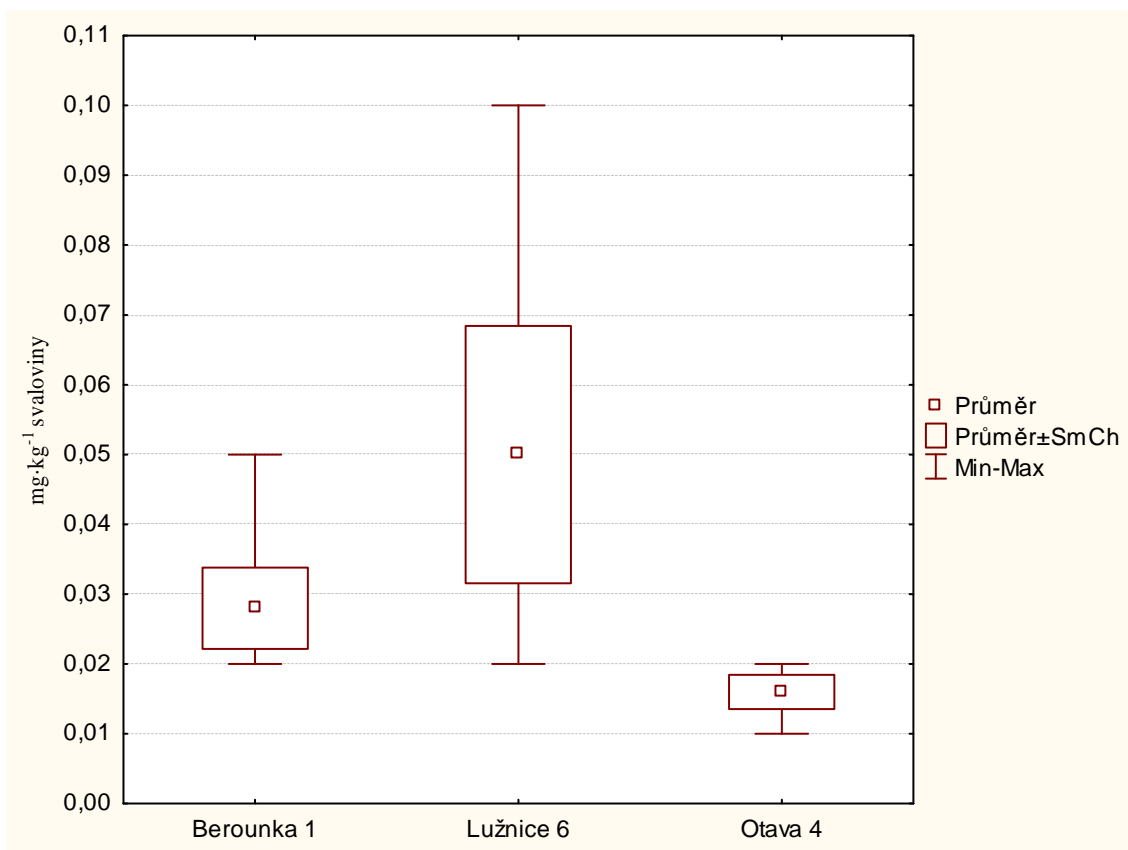
Graf č. 5 : porovnání obsahu Hg u cejna velkého v jednotlivých revírech



Pb – hygienický limit pro obsah olova (0,3 mg·kg⁻¹) nebyl v žádném případě překročen. Nejvyšší hodnota kontaminace byla zjištěna u jednoho individuálního

vzorku z Lužnice 6 – 0,1 mg·kg⁻¹. Všechny zjištěné hodnoty obsahu Pb spadaly do intervalu 0,01–0,1 mg·kg⁻¹. Porovnání obsahu olova ve svalovině cejna velkého z jednotlivých revírů je zobrazeno v Grafu č. 6. Pomocí Kruskal-Wallisova testu nebyl v případě koncentrací olova ve svalovině cejna velkého mezi lokalitami prokázán statisticky významný rozdíl.

Graf č. 6 : porovnání obsahu Pb u cejna velkého v jednotlivých revírech

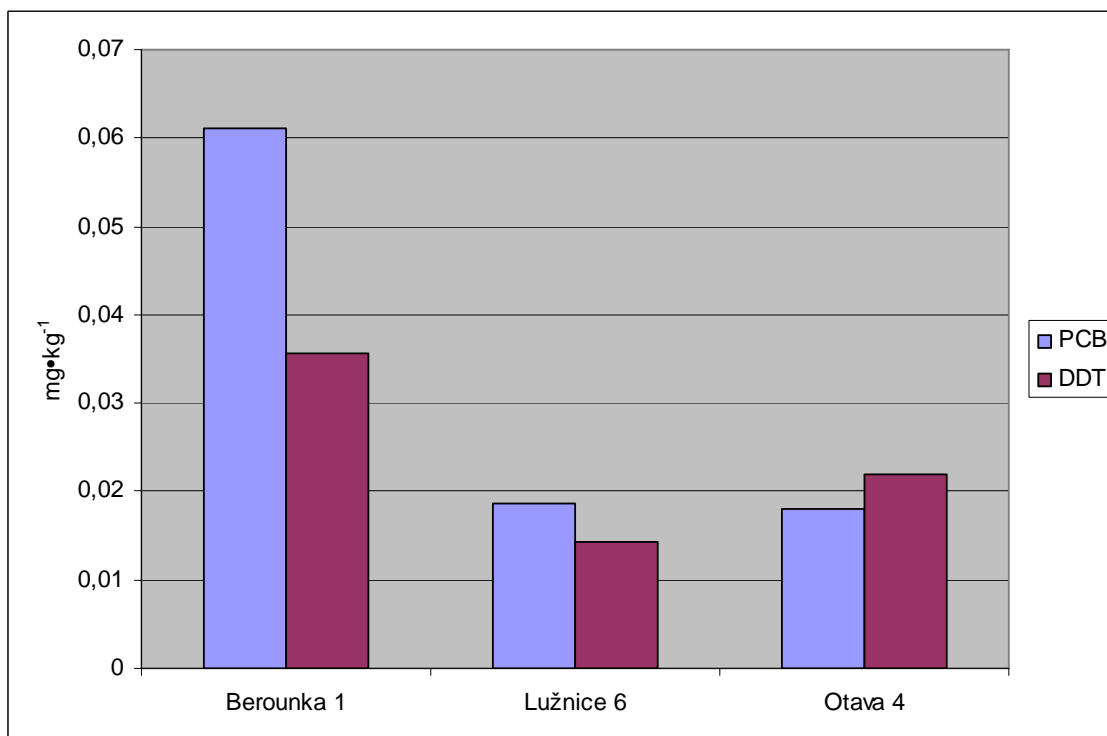


Cd – obsah kadmia byl ve většině případů pod mezí detekce (0,002 mg·kg⁻¹) nebo jí byl roven. Největší kontaminace byla zjištěna u 1 individuálního vzorku z Lužnice 6 – 0,006 mg·kg⁻¹ a tato hodnota byla stále pod hygienickým limitem – 0,05 mg·kg⁻¹. Z hlediska obsahu kadmia byly všechny lokality srovnatelné.

Σ PCB – hygienický limit pro obsah PCB – 2 mg·kg⁻¹ nebyl v žádném směsném vzorku překročen. Nejzatíženější lokalitou byla Berounka 1 – 0,06113 mg·kg⁻¹, hodnoty z Lužnice 6 a Otavy 4 byly nižší a vzájemně podobné – 0,0186 a 0,01794 mg·kg⁻¹. Porovnání obsahu PCB ve směsném vzorku svaloviny cejna velkého z jednotlivých revírů je zobrazeno v Grafu č. 7.

Σ DDT – platný hygienický limit pro obsah DDT – $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebyl u žádného směšného vzorku svaloviny překročen. Nejzatíženější lokalitou byla Berounka 1 – $0,03557 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, dále Otava 4 – $0,02201 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a nejméně zatíženou Lužnice 6 – $0,01423 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Porovnání obsahu DDT ve směšném vzorku svaloviny cejna velkého z jednotlivých revírů je zobrazeno v Grafu č. 7.

Graf č. 7: porovnání obsahu PCB a DDT ve směšném vzorku svaloviny cejna velkého v jednotlivých revírech



β-HCH + α-HCH – hygienický limit pro obsah α -HCH + β -HCH ($0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného směšného vzorku svaloviny překročen, všechny naměřené hodnoty kontaminace byly pod mezí detekce analytických metod – $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (α -HCH) a $0,00004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (β -HCH).

γ-HCH – ani platný hygienický limit pro obsah γ -HCH ($0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného směšného vzorku svaloviny překročen. Veškeré naměřené hodnoty se pohybovaly pod mezí detekce analytických metod – $0,00003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

HCB – obsah HCB nebyl u žádného vzorku detekován (mez detekce $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), tudíž ani platný hygienický limit pro obsah HCB – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nebyl překročen.

5. Diskuze

5.1. Obsah Hg

Rtuť byla shledána jako limitující polutant z hlediska hygienické kvality ve všech rybářských revírech. Obdobné výsledky byly zjištěny i v minulých letech projektu – Kontaminace ryb z volných vod, jehož součástí tato práce je. Koncentrace rtuti ve svalovině ryb dosahovala ze všech polutantů nejvyšších hodnot. Hygienický limit byl překročen celkem ve 4 případech. Jednalo se o 3 směsné vzorky svaloviny – bolen dravý (Lužnice 6), bolen dravý (Berounka 1) a okoun říční (Otava 4). Pouze jeden individuální vzorek svaloviny (cejn velký – Otava 4) ze všech 20 individuálních vzorků překročil platný hygienický limit. Všechny zjištěné koncentrace rtuti ve svalovině spadaly do intervalu 0,025–0,768 mg·kg⁻¹.

Svobodová a kol. (1993b) provedli monitoring cizorodých látek v rybách řeky Labe v úseku od Ústí nad Labem po Hřensko. Na obsah celkové rtuti ve svalovině bylo analyzováno 150 ks ryb náležejících k 22 druhům. Přibližně jedna třetina vzorků dravých druhů ryb překračovala dřívější platný limit 0,6 mg·kg⁻¹ celkové rtuti ve svalovině. Pro srovnání s naší studií je možno použít zjištěnou průměrnou koncentraci ve svalovině cejna velkého – 0,292 mg·kg⁻¹, která je srovnatelná s průměrnými hodnotami zjištěnými v lokalitách Berounka 1, Lužnice 6 a Otava 4 (0,261–0,284 mg·kg⁻¹). Zjištěný obsah rtuti ve svalovině kapra (ve věku 5 let) byl poněkud vyšší (0,256 mg·kg⁻¹) než v lokalitách Berounka 1 a Lužnice 6 (ve věku 3–4 let).

Jiný výzkum provedl Maršálek a kol. (2005) u ryb pocházejících z nádrže Skalka, která je známa svým výrazným zatížením rtutí. Bylo odloveno celkem 30 ks ryb náležejících k 7 rybím druhům. Všechny vzorky svaloviny překročily platný hygienický limit pro obsah rtuti. Nejvyšší kontaminace byla zjištěna u bolena dravého (zástupce dravých ryb) – 2,93–3,4 mg·kg⁻¹. Cejn obecný obsahoval značné množství rtuti ve svalovině (0,96 mg·kg⁻¹). Celá lokalita byla velmi výrazně zatížena rtutí. Kontaminace revírů Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4 a Otava 7 (P) dosahuje přibližně čtvrtinových hodnot zjišťovaných u ryb z nádrže Skalka..

Ve zmíněných výzkumech, stejně jako i v této práci, byly nejvyšší obsahy rtuti zjištěny především u dravých druhů ryb. Tento fakt také dokumentují výsledky analýz

svaloviny ryb z různých lokalit řeky Berounky, kde ryby omnivorní obsahovaly 0,1–0,3 mg·kg⁻¹ a ryby dravé nad 0,5 mg·kg⁻¹ (Svobodová a kol., 1987).

Schopnost akumulace rtuti v rybím organismu byla pozorována u individuálních vzorků cejna velkého, kdy obsahy rtuti u starších ryb dosahovaly vyšších hodnot než u ryb mladších, to se projevilo ve všech sledovaných lokalitách. Toto zjištění je v souladu s dřívějšími poznatky, kdy byl prokázán rostoucí obsah rtuti ve svalovině v závislosti na věku ryb (např. Jewet a kol., 2003).

Svalovina pstruha duhového a sivena amerického, představovala nejmenší zdravotní riziko pro konzumenty z hlediska obsahu rtuti. Odlovené ryby dosahovaly konzumní velikosti a zároveň zákonné míry. Schopnost rozmnožování nepůvodních druhů – pstruha duhového a sivena amerického v přirozeném prostředí je diskutabilní. Proto se lze domnívat, že veškerí odlovení jedinci pocházeli z umělých chovů a byli do revíru Otava 7 (P) vysazeni. Jejich věk byl 2–3 roky, což je doba shodná s jejich obvyklou dobou odchovu do tržní velikosti. Zřejmě byli odloveni nedlouho po jejich vysazení do revíru, to byla také pravděpodobná příčina výrazně nižších obsahů rtuti než u původních druhů ryb, které v prostředí řeky setrvaly přibližně 4 roky.

Kapr obecný je u nás nejčastěji lovenou rybou. Ministerstvo zemědělství ČR uvádí výlov kapra obecného na udici 3656 tun za rok 2006. Je pravidelně vysazován do revírů Českého rybářského svazu v konzumní velikosti (3–4 roky) a bývá obvykle brzy po vysazení odloven. Kontaminace kapří svaloviny rtutí v revírech Lužnice 6 a Berounka 1 byla ze všech druhů nejmenší. Obsah 0,066 respektive 0,119 mg·kg⁻¹ je při porovnání s obsahy rtuti ve svalovině kapra z velkých rybníků České republiky (např. Čelechovská a kol., 2007) mírně zvýšený, ale i tak se pravděpodobně jedná o ryby pocházející z chovných rybníků.

5.2. Obsah Pb

Obsah olova nepředstavoval pro konzumenty tak významné riziko jako obsah rtuti. Hygienický limit pro obsah olova nebyl v žádném případě překročen. Nejvyšší zjištěná hodnota – 0,1 mg·kg⁻¹ (individuální vzorek svaloviny cejna velkého z Lužnice 6) byla 3 krát nižší než platný hygienický limit 0,3 mg·kg⁻¹. Většina naměřených hodnot se pohybovala v okolí meze detekce analytických metod – 0,01 mg·kg⁻¹.

Pro srovnání je zde uvedena práce Svobodové a kol. (1993a), kteří vyšetřili 35 ks ryb v lokalitě Jizera – Otradovice na přítomnost olova ve svalovině. Hygienický limit

byl tehdy u několika ryb překročen. Nejvíce kontaminována byla svalovina štiky obecné $3,899 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a okouna říčního $2,743 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Na základě výsledků byla lokalita Jizera – Otradovice vyhodnocena jako výrazně zatížená olovem. Oproti této studii jsou výsledky kontaminace lokalit Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4 a Otava 7(P) mnohem nižší a dokládají slabé zatížení olovem. Jednou z možných příčin může být zákaz používání olovnatých benzínů, které v minulosti představovaly výrazný zdroj znečištění. Nepodařilo se ovšem prokázat vyšší obsahy olova u dravých druhů ryb, jako tomu bylo v případě Jizery – Otradovice (1993).

Nízké obsahy olova byly stejně jako u rtuti zjištěny ve svalovině kapra obecného, pstruha duhového a sivena amerického. Zřejmé důvody jsou objasněny v předešlé kapitole – obsah rtuti.

5.3. Obsah Cd

Ze všech těžkých kovů byl obsah kadmia nejméně rizikový. U žádného vzorku svaloviny nedošlo k překročení platného hygienického limitu – $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Koncentrace kadmia ve všech lokalitách nepřesáhly hodnotu $0,006 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (individuální vzorek svaloviny cejna velkého z Lužnice 6) a byly v naprosté většině případů pod mezí detekce analytických metod $0,002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Piačková a kol. (2003a) porovnávali hodnoty obsahu kadmia v tkáních tržních kaprů obecných z rybníka Dřemliny. Monitoring byl proveden v letech 1991, 1993 a 2001. Hodnoty obsahu kadmia ve svalovině byly v rozmezí $0,001\text{--}0,003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, tyto obsahy byly podobně nízké jako u kaprů obecných v revírech Lužnice 6 a Berounka 1.

Svobodová a kol. (1993a) analyzovali na obsah kadmia ve tkáni 35 ks ryb náležejících do 8 druhů (lokalita Jizera – Otradovice). Kontaminace svaloviny kadmii byla v intervalu $0,003\text{--}0,0072 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ o limitu. Oproti hodnotám zjištěným u ryb v naší práci byly tyto obsahy kadmia mírně zvýšené, avšak stále hluboko pod hygienickým limitem.

5.4. Obsah PCB

Z hlediska obsahu PCB ve sledovaných lokalitách nehrozilo významné nebezpečí. K překročení hygienického limitu – $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nedošlo v žádném z případů. Zjištěné hodnoty reziduí PCB se pohybovaly v rozmezí $0,0007 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (štika obecná

z Berounky 1) a $0,07035 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (úhoř říční z Berounky 1). Zatížení bylo ve všech lokalitách velmi nízké.

Starší monitoring obsahu PCB (suma Delor 103 a 106) v Labi provedla Svobodová a kol. (1993b). V úseku od Ústí nad Labem po Hřensko bylo odloveno 164 ks ryb (14 druhů), enormně vysoká hodnota kontaminace PCB byla ve svalovině cejnků malých ($28,828 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), vysoká ve svalovině palem obecných ($2,237\text{--}11,237 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a ve svalovině jelce tlouště ($0,931\text{--}9,842 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Hodnoty reziduí PCB ve svalovině odlovených ryb překračovaly platné hygienické limity nebo byly zvýšené. Ze srovnání s obsahy PCB v lokalitách Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4 a Otava 7 (P) je zřejmé, že dřívější kontaminace Labe byla opravdu vysoká. Dnešní zjišťované hodnoty jsou již nižší (Randák a kol., 2009), a to i v důsledku zákazu používání PCB.

Nejnižší koncentrace byly zjištěny ve svalovině štiky obecné (nejnižší obsah tuku), naopak úhoř říční a cejn velký s mnohem větším obsahem tuku měli také největší koncentrace PCB. Na tento fakt, že PCB se snadno akumulují v tukových tkáních, upozorňuje Integrovaný registr znečišťování (<http://irz.cz>).

Svobodová a kol. (1987) uvádí, že nejvyšší hodnoty reziduí PCB jsou zjišťovány u ryb stojících na vrcholu potravního řetězce, to se v této práci nepodařilo potvrdit. Svalovina štiky obecné (zástupce dravých ryb), byla dokonce kontaminována nejméně ze všech vzorků.

V lokalitě Otava 7 P byly nejvyšší obsahy PCB naměřeny u původních druhů ryb – pstruh obecný a lipan podhorní, naopak obsahy u vysazovaných druhů ryb – pstruh duhový a siven americký dosahovaly výrazně nižších hodnot, což je pravděpodobně způsobeno rozdílnou délkou pobytu v říčním prostředí. Pravděpodobné důvody jsou obdobné jako u obsahu rtuti (kapitola 5.1.).

5.5. Obsah DDT

Obsah DDT nepředstavoval v žádné z lokalit vážnější riziko. K překročení hygienického limitu – $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nedošlo u žádného vzorku svaloviny. Všechny zjištěné hodnoty byly v intervalu $0,00064 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (štika obecná z Berounky 1) až $0,06979 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (úhoř říční z Berounky 1).

Svobodová a kol. (1993b) posuzovali kontaminaci svaloviny ryb z řeky Labe (úsek od Ústí nad Labem po Hřensko), obsahy DDT se pohybovaly v rozmezí $0,013\text{--}1,157 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Kontaminace v několika případech byla nadlimitní. Daný úsek Labe byl

v porovnání s revíry – Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4 a Otava 7 (P) vyhodnocen jako zvýšeně zatížený DDT.

V naší práci byly nejnižší koncentrace zjištěny ve svalovině štiky obecné (nejnižší obsah tuku), naopak obsah DDT ve svalovině tučnějších ryb jako jsou úhoř říční a cejn velký dosahoval mnohem vyšších hodnot. Na tento fakt, že PCB se snadno akumulují v tukových tkáních, upozorňuje Integrovaný registr znečišťování (<http://irz.cz>).

V lokalitě Otava 7 (P) byly nejvyšší obsahy DDT zjištěny u původních druhů ryb – pstruh obecný a lipan podhorní, naopak obsahy u vysazovaných druhů ryb – pstruh duhový a siven americký dosahovaly hodnot přibližně 10 krát nižších, pravděpodobné důvody těchto rozdílných hodnot jsou uvedeny v kapitole 5.1. (obsah rtuti).

5.6. Obsah HCH

Z hlediska hygienické kvality nepředstavoval obsah HCH v žádném z revírů riziko. Hygienický limit pro obsah α -HCH + β -HCH ($0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ani pro obsah γ -HCH ($0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nebyl u žádného vzorku svaloviny překročen, všechny naměřené hodnoty kontaminace byly pod mezí detekce analytických metod – $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (α -HCH), $0,00004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (β -HCH) a $0,00003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (γ -HCH). Jedinou výjimkou byla svalovina štiky obecné z Otavy 4, kde byl zjištěn obsah β -HCH – $0,00049 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Obsahy HCH zjištěné u pstruha obecného z Otavy 7 (P) jsou srovnatelné s prací Havelkové a kol. (2008), kteří provedli monitoring obsahu reziduí HCH ve svalovině pstruha obecného z řeky Tichá Orlice (lokality Červená Voda, Králíky a Lichkov). Hodnoty kontaminace svaloviny pstruha obecného byly v rozmezí $0,14\text{--}0,32 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (suma α -HCH, β -HCH, γ -HCH). Zde se hodnoty kontaminace podařilo určit díky větší citlivosti analytické metody.

Starší výzkum provedený Svobodovou a kol. (1993a) ukázal naopak oproti naší práci velké zatížení lokality Jizera – Otradovice γ -HCH. Tehdejší platný hygienický limit – $0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (limit platný v SRN, u nás v té době nebyl stanoven) sice nebyl překročen u žádného z 8 vzorků svaloviny různých druhů ryb, ale dnešní limit byl s výjimkou 1 vzorku překročen u všech.

Menší zatížení pozorované Havelkovou a kol. (2008) a prokázané i v naší práci oproti starší práci Svobodové a kol. (1993a), je pravděpodobně způsobeno zákazem užívání HCH.

5.7. Obsah HCB

Obsah HCB nebyl zjištěn u žádného vzorku svaloviny ryb, tudíž nedošlo ani k překročení hygienického limitu. Kontaminace HCB byla ve všech případech pod mezí detekce analytické metody – $0,00002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Z hlediska obsahu POPs ve svalovině ryb bylo možné považovat HCB za nejméně rizikový.

Havelková a kol. (2009) monitorovali rezidua HCB ve svalovině jelce tlouště v několika úsecích řeky Vltavy (Podolí, Podbaba, Vraňany). Všechny hodnoty obsahu HCB ve svalovině se pohybovaly v rozmezí $0,5\text{--}4 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Kontaminace ryb byla velmi nízká a srovnatelná s obsahy HCB ve svalovině ryb z Berounky 1, Lužnice 6, Otavy 4 a Otavy 7 (P).

Starší monitoring obsahu HCB ve svalovině ryb řeky Labe (lokalita Opatovice) provedený Svobodovou a kol. (1994) prokázal oproti naší práci zvýšenou kontaminaci HCB, která se pohybovala v rozmezí $0,001\text{--}0,047 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (s výjimkou úhoře říčního). K překročení platného hygienického limitu nedošlo, ale několik hodnot se mu přiblížilo.

Stejně jako u obsahu HCH byl i u obsahu HCB zjištěn pokles oproti hodnotám zjištěným u starších analýz rybí svaloviny (Svobodová a kol., 1994).

6. Závěr

Hodnocení hygienické kvality ryb z významných rybářských revírů – Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4 a Otava 7 (P) bylo provedeno pomocí chemických analýz zaměřených na zjišťování obsahu polutantů ve svalovině indikátorových druhů ryb. K překročení platného hygienického limitu došlo jen v případě rtuti, a to u 3 směsných vzorků svaloviny (bolen dravý – Berounka 1, bolen dravý – Lužnice 6, okoun říční – Otava 4) a 1 individuálního vzorku (cejn velký – Otava 4). Jako nejrizikovější byly z hlediska hygienické bezpečnosti vyhodnoceny starší dravé ryby, kvůli vysokému obsahu tohoto toxického kovu. Kontaminace svaloviny ryb persistentními organochlorovanými polutanty – PCB, DDT, HCB, HCH nepředstavovala významné riziko. Všechny naměřené koncentrace těchto polutantů byly hluboko pod platnými hygienickými limity, v případě HCB a HCH se hodnoty pohybovaly ve většině případů pod mezí detekce analytických metod. Při porovnání jednotlivých revírů pomocí obsahů polutantů ve svalovině referenčního druhu – cejna velkého nebyly v případě Hg, Pb, Cd, HCB ani HCH zjištěny významné rozdíly. Z pohledu obsahu PCB a DDT byla nejzatíženější lokalitou Berounka 1, kontaminace v lokalitách Lužnice 6 a Otava 4 dosahovala přibližně 2 krát (obsah PCB) až 3 krát (obsah DDT) nižších hodnot. Výsledky této práce budou využity v aktualizované verzi informačního letáku „Kvalita ryb v českých a moravských tocích“ vydávaném Ministerstvem zemědělství České republiky. V příštích letech by bylo vhodné pokračovat v monitoringu dalších významných revírů, jelikož je ze strany rybářské veřejnosti o tyto informace zájem.

7. Přehled použité literatury

Český rybářský svaz [online], Úvodní informace [cit. 2011-04-09]. Dostupné na WWW: <http://www.rybsvaz.cz/>

Čelechovská, O., Svobodová, Z., Žlábek, V., Macharáčková, B., 2007. Distribution of Metals in Tissues of the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). Acta Vet. Brno, 76, 93–100.

Havelková, M., Svobodová, Z., Kolářová, J., Krijt, J., Némethová, D., Jarkovský, J., Pospíšil, R., 2008. Organic Pollutant Contamination of the River Tichá Orlice as Assessed by Biochemical Markers. Acta Vet. Brno, 77, 133-141.

Havelková, M., Slatinská, I., Šířoká, Z., Blahová, J., Krijt, J., Randák, T., Žlábek, V., Haruštiaková, D., Jarkovský, J., Svobodová, Z., 2009. Use of Biochemical Markers for the Assessment of Organic Pollutant Contamination of the Vltava river, Czech Republic. Acta Vet. Brno, 78, 513-524.

Integrovaný registr znečištění [online], Látky v IRZ [cit. 2011-01-25]. Dostupné na WWW: <http://irz.cz/irz/new/node/20>

Jewett, S.C., Zhang, X., Sathy Naidu, A., Kelley, J.J., Dasher, D., Duffy, L.K., 2003. Comparison of mercury and methylmercury in northern pike and Arctic grayling from western Alaska rivers. Chemosphere, 50, 383-392.

Kliment, V., 1996. Model of multipurpose exposure to contaminants in monitoring the environmental impact on population health. Central European Journal of Public Health, 4, 246-249.

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.

Pacyna, J.M., 1999. Environmental cycling of selected persistent organic pollutants (POPs) in the Baltic region (POPCYCLING-Baltic). Final Report. Brussels, European Commission, Environment and Climate Programme (Contract ENV4-CT96-0214).

Piačková, V., Randák, T., Svobodová, Z., Máchová, J., Žlábek, V., 2003a. Porovnání obsahu cizorodých látek v tkáních kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) a v sedimentu dna z rybníka Dřemliny v letech 1991, 1992, 1999 a 2001. Bulletin JU VÚRH, 39 (3), 152-164.

Piačková, V., Randák, T., Svobodová, Z., Máchová, J., Žlábek, V., 2003b. Porovnání obsahu cizorodých látek v tkáních kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) a v sedimentu dna z rybníka Horusický v letech 1991a 2001. Bulletin JU VÚRH, 39 (4), 213–227.

Randák, T., Žlábek, V., Pulkrabová, J., Kolářová, J., Kroupová, H., Šíroká, Z., Velíšek, J., Svobodová, Z., Hajšlová, J. 2009. Effects of pollution on chub in the River Elbe, Czech Republic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72, 737-746.

Svobodová, Z. a kol.: *Toxikologie vodních živočichů*. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1987.

Svobodová, Z., Vykusová, B., Máchová, J., Bastl, J., Hrbková, M., Svobodník, J., 1993a. Monitoring of foreign substances in fishes from the Jizera river in the Otradovice locality. *Bulletin VURH Vodňany*, 29, 28-42.

Svobodová, Z., Vykusová, B., Máchová, J., Bastl, J., Hrbková, M., Svobodník, J., 1993b. Monitoring of foreign substances in fishes from the Elbe River in the sector between Usti over Elbe and Hřensko. *Bulletin VURH Vodňany*, 29, 79-99.

Svobodová, Z., Vykusová, B., Piačka, V., Máchová, J., Bastl, J., Hrbková, M., Svobodník, J., 1994. Monitoring of foreign substances in fishes from the Elbe river in the Opatovice locality. *Bulletin VURH Vodňany*, 30, 89-105.

Svobodová, Z., Piačka, V., Vykusová, B., Máchová, J., Hejtmánek, M., Hrbková, M., Bastl, J., 1995. Residues of pollutants in Siluriformes from various localities of the Czech Republic. *Acta Vet. Brno*, 64, 195-208.

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 Journal of Animal Science*, 47, 339–350.

Svobodová, Z., Žlábek, V., Randák, T., Máchová, J., Kolářová, J., Hajšlová, J., Suchan, P. 2003. Profiles of organochlorine POPs in tissues of marketable carp and in bottom sediments of selected ponds of South and West Bohemia. *Acta Vet. Brno*, 72, 295-309.

Šíroká, Z., Krijt, J., Randák, T., Svobodová, Z., Pešková, G., Fuksa, J., Hajšlová, J., Jarkovský, J., Jánková, M., 2005. Organic Pollutant Contamination of the River Elbe as Assessed by Biochemical Markers. *Acta Vet. Brno*. 74, 293-303.

WHO (2003): Health risks of persistent organic pollutants from long-range transboundary air pollution, Geneva, World Health Organization.

WHO (2007): Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution, Geneva, World Health Organization.

Wikipedia [online], Itai-itai disease [cit. 2011-02-11]. Dostupné na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Itai_itai

Wikipedia [online], Minamata disease [cit. 2011-02-11]. Dostupné na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Minamata_disease

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. Seznam použitých zkratk

DDT	– dichlordifenyltrichlorethan
EPA	– Environmental protection agency
HCB	– hexachlorbenzen
HCH	– hexachlorcyklohexan
MP	– mimopstruhový revír
MZd.	– Ministerstvo zemědělství České republiky
P	– pstruhový revír
PCB	– polychlorované bifenyly
POPs	– perzistentní organochlorované polutanty

9. Seznam příloh

Mapa č.1	Berounka 1 – mapa revíru včetně označení místa odlovu
Mapa č. 2	Lužnice 6 – mapa revíru včetně označení místa odlovu
Mapa č. 3	Otava 4 – mapa revíru včetně označení místa odlovu
Mapa č. 4	Otava 7 (P) – mapa revíru včetně označení místa odlovu
Tab. I	Berounka 1 – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb
Tab. II	Lužnice 6 – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb
Tab. III	Otava 4 – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb
Tab. IV	Otava 7 (P) – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb

Abstrakt:

HYGIENICKÁ KVALITA RYB VE VÝZNAMNÝCH RYBÁŘSKÝCH REVÍRECH LUŽNICE 6, BEROUNKA 1, OTAVA 4, OTAVA 7 (P)

Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit hygienickou kvalitu ryb z významných rybářských revírů: Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4, Otava 7 (P). Odlov ryb byl proveden v roce 2010 pomocí elektrického agregátu a rybářských udic. Bylo uloveno 173 jedinců náležejících ke 13 různým druhům ryb. Vzorky rybí svaloviny byly analyzovány na přítomnost těchto látek: Hg, Pb, Cd, PCB, DDT a jeho metabolitů (DDE a DDD), α -HCH, β -HCH, γ -HCH, HCB. Vzorky svaloviny cejna velkého (*Abramis brama*) byly odebrány ve všech sledovaných revírech (výjimkou byla Otava 7) a cejn byl použit jako referenční druh pro porovnání kontaminace sledovaných lokalit. Výsledky analýz byly porovnány s platnými hygienickými limity. Hodnoty kontaminace byly ve většině případů velmi nízké a hluboko pod limity. Rtuť byla identifikována jako rizikový kontaminant ve všech sledovaných revírech. Průměrné koncentrace rtuti ve svalovině cejna velkého byly v rozmezí 0,261–0,284 mg·kg⁻¹ a byly ve všech řekách podobné. Hygienický limit pro rtuť (0,5 mg·kg⁻¹) byl překročen pouze ve 4 případech – jeden individuální vzorek cejna velkého z Otavy, dva směsné vzorky bolena dravého (*Aspius aspius*) z Berounky a Lužnice, jeden směsný vzorek okouna říčního (*Perca fluviatilis*) z Otavy. Nejvyšší hodnota celkového obsahu rtuti (0,768 mg·kg⁻¹) byla zjištěna u bolena dravého z Lužnice. Všechny koncentrace perzistentních organochlorovaných polutantů v rybí svalovině byly hluboko pod platnými hygienickými limity. Jediné zdravotní riziko představoval zvýšený obsah rtuti.

Klíčová slova: *Abramis brama*, Lužnice, Berounka, Otava, ryba, hygienický limit, polutant, rtuť

Abstract:

HYGIENIC QUALITY OF FISH FROM SIGNIFICANT FISHING WATERS BEROUNKA 1, LUŽNICE 6, OTAVA 4, OTAVA 7 (P)

The main aim of this study was to evaluate hygienic quality of fish from significant fishing waters: Berounka 1, Lužnice 6, Otava 4, Otava 7 (P). Sampling was performed in 2010 by electrofishing and fishing rods. 173 individuals belonging to 13 different fish species were fished. The samples of fish muscle were analysed for the following substances: Hg, Pb, Cd, PCB, DDT and its metabolites (DDE and DDD), α -HCH, β -HCH, γ -HCH, HCB. Samples of bream (*Abramis brama*) muscle were collected at all monitored sites (exception was Otava 7) and bream was used as reference species to compare the contamination among monitored rivers. The results were compared with valid hygienic limits. The values of contamination were in most cases very low and far below the limits. Only mercury was identified as a risk contaminant in all monitored rivers. Average concentrations of mercury in the muscle of bream were in the range of 0.261–0.284 mg·kg⁻¹ and were comparable in all rivers. The hygienic limit for mercury (0,5 mg·kg⁻¹) was exceeded only in 4 cases – one individual sample of bream from Otava, two mixed samples of asp (*Aspius aspius*) from Berounka and Lužnice, one mixed sample of perch (*Perca fluviatilis*) from Otava. The highest value of total mercury content (0.768 mg·kg⁻¹) was found in asp from Lužnice 6. All concentrations of persistent organochlorinated pollutants in fish muscle were far below the valid hygienic limits. The only health risk was posed by increased content of mercury.

Key words: *Abramis brama*, Lužnice river, Berounka river, Otava river, fish, hygienic limit, pollutant, mercury

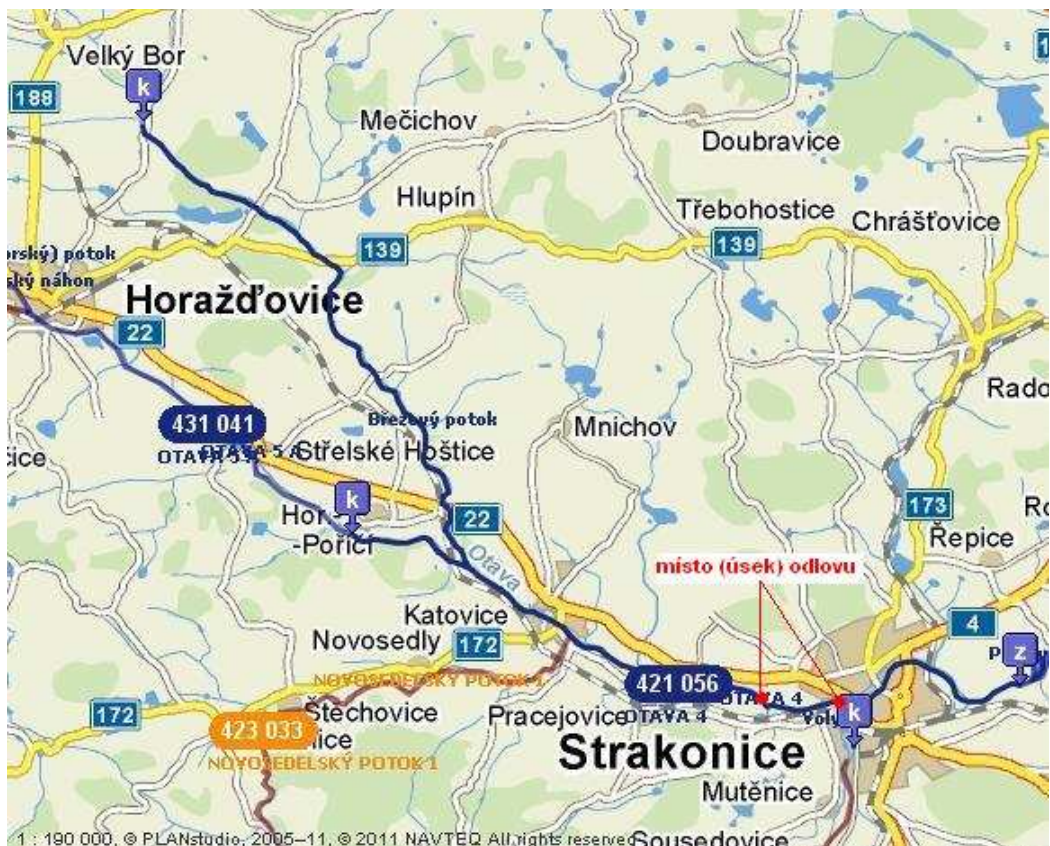
Mapa č.1: Berounka 1 – mapa revíru včetně označení místa odlovu (zdroj: www.rybsvaz.cz)



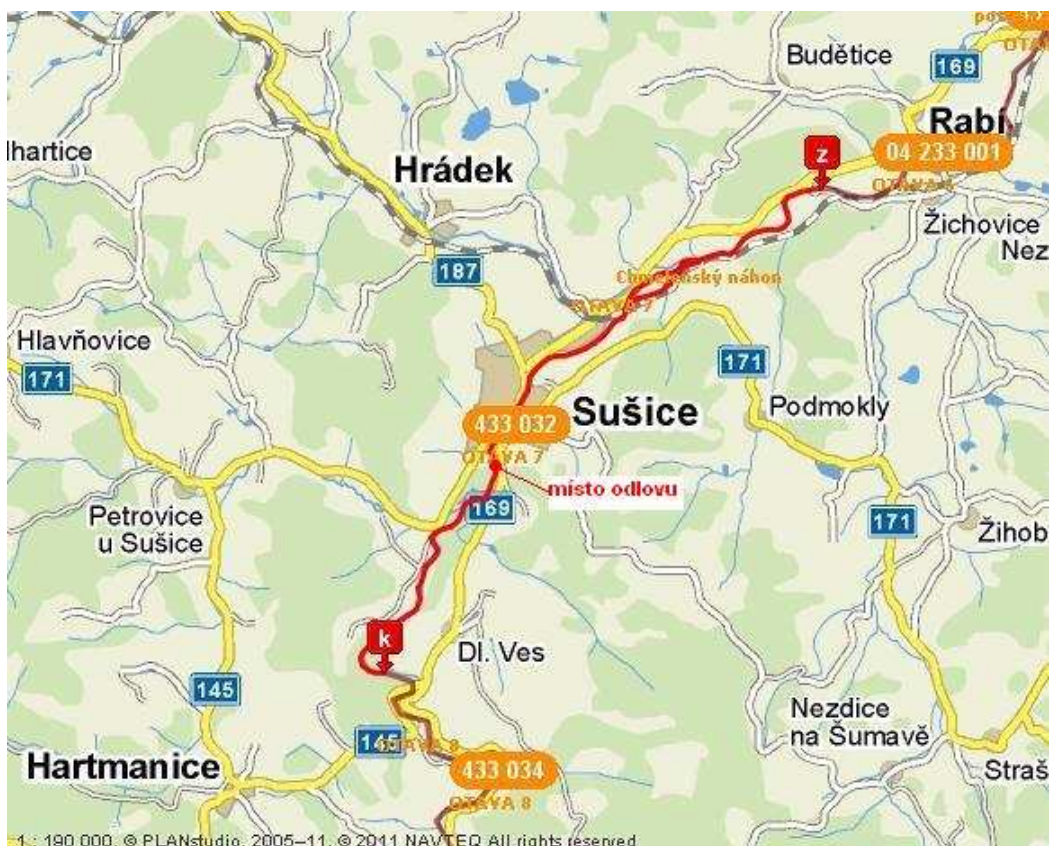
Mapa č. 2: Lužnice 6 – mapa revíru včetně označení místa odlovu (zdroj: www.rybsvaz.cz)



Mapa č. 3: Otava 4 – mapa revíru včetně označení místa odlovu (zdroj: www.rybsvaz.cz)



Mapa č. 4: Otava 7 (P) – mapa revíru včetně označení místa odlovu (zdroj: www.rybsvaz.cz)



Tab. I: Berounka I – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb

Druh	Počet	Hmotnost (g)	Hg	Pb	Cd	Σ PCB	Σ DDT	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	HCB
cejn velký	5	1375	0,266	0,05	0,003	0,06113	0,03557	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
		1535	0,327	0,02	0,002						
		1085	0,263	0,02	<0,002						
		900	0,235	0,02	<0,002						
		825	0,226	0,03	<0,002						
kapr obecný	4	1705 - 2105	0,066	0,01	<0,002	0,01038	0,01296	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
plotice obecná	5	110 - 235	0,103	0,02	0,002	0,00335	0,00245	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
bolen dravý	4	590 - 1310	0,672	0,02	<0,002	0,02825	0,01170	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
úhoř říční	3	290 - 765	0,404	0,02	0,03	0,07035	0,06979	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
štika obecná	5	1325 - 2200	0,239	0,01	<0,002	0,00070	0,00090	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002

Hodnoty jsou uvedeny v mg·kg⁻¹ svaloviny. Zvýrazněné hodnoty překročily platný hygienický limit.

Tab. II: Lužnice 6 – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb

Druh	Počet	Hmotnost (g)	Hg	Pb	Cd	Σ PCB	Σ DDT	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	HCB
cejn velký	5	875	0,260	0,10	0,006	0,01860	0,01423	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
		820	0,194	0,02	<0,002						
		1380	0,370	0,02	<0,002						
		395	0,139	0,09	<0,002						
		1440	0,343	0,02	<0,002						
kapr obecný	3	1500 - 1970	0,119	0,01	<0,002	0,00301	0,00229	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
plotice obecná	5	110 - 245	0,189	0,01	<0,002	0,00433	0,00246	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
jelec tloušť	5	460 - 1280	0,190	<0,01	<0,002	0,00753	0,00364	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
bolen dravý	4	890 - 2580	0,768	0,01	<0,002	0,00665	0,00273	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
štika obecná	5	1230 - 1660	0,301	<0,01	<0,002	0,00092	0,00064	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002

Hodnoty jsou uvedeny v mg·kg⁻¹ svaloviny. Zvýrazněné hodnoty překročily platný hygienický limit.

Tab. III: Otava 4 – koncentrace cizorodých látek ve svalovině ryb

Druh	Počet	Hmotnost (g)	Hg	Pb	Cd	Σ PCB	Σ DDT	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	HCB
cejn velký	5	1160	0,571	0,01	0,002	0,01794	0,02201	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
		410	0,130	0,02	<0,002						
		340	0,238	0,02	<0,002						
		1505	0,413	0,01	0,002						
		290	0,066	0,02	<0,002						
lín obecný	5	295 - 850	0,307	0,01	<0,002	0,01282	0,01180	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
plotice obecná	5	155 - 460	0,202	0,01	<0,002	0,00555	0,00589	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
jelec tloušť	5	205 - 1075	0,169	0,01	<0,002	0,01334	0,01251	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
okoun říční	5	110 - 170	0,557	<0,01	<0,002	0,00537	0,00350	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
štika obecná	4	905 - 1310	0,335	<0,01	<0,002	0,00071	0,00086	<0,00002	0,00049	<0,00003	<0,00002

Hodnoty jsou uvedeny v mg·kg⁻¹ svaloviny. Zvýrazněné hodnoty překročily platný hygienický limit.

Tab. IV: Otava 7 (P) – koncentrace cizorodných látek ve svalovině ryb

Druh	Počet	Hmotnost (g)	Hg	Pb	Cd	Σ PCB	Σ DDT	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	HCB
pstruh obecný	5	215	0,161	0,03	0,002	0,02330	0,02277	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
		235	0,111	0,06	<0,002						
		175	0,445	0,02	<0,002						
		205	0,107	<0,01	<0,002						
		290	0,154	0,04	0,002						
lípan podhorní	4	270 - 355	0,099	0,03	<0,002	0,01456	0,01099	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
pstruh duhový	5	350 - 620	0,0250	<0,01	<0,002	0,00338	0,00373	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002
siven americký	5	380 - 510	0,027	<0,01	<0,002	0,00146	0,00123	<0,00002	<0,00004	<0,00003	<0,00002

Hodnoty jsou uvedeny v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ svaloviny. Zvýrazněné hodnoty překročily platný hygienický limit.