

Stanovení obsahu rtuti v rybách řeky Dřevnice a jejích přítoků

Bc. Zuzana Dobrotová

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav chemie

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Iméno a příjmení: Bc. Zuzana DOBROTOVÁ
Osobní číslo: T10674
Studijní program: N 2808 Chemie a technologie materiálů
Studijní obor: Řízení technologických rizik

Téma práce: Stanovení obsahu rtuti v rybách řeky Dřevnice a jejich přítoků

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Rybí maso jako významná složka lidské výživy.
2. Těžké kovy v ekosystémech povrchových vod.
3. Ryby – bioindikátory těžkých kovů.
4. Toxické působení rtuti a její následky.

II. Praktická část

1. Řeka Dřevnice a její přítoky.
2. Výsledky měření z minulých let.
3. Odběry vzorků z řeky Dřevnice rok 2011.
4. Stanovení rtuti v rybí svalovině.
5. Porovnání a vyhodnocení obsahu rtuti v rybách.
6. Možná nebezpečí pro obyvatelstvo a eliminace rizik.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] CIBULKA, J. a kol. Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře, Academia, Praha 1991.

[2] KOPLÍK, R. a kol. Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech, chemické listy, 1997.

[3] ČERNOHORSKÝ, T., JANDERA, P. Atomová emisní spektrometrie, Univerzita Palackého, 1997.

[4] SKOOG, D.A. Analytical chemistry an introduction, Seventh Edition, 2007.

Vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Lubomír Šimek, CSc.

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

14. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 14. února 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Antonín Klásek, DrSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Obsahem diplomové práce je zhodnotit ryby jako významnou složku lidské výživy a současně jako bioindikátory těžkých kovů, zejména rtuti, která se v rybách nejvíce akumuluje. Dále charakterizovat těžké kovy v ekosystémech povrchových vod a popsat toxické působení rtuti a jejích následků. Důležitou součástí jsou výsledky měření rtuti v řece Dřevnici z minulých let. Hlavním cílem je zjistit aktuální obsah rtuti v rybách z řeky Dřevnice a jejích přítoků a tyto výsledky porovnat s hygienickými limity dle současné legislativy.

Klíčová slova:

Rtuť, ryby, těžké kovy, vodní ekosystém, Dřevnice a její přítoky.

ABSTRACT

The content of this thesis is to evaluate the fish as an important component of human nutrition and also as a bioindicator of heavy metals, especially mercury, which accumulate in most fish. Furthermore, heavy metals in surface water ecosystems are analyzed, and the toxic effects of mercury and its impact on rivers are described. Central to this thesis are the results of measurements of mercury in the river Dřevnice from previous years. The main target is to determine the actual content of mercury in fish from the river Dřevnice and its tributaries. These results are compared with the health levels according to current legislation.

Keywords:

Mercury, fish, heavy metals, water ecosystem, Dřevnice and its tributaries.

Za vydatnou pomoc při odchytu ryb bych chtěla poděkovat výboru místní organizace Moravského rybářského svazu ve Zlíně, jmenovitě: předsedovi Ing. Karlu Dostálovi, hospodáři Vojtěchu Bašátkovi, vedoucímu pstruhového odboru Karlu Unzeitlichovi, jeho zástupci Pavlu Punčochářovi a Milanu Beránkovi.

V neposlední řadě chci poděkovat mému vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Lubomíru Šimkovi CSc. za vedení, odbornou pomoc a veškeré cenné rady, které mi byly velkým přínosem. Nesmírně si vážím jeho všestranné pomoci, ochoty a spolupráce, jež mi byla během vytváření této práce poskytnuta.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 RYBÍ MASA JAKO VÝZNAMNÁ A NEDOCENĚNÁ SLOŽKA LIDSKÉ VÝŽIVY	12
1.1 CHARAKTERISTIKA RYBÍHO MASA.....	12
1.2 NUTRIČNÍ VLASTNOSTI RYBÍ SVALOVINY	13
1.3 RYBY V DIETNÍ STRAVĚ.....	13
1.3.1 Omega-3 nenasycené mastné kyseliny.....	14
1.3.2 Hlavní účinky omega-3 nenasycených mastných kyselin na lidský organismus	15
1.4 SPOTŘEBA SLADKOVODNÍCH RYB V ČR	15
1.4.1 Prokazatelnost nižšího úmrtní lidí při vyšší spotřebě rybího masa.....	17
1.5 OHROŽENÍ KVALITY RYBÍHO MASA	17
2 TĚŽKÉ KOVY V EKOSYSTÉMECH POVRCHOVÝCH VOD	18
2.1 TRANSPORT TĚŽKÝCH KOVŮ VE VODNÍCH EKOSYSTÉMECH.....	18
2.1.1 Kontaminace vody	18
2.1.2 Znečištění sedimentu dna a potravinových organismů ryb.....	20
2.1.3 Obsah těžkých kovů v rybí svalovině	22
2.2 HLAVNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD TĚŽKÝMI KOVY	23
3 RYBY – NEJPŘESNĚJŠÍ BIOINDIKÁTORY TĚŽKÝCH KOVŮ	25
3.1 RTUŤ – NEJRIZIKOVĚJŠÍ TĚŽKÝ KOV	25
3.1.1 Zdroje rtuti ve vodních ekosystémech	26
3.1.2 Schopnost kumulace rtuti ve vodních organismech.....	27
3.1.3 Toxické působení rtuti a její následky	28
3.1.4 Zdravotní rizika a hygienická kvalita ryb z hlediska obsahu rtuti	29
3.2 MOŽNÁ NEBEZPEČÍ PRO OBYVATELSTVO A ELIMINACE RIZIK	30
3.3 NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ KONCENTRACE A HYGIENICKÉ NORMY.....	31
4 ŘEKA DŘEVNICE A JEJÍ PŘÍTOKY	32
4.1 PŘÍTOKY ŘEKY DŘEVNICE.....	32
4.1.1 Všemínka.....	32
4.1.2 Lutoninka	33
4.1.3 Racková.....	33
4.1.4 Fryštácký potok	33
4.2 VODNÍ DÍLA NA ŘECE DŘEVNICI.....	34
4.2.1 Vodní dílo Slušovice	34
4.2.2 Vodní dílo Fryšták.....	35
4.3 SKLADBA RYBÍ OBSÁDKY POVODÍ ŘEKY DŘEVNICE	37
4.3.1 Pstruhová část chovná	37
4.3.2 Pstruhová část lovná.....	37
4.3.3 Část mimopstruhová.....	40
4.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ Z MINULÝCH LET	43
4.4.1 Rok 2001	43

4.4.2	Rok 2003	44
4.4.3	Rok 2007, 2009 a 2010	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	47
5	CÍL PRÁCE	48
6	ODBĚRY VZORKŮ RYB Z ŘEKY DŘEVNICE A JEJÍCH PŘÍTOKŮ.....	49
7	STANOVENÍ RTUTI V RYBÍ SVALOVINĚ	50
7.1	PŘÍPRAVA VZORKŮ	50
7.2	PŘÍSTROJE A VYBAVENÍ.....	50
7.2.1	Atomový absorpční spektrofotometr AMA 254	50
7.2.2	Popis zpracování vzorku v AMA 254	52
7.2.3	Pracovní postup a výpočet obsahu rtuti	53
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	54
8.1	BARTOŠOVA ČTVRŤ VE ZLÍNĚ	58
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	70
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Ochrana životního prostředí jako globální problém v 21. století je jedno z nejčastěji diskutovaných témat současné společnosti. Mezi hlavní globální polutanty životního prostředí spadá rtuť a její sloučeniny. Díky své toxicitě a schopnosti bioakumulace je tento těžký kov vážným nebezpečím pro lidskou populaci. Hlavním zdrojem v potravinovém řetězci, kde se rtuť hromadí a biologicky magnifikuje, představují zejména vodní živočichové jako jsou ryby nebo koryši. U některých druhů ryb může být koncentrace rtuti až milionkrát větší než ve vodě, kde se tyto ryby pohybují. Asi jen jedna třetina rtuti v přírodě pochází z přírodních zdrojů jako jsou sopky a více než dvě třetiny zamoření tímto nebezpečným kovem jsou způsobena lidskou činností. Od počátku průmyslové revoluce rostl objem rtuti v přírodě na dvojnásobek až čtyřnásobek. Vysoké množství rtuti v životním prostředí narušuje ekosystém a je vážnou hrozbou pro lidské zdraví ve všech částech světa.

Díky vysoké schopnosti rtuti kumulovat se v těle vodních organismů jsou ryby jako hlavní zdroj nebezpečí v potravinovém řetězci zároveň také nejvhodnějším indikátorem kontaminace vodního prostředí. Jsou navíc důležité i z hospodářského a potravinářského hlediska, neboť představují kvalitní a doporučenou potravinu. Téma této diplomové práce s názvem Stanovení obsahu rtuti v rybách řeky Dřevnice a jejích přítoků je tedy velice aktuální, neboť sledování a hodnocení tohoto ekologického problému je nanejvýš žádoucí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RYBÍ MASO JAKO VÝZNAMNÁ A NEDOCENĚNÁ SLOŽKA LIDSKÉ VÝŽIVY

Přístup konzumace potravin lidí nelze ani ve vyspělém světě paralelně sjednotit. Globálně a velmi stroze můžeme naši populaci rozdělit na dvě skupiny. První, která přísun potravin přijímá automaticky podle možností, ať už z finančních důvodů nebo z jednoduché dostupnosti na trhu. Druhou skupinu lidí bychom zároveň mohli zahrnout do kategorie se zdravým životním stylem, přijímáním nových dobových trendů a tedy mezi konzumenty, jež dají přednost kvalitní výživě před levnou potravinovou náhražkou. Tato druhá skupina by se dala považovat za věrnější konzumenty rybího masa, ale i přesto není rybí maso v dnešní době tolik spotřebováváno jak by mělo, i když jeho spotřeba celosvětově již řadu let roste. Přívlastky jako zdravý, výživově hodnotný, dietetický by si lidé měli neodmyslitelně spojit s konzumací rybího masa a zařadit je pravidelně mezi základní potraviny ve svém jídelníčku, neboť rybí maso patří k nejvýznamnějším surovinám živočišného původu pro lidskou výživu.

1.1 Charakteristika rybího masa

Rybí maso je potravina bohatá na plnohodnotné bílkoviny, minerální látky obsahující draslík, fosfor, hořčík, síra, sodík, vápník, železo, dále vitamín skupiny B a vitamíny A, D. V mořských rybách najdeme pro naše tělo velmi důležitý jód. V tucích rybího masa jsou obsaženy polyenové mastné kyseliny řady n-3, které preventivně působí před vznikem cévní sklerózy, onemocněním srdce a cév. Důležitou roli představuje kyselina eikosapentaenová. Vyšší dávky této nenasycené mastné kyseliny přinesly pozitivní výsledky při léčbě ledvin, zvýšeného krevního tlaku nebo zánětů.

Kromě tučných ryb jimiž jsou úhoř, losos a tuňák je rybí maso lehce stravitelné, obsahuje hodně vody (60 – 80 hmotn.%), a proto podléhá velmi rychle zkáze.

Rybí maso má málo purinových látek, které podporují v lidském organismu vznik kyseliny močové, která se podílí se na vzniku dny, revmatismu apod.

Základními faktory ovlivňující kvalitu rybího masa je věk, velikost, zdraví, druh ryb, roční období, ve kterém byly uloveny, způsob jejich výživy a prostředí, ve kterém žily.

1.2 Nutriční vlastnosti rybí svaloviny

Nutriční (výživová) hodnota rybího masa se odvozuje z jeho chemického složení a je tedy dána v něm obsaženými živinami, především bílkovinami, tukem, minerálními látkami a vitamíny. Energetická (kalorická) hodnota rybího masa u ryb s nízkým obsahem tuku ve svalovině za podmínky šetrné kulinární úpravy (dušení, vaření) je nízká a dosahuje hodnot cca 200 – 300 kJ/100 g jedlého podílu.

Biologická hodnota bílkovin rybího masa je vysoká. Je daná přítomností plnohodnotných bílkovin, které obsahují příznivé zastoupení jednotlivých esenciálních aminokyselin a nízkým obsahem neplnohodnotných kolagenních bílkovin vazivových tkání na jedné straně a jejich lehkou stravitelností a dobrou využitelností lidským organismem na straně druhé.

Vysokou výživovou hodnotu mají také rybí tuky (především mořských ryb) obsažené ve svalovině ryb nebo jejich játrech (tresky), neboť jsou významným zdrojem vysoce nenasycených esenciálních mastných kyselin (EPA, DHA) a také zdrojem vitamínů A a D.

Ryby jsou pro lidský organismus hodnotným zdrojem minerálních látek (především vápníku a fosforu) a nejvýznamnějším zdrojem jodu (především mořské ryby). Výhodné je také vzájemné zastoupení draslíku a sodíku v rybí svalovině, kdy draslíku je v rybách mnoho a sodíku naopak velmi málo.[6]

1.3 Ryby v dietní stravě

Rybí maso je vhodná dietní potravina. Ryby by určitě měly mít své místo ve zdravém dietním jídelníčku. Energetická hodnota je oproti jiným druhům masa velmi nízká, ale i když mají v některých případech tuku přece jen o něco více, v jejich prospěch hraje jeho složení. Jsou zdrojem kvalitních a dobře stravitelných bílkovin, které jsou při hubnutí velmi důležité, zabraňují odbourávání svaloviny. Ryby jsou schopny plnohodnotně nahradit vepřové, hovězí nebo i drůbeží maso. Rybí maso má jako jediné výhodu, že v něm obsažený tuk často nevadí, právě naopak. Potřebujeme ho pro jeho obsah omega-3 nenasycených mastných kyselin.

1.3.1 Omega-3 nenasycené mastné kyseliny

Omega-3 nenasycených mastných kyselin přijímá většina z nás velmi málo. Jsou obsaženy jen v některých potravinách (lněné semínko, vlašské ořechy, řepka, sója a jejich oleje). Doporučená denní dávka je 1,1g pro ženy a 1,6g pro muže.

Co jsou tedy mastné kyseliny a proč je důležitý jejich příjem potravin ve správném poměru? Mastné kyseliny omega-3 a omega-6 tvoří důležitou složku buněčných membrán a jsou prekurzory mnoha dalších sloučenin v organismu, např. těch, které se podílejí na regulaci tlaku krve a na projevech zánětlivých procesů. Omega-3 mastné kyseliny mají ochranný účinek proti onemocnění srdce a různým zánětům. V poslední době vzrůstá zájem o poznání úlohy omega-3 mastných kyselin při prevenci cukrovky a některých typů rakoviny.[23]

Mastné kyseliny, které si lidské tělo nedokáže samo syntetizovat, a proto je musíme přijímat z potravy, jsou označovány jako esenciální mastné kyseliny.

Nejvýznamnější esenciální mastnou kyselinou řady n-6 v potravě pro člověka je linolová kyselina, která se v organismu přeměňuje na kyselinu arachidonovou. Vyskytuje se prakticky ve všech běžných tucích. Vysoký obsah je téměř ve všech rostlinných olejích (ve slunečnicovém, sójovém, světnicovém a podzemnicovém.) Arachidonová kyselina, jež je pro člověka důležitou esenciální mastnou kyselinou, se v potravě však vyskytuje v menším množství, ale organismus ji dovede syntetizovat z linolové kyseliny za přítomnosti biotinu.[15]

Prekurzorem esenciálních mastných kyselin řady n-3 je kyselina α -linolenová, která se v živočišných a ztužených tucích vyskytuje velmi málo, vyšší koncentrace jsou v některých rostlinných olejích (např. v řepkovém nebo sójovém). Vlastními esenciálními mastnými kyselinami této řady jsou kyseliny přítomné ve větším množství v rybích tucích a vaječném žloutku, z nichž nejznámější je kyselina eikosapentanová – EPA a kyselina dokosaheptaenová, zkráceně DHA.[15]

1.3.2 Hlavní účinky omega-3 nenasycených mastných kyselin na lidský organismus

- Důležitá složka prevence srdečně-cévních chorob,
- schopnost bránit tvorbě krevních sraženin,
- protizánětlivý efekt v organismu,
- pomoc při terapii autoimunitních onemocnění – roztroušená skleróza,
- u dětí napomáhání k rozvoji mozkových funkcí.[24]

1.4 Spotřeba sladkovodních ryb v ČR

Sladkovodním rybám, které jsou v České republice zařazeny mezi tržní, jednoznačně vévodí kapr obecný. Z celkové roční produkce kolem 20 000 tun ryb ročně připadá na kapra přibližně 18 000 tun, z toho kolem 9000 tun se spotřebuje v době vánočních svátků. Mezi další významné druhy můžeme zařadit ryby lososovité (pstruh duhový, siven americký), kterých se v ČR vyprodukuje téměř 800 tun ročně. Množství vyprodukovaných býložravých ryb, kde je nejvíce zastoupen amur bílý a tolstolobik pestrý, přesahuje 700 tun ročně. Z kulinařského hlediska patří k velmi oblíbeným druhům dravé sladkovodní ryby, jako je štika obecná, candát obecný či sumec velký, jejichž roční produkce se pohybuje kolem 200 tun ročně.[27]

Tab. 1. Zastoupení druhů ryb vylovených v ČR (v tunách živé hmotnosti).[25]

Druh ryby	2003	2004	2005	2006
Kapr	16 935	16 996	17 804	18 006
Lososovité ryby	711	694	737	669
Lín, síhovitý	243	213	288	278
Býložravé ryby	1 026	850	1 023	769
Dravé ryby	232	194	211	205
Ostatní druhy	523	437	392	514
Celková produkce ryb chovaných v ČR	19 670	19 384	20 455	20 431

Průměrná celosvětová spotřeba ryb (sladkovodních i mořských) na obyvatele je přibližně 16kg/rok, v zemích Evropské unie je to 11 kg/rok. V České republice spotřeba ryb jako celek stagnuje.[16] Průměrná spotřeba rybího masa v ČR je přibližně 5 kg na osobu za rok, přičemž na sladkovodní ryby z toho připadá asi 20 % (tj. 1 kg/osoba/rok).

V roce 2010 vzrostla průměrná roční spotřeba sladkovodních ryb získaných produkčním chovem i lovem na udici podle odhadu Rybářského sdružení ČR na 1,37 kg na osobu z předchozích 1,32 kg. Prodej ryb z tuzemské produkce tak vykazoval změnu z 8 432 tun na 9 130 tun. Představuje to osmiprocentní zvýšení spotřeby.[28]

Ze zdravotního hlediska je doporučena roční spotřeba 17 kg rybího masa.

Tabulka (Tab. 2) představuje vývoj spotřeby všech druhů masa v ČR v letech 2001 – 2009 ve srovnání s masem rybím.

Tab. 2. Spotřeba všech druhů masa na 1 obyvatele v ČR v letech 2001 – 2009.[29]

Druh masa	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Maso v hodnotě na kosti	77,8	79,8	80,6	80,5	81,4	80,6	81,5	80,4	78,8
Vepřové maso	40,9	40,9	41,5	41,1	41,5	40,7	42,0	41,3	40,9
Hovězí maso	10,2	11,2	11,5	10,3	9,9	10,4	10,8	10,1	9,4
Telecí maso	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Skopové, kozí, koňské maso	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
Drůbeží maso	22,9	23,9	23,8	25,3	26,1	25,9	24,9	25,0	24,8
Zvěřina	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,8	1,1	0,9
Králíci	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,6	2,6	2,5	2,3
Vnitřnosti	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,1	4,1	4,2	4,1
Ryby celkem (mrtvá hmotnost)	5,4	5,3	5,3	5,5	5,8	5,6	5,8	5,9	6,2

1.4.1 Prokazatelnost nižšího úmrtí lidí při vyšší spotřebě rybího masa

Nejzávažnějším argumentem ve prospěch spotřeby ryb je nepochybně příznivý vliv na lidské zdraví. Vyhodnocení vztahu mezi spotřebou ryb a zdravotním stavem populace je velice nesnadné, poněvadž se na něm podílí nepřehledné množství dalších vlivů. Výsledky vztahů mezi úmrtností lidí ve věku 65 let na ischemickou chorobu srdeční a konzumací ryb v roce 1985 shrnul doc. Mareš.* Zjistil, že ve Francii připadlo na 100 000 obyvatel 53,5 úmrtí na kardiovaskulární onemocnění při průměrné roční spotřebě 26 kg ryb na osobu (byla to statisticky nejnižší úmrtnost v Evropě). Pro porovnání: Švýcarsko 55,5 úmrtí, spotřeba ryb 14 kg; Švédsko 73,7 a 26,5 kg; Island 74,5 a 80 až 90 kg. V ČR je spotřeba ryb 5,3 kg a počet úmrtí 150,8 a v Maďarsku při spotřebě 4,2 kg ryb počet úmrtí dokonce 182,4. Zmíněné výsledky nemohou být považovány za absolutní, ale vliv spotřeby ryb na lidské zdraví zřetelně naznačují.[25]

1.5 Ohrožení kvality rybího masa

Rybí maso v sobě bohužel skrývá i negativní vlastnosti a s tím spojená zdravotní rizika. Odborníci varují konzumenty před zvýšenou expozicí toxickými látkami, které se hromadí v rybách. Intoxikace rybího masa je způsobena především kontaminací rtutí, kadmíem, arsenem, chromem a olovem, které znečišťují tekoucí i stojaté vody a dostávají se pak do organismu ryb, kde se akumulují. Tím se rybí maso i přes svá veškerá pozitiva v ojedinělých případech stává naopak nebezpečné a je možnou příčinou vzniku různých onemocnění.

Dochází tedy k situaci, kdy je doporučováno zvýšit spotřebu ryb, současně se však varuje před konzumací ryb nadměrně kontaminovaných. Řešení tohoto konfliktního problému, kdy se prospěšnost konzumace sladkovodních ryb dává do protikladu k zdravotnímu riziku expozice nežádoucím látkám, lze přijatelně řešit konkrétním posouzením výše očekávaných expozičních dávek kontaminantů u potenciálních konzumentů. Základem je znalost hodnot výše kontaminace ryb a výše uvažované spotřeby.[30]

* Doc. Dr. Ing. Jan Mareš, Odd. rybářství a hydrobiologie, MZLU v Brně

2 TĚŽKÉ KOVY V EKOSYSTÉMECH POVRCHOVÝCH VOD

Některé kovy jsou v malých množstvích pro organismy vodního prostředí nezbytné (Co, Cu, Fe, Mn, Cr, Zn, Mo aj.), ale ve vyšších koncentracích mohou být škodlivé. Mezi toxické kovy vyskytující se ve vodních ekosystémech patří zejména Hg, Pb, As, Se, Cd, Be, Cu, Zn, Ni, Ba, V, Ag.[18]

2.1 Transport těžkých kovů ve vodních ekosystémech

2.1.1 Kontaminace vody

Přítomnost těžkých kovů (TK) ve vodě zapříčiňuje její styk s horninami a půdou, respektive se sedimenty dna. Nejdůležitější procesy, jež ovlivňují množství kovů obsažených ve vodě, dělíme na imobilizační a remobilizační.

Imobilizační procesy:

- srážení TK při zvýšení hodnoty pH – alkalizace vody,
- srážení za oxidačních podmínek,
- výměna iontů,
- adsorpce na nerozpuštěných látkách a sedimentech,
- začlenění do biomasy vodních organismů.

Remobilizační procesy:

- rozpouštění při snížení hodnoty pH – acidifikace vody,
- rozpouštění za redukčních podmínek,
- desorpce,
- uvolňování z odumřelé biomasy,
- přítomnost komplexotvorných látek.

Sloučeniny kovů se vyskytují ve vodě v rozpustné nebo nerozpustné formě. Z chemického hlediska mohou být kovy přítomny buď jako jednoduché kationty či anionty, nebo ve formě anorganických a organických komplexních sloučenin. Rozpustné formy a jednoduché ionty kovů přecházejí snáze do ryb a dalších vodních organismů. Naproti tomu nerozpustné a komplexní sloučeniny kovů nemohou do organismů přecházet přímo

a jsou tedy za daných podmínek výrazně méně toxické. Komplexní a nerozpustné sloučeniny jsou však potenciálním zdrojem jednodušších, a tedy toxičtějších sloučenin, které se z nich mohou uvolnit i při nepatrné změně hydrochemických a hydrobiologických podmínek. Z toho vyplývá, že toxicita kovů nezávisí pouze na jejich celkové koncentraci ve vodě, ale především na koncentraci jednoduchých volných iontů. O formě výskytu kovů ve vodě rozhodují fyzikálně chemické vlastnosti vody. [18]

Tabulka (Tab. 3) uvádí maximální povolené koncentrace vybraných kovů ve vodárenských tocích a v ostatních povrchových vodách podle Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. a hodnoty nejvyšší přípustné koncentrace (NPK) z hlediska požadavků chovu ryb.

Tab. 3. Maximální povolené koncentrace vybraných kovů ve vodárenských tocích. Hodnoty jsou uvedené v $mg.l^{-1}$. [18]

Ukazatel	Hodnoty pro		NPK
	Vodárenské toky	Ostatní povrchové vody	
Hg	0.0005	0.001	0.001
Cd	0.005	0.015	0.002 ^{*)}
			0.01 ^{**)}
Pb	0.05	0.1	0.004 ^{*)}
			0.01 ^{**)}
As	0.05	0.1	0.01
Cu	0.05	0.1	0.005 ^{*)}
			0.01 ^{**)}
Cr veškerý	0.1	0.3	-
Cr VI	0.02	0.05	0.05
Co	0.05	0.01	-
Ni	0.05	0.15	0.1
Zn	0.05	0.2	0.001 ^{*)}
			0.01 ^{**)}
V	0.02	0.1	-
Ag	0.01	0.05	-
Se	0.01	0.05	0.005
Fe veškeré	0.5	2.0	-
Fe rozpustné	-	-	0.1 ^{*)}
			0.2 ^{**)}
Mn veškerý	0.2	0.5	-

^{*)} Hodnota NPK pro lososovité ryby

^{**)} Hodnota NPK pro kaprovité ryby

NPK – nejvyšší přípustná koncentrace z hlediska požadavků chovu ryb je taková koncentrace látky a jejich metabolitů ve vodách, která při stálém působení nevyvolá negativní účinky na:

- hydrochemický režim a mikroorganismy,
- primární produkci (fytoplankton, makrovegetace),
- planktonní potravní organismy,
- ryby (jikry, plůdek ryb v období larválního vývoje, ryby vyšších věkových kategorií) včetně jejich tržní hodnoty z hygienického hlediska.[18]

2.1.2 Znečištění sedimentu dna a potravinových organismů ryb

Sedimenty dna a potravní organismy ryb patří mezi další indikátory zatížení ekosystému povrchových vod.

Významnou vlastností těžkých kovů je schopnost kumulovat se v sedimentech dna vodních ekosystémů. Kovy se dostávají do sedimentů dna, stejně jako do vody, pomocí imobilizačních procesů. Množství kovů závisí na charakteru sedimentu. Bahnité a organické součásti obsahují více kovových prvků než sedimenty písčitého charakteru.

Analýza těžkých kovů získávána ze vzorků sedimentu dna nemusí být vždy vhodným indikátorem. V tekoucích vodách bývá totiž problematické odebrat vhodný vzorek dna. Proto se sedimenty dna jako vhodného indikátoru využívá pouze v rybnících a údolních nádržích. Mezi další problém patří nestejně vyjadřování výsledků analýz. Obsah kovů bývá uváděn na 1kg sušiny vzorku nebo na 1kg organické hmoty sedimentu a výjimečně i na 1kg čerstvé hmotnosti vzorku.

Tabulka (Tab. 4) zaznamenává hodnoty, které byly získány při opakovaném analyzování sedimentů dna na obsah kovů. Lze je považovat za charakteristické pro poměrně nezatížené rybníky v našich podmínkách.[18]

Tab. 4. Obsah kovů v sedimentech dna.[18]

Těžký kov	Naměřené hodnoty (v mg.kg⁻¹ sušiny)
Hg	0.05 – 0.5 (0.5-2 mg.kg ⁻¹ organ. hmoty)
Pb	5 – 30
Cd	0.01 – 0.3
Ni	15 – 70
Cu	5 – 40
Zn	25 – 150
Cr	40 – 150
Al	50 000 – 90 000

Vzorky získané z odpadních vod z chemického průmyslu s vysokým obsahem rtuti vykazovaly v sedimentu dna hodnoty 5 - 50 mg.kg⁻¹ sušiny, při vyjádření na organickou hmotu činí tato hodnota 50 – 500 mg.kg⁻¹. [18]

Ze sedimentů dna se kovy uvolňují zpět do vodné fáze (remobilizačními procesy), především však přecházejí do potravních řetězců. Organické a anorganické sloučeniny rtuti podléhají činnosti bakterií – methylaci. Toxický produkt této methylace – methylrtuť vstupuje do potravních řetězců a kumuluje se ve vodních organismech. Ve vodních ekosystémech silně znečištěných rtutí se zjišťuje vysoká hladina tohoto prvku v sedimentech dna a samozřejmě v konečném článku potravního řetězce – v rybách a zejména v rybách dravých. Podobně jako rtuť vytvářejí také olovo a další kovy prostřednictvím mikroorganismů methylderiváty a další organické sloučeniny, které přecházejí do potravního řetězce. [18]

Mezi potravinové organismy ryb patří zooplankton, fytoplankton, zoobentos, nárosty, řasy, makrofyta, plovatka a také ryby, když mluvíme o potravních organismech dravých ryb.

Mezi nejvýznamnější patří organismy tvořící zooplankton a zoobentos. Obsah rtuti v rybách živící se těmito organismy je asi 2 až 10krát vyšší než obsah rtuti v zooplanktonu nebo v zoobentosu. Se zvyšováním stupně potravního řetězce tedy roste i obsah celkové rtuti. Opačný efekt je způsobován u olova a kadmia. Obsah těchto kovů se se zvyšováním stupně potravního řetězce snižuje. Organismy zooplanktonu a zoobentosu obsahují vyšší hodnoty kadmia a olova než ryby, které se jimi živí. Proto je vhodné využívat pro hodnocení stavu zatížení ekosystému povrchových vod olovem a kadmíem jako bioindikátory organismy zooplanktonu nebo organismy zoobentosu.

2.1.3 Obsah těžkých kovů v rybí svalovině

Ryby jako konečný článek ve vodních ekosystémech patří mezi významné indikátory těžkých kovů, které se navíc v těle ryb velmi dobře kumulují, což platí zejména pro rtuť. Při posuzování těžkých kovů v rybí svalovině je zapotřebí sledovat hodnoty z chovatelského, toxikologického, ekologického a hygienického hlediska.

Z pohledu chovatelského je u rybí obsádky posuzována nejvyšší přípustná koncentrace. V případě překročení hodnot v letálních koncentracích je odchov ryb znemožněn. Obsah kovů dosahující subletálních koncentrací poškozuje reprodukci a snižuje nespecifickou imunitu ryb.

Mechanismus toxického působení kovů je různý. Většina kovů však má afinitu pro vazbu s SH skupinami aminokyselin a působí jako enzymové jedy. Vysrážené sloučeniny hliníku a železa blokují dýchací funkci žáber. V poslední době bylo diagnostikováno několik případů otrav ryb sloučeninami hliníku, železa a zinku. Diagnóza toxikóz se stanovuje na základě zvýšeného obsahu kovů v žábrech a v játrech ryb.[18]

Zvýšená kontaminace vody vedoucí až k ekologické havárii zapříčiňuje úhyn ryb a mění se skladba rybí obsádky. Dochází například k úbytku lososovitých ryb a nástupu kaprovitých druhů ryb, které jsou na znečištění vody méně citlivé. Z ekologického hlediska jsou pro indikaci rtuti nejvýznamnější dravé ryby, které jsou konečným článkem potravního řetězce. Stejně tak ryby větší hmotnosti a vyššího věku. Naopak nelze použít pro indikaci ty ryby, které jsou do vod uměle vysazovány. Nutné je také volit ten druh, který je zastoupen na všech lokalitách.

Naproti tomu v rybnících nezatížených rtuť dochází s růstem hmotnosti kaprů ke snižování obsahu celkové rtuti ve svalovině. Lze předpokládat, že jde o pokles relativního množství celkové rtuti, přičemž absolutní množství zůstává. Pokles relativního množství obsahu celkové rtuti ve svalovině je pravděpodobně způsoben vysokým hmotnostním přírůstkem při příjmu předkládaného nekontaminovaného krmiva. Distribuce kumulované rtuti ve svalovině a vnitřních orgánech ryb je závislá na stupni kontaminace sledované lokality. Bylo prokázáno, že na kontaminovaných lokalitách dochází obvykle u ryb k výraznému zvýšení obsahu rtuti ve vnitřních orgánech ve srovnání se svalovinou. Vzrůstá tak bioindikační význam vnitřních orgánů ryb. Naopak u ryb odlovených na nezatížených lokalitách je obsah rtuti ve svalovině obvykle vyšší ve srovnání s hodnotami zjištěnými ve vnitřních orgánech.[18]

Posledním a neméně důležitým hlediskem hodnocení kvality rybího masa je kontrola hygienická. Toxické kovy jsou monitorovány ve svalovině a jedlých podílech ryb. Nejčastěji je sledována rtuť, kadmium a olovo.

Rtuť ve svalovině ryb je z 90 – 95% ve formě nejtoxičtější, tj. ve formě methylrtuti. Světová zdravotnická organizace (World Health Organisation, WHO) zohledňuje toxicitu této formy rtuti a doporučuje týdenní, ještě tolerovatelný příjem rtuti v množství 0,3 mg na osobu, z toho nesmí být více než 0,2 mg methylrtuti na kg.[18]

Tab. 5. Hygienické limity pro rtuť ve svalovině ryb podle nařízení vlády č. 23/2011 pro nejčastěji sledované toxické kovy.

Těžký kov		Hygienické limity
		v mg.kg ⁻¹
Hg	svalovina dravých druhů	0,5
	svalovina nedravých druhů	0,1
Pb	svalovina	1
Cd	svalovina	0,05
	vnitřnosti	0,5
As	svalovina	1
Al	svalovina	30
Cr	svalovina	0,3
Ni	svalovina	0,5
Cu	svalovina	10
	vnitřnosti	60
Zn	svalovina	50
	vnitřnosti	80

2.2 Hlavní zdroje znečištění povrchových vod těžkými kovy

Téměř všechny kovy jsou ve stopových množstvích přirozeně obsaženy ve vodách a v dalších složkách vodního ekosystému v závislosti na geologických podmínkách. V okolí rudných nalezišť se může vodní ekosystém obohatit i velkými koncentracemi kovů. V tomto případě se jedná o přirozené pozadí a při nálezů zvýšených koncentrací kovů o přirozené znečištění.[18]

Naproti tomu znečištění přicházející do vod následkem činnosti člověka je tzv. antropogenní. Hlavními zdroji antropogenního znečištění ekosystému povrchových vod kovy jsou:

- odpadní vody z těžby a zpracování rud, z hutí, válcoven, povrchové úpravy kovů, fotografického, polygrafického, textilního, kožedělného a chemického průmyslu aj.,
- výluhy ze skládek a kalových úložišť,
- atmosférické srážky znečištěné exhalacemi vznikajícími při spalování fosilních paliv a odpadů a výfukovými plyny motorových vozidel,
- splachy z polí, např. Cd z fosfátových hnojiv, kovy z některých pesticidů a herbicidů,
- aplikace sloučenin kovů do povrchových vod za účelem omezení nebo likvidace některých organismů.[18]

3 RYBY – NEJPŘESNĚJŠÍ BIOINDIKÁTORY TĚŽKÝCH KOVŮ

Životní prostředí je znečišťováno neustálým přísunem nežádoucích látek převážně z antropogenních zdrojů. Chemická a fyzikální analýza hraje nezastupitelnou roli při hodnocení stupně znečištění, neboť umožňuje stanovit s vysokou přesností velmi malá množství kontaminujících látek. Ani sebecitlivější analytické metody však nemohou tak přesně vyhodnotit obsah nebezpečných látek ve vzorcích z životního prostředí jako metody biologické. Bioindikátory mohou být vyšší rostliny, mechorosty, lišejníky, houby, řasy a sinice, suchozemští obratlovci, ryby nebo hmyz a ostatní bezobratlí.

Těžké kovy se ve vodě vyskytují často ve velmi malých koncentracích, pro které jsou analytické metody nedostačující. Pro jejich kvantifikaci je tedy zapotřebí užít analýzy sedimentu nebo některého organismu. Mezi nejpřesnější bioindikátory těžkých kovů, obzvláště rtuť, patří ryby.

3.1 Rtut' – nejrizikovější těžký kov

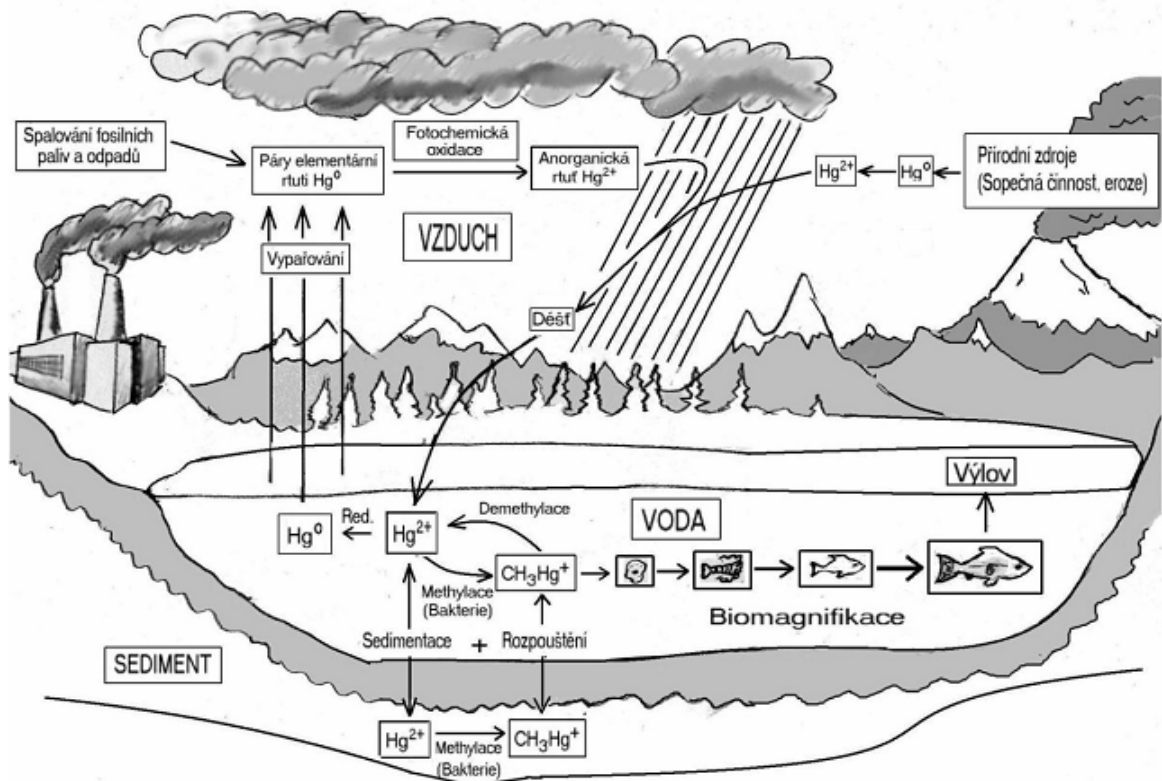
Rtut' je již od počátku padesátých let minulého století zařazována mezi nejnebezpečnější polutanty. Její míra toxických účinků na organismy je předřazována ostatním kovům, např. v pořadí:[9]



Rtut' se v životním prostředí vyskytuje v řadě forem, které se od sebe výrazně liší ve svých fyzikálně-chemických vlastnostech, jako je rozpustnost ve vodním prostředí, reaktivita, schopnosti akumulace, toxicita a chování v ekosystému. Vyskytuje se ve své elementární podobě (Hg^0) ve formě anorganických a organomethalových sloučenin. V atmosféře jsou přítomny především těkavé formy rtuť (elementární rtuť a dimethylrtuť). Ve vodním prostředí jsou zastoupeny reaktivní anorganické formy (Hg^{2+} , HgX_2 , HgX_3^- , HgX_4), které jsou vázané na částice sedimentu a suspenze; nereaktivní komplexy organomethalových (CH_3Hg^+ , CH_3HgCl , CH_3HgOH) a anorganických forem (HgCN , HgS , Hg^{2+}) jsou vázány na síru v huminových látkách.[31]

3.1.1 Zdroje rtuti ve vodních ekosystémech

Rtuť se vyskytuje ve všech složkách ekosystému. Nelze jednoduše vymezit pouze hlavní zdroje znečišťování vodních ekosystémů. Přírodní procesy zapříčiňují neustálý koloběh rtuti a tím vzájemnou kontaminaci všech živých i neživých složek přírody. Tento koloběh se nazývá cyklus rtuti v přírodě a je zobrazen na obrázku 1.



Obr. 1. Cyklus rtuti v přírodě. [14]

Rtuť se dostává do atmosféry přírodními procesy jako je vypařování z povrchů vod, půdní eroze nebo emisemi z vulkánů. Dalším významným zdrojem je činnost člověka, zejména pak spalování uhlí a ostatních fosilních paliv, ve kterých je rtuť v malém množství obsažena. Tepelné elektrárny jsou považovány za jeden z největších zdrojů emisí rtuti do atmosféry. Rtuť je ze vzduchu vymývána srážkami a dostává se do půd a vod, kde je pak buďto přeměněna na nerozpustný sulfid rtuťnatý, nebo může být mikroorganismy přeměněna na vysoce toxickou methylrtuť, která je dále bioakumulována v potravním řetězci. V cyklu rtuti v přírodě hraje významnou roli dva typy reakcí, které přeměňují jednotlivé formy rtuti mezi sebou, a to oxidačně-redukční děje a methylace spolu s demethylací.[14]

V případě pouze vodních ekosystémů je největším původcem znečištění rtuť pro evropské řeky zařízení na elektrolýzu chloridů alkalických kovů s amalgámovými elektrodami. To se týká většiny velkých chemických továren (včetně českých) vyrábějících chlor a alkalické hydroxidy. Na druhém místě v žebříčku znečišťovatelů odpadních vod jsou zubařské amalgámy, herbicidy a pesticidy.[9]

3.1.2 Schopnost kumulace rtuti ve vodních organismech

Rtuť má jeden z nejvyšších akumulčních koeficientů. Její organické sloučeniny mají mimořádně velkou schopnost se akumulovat v organismech a dále se přenášet potravním řetězcem.[21]

Vzhledem k této velké akumulční schopnosti nevystihuje rtuť v kapalně fázi skutečné celkové znečištění vodního prostředí. Pro rtuť je hodnota platná ve vodárenských tocích max. $0,0001 \text{ mg.l}^{-1}$. Hodnota platná pro ostatní povrchové vody je max. $0,005 \text{ mg.l}^{-1}$. Koncentrace rtuť v nekontaminovaných povrchových vodách se pohybuje v rozmezích setin až desetin $\mu \text{g.l}^{-1}$, v zatížených lokalitách se koncentrace pohybují v desetinách až v jednotkách $\mu \text{g.l}^{-1}$. [1]

Ryby jako konečný článek potravního řetězce ve vodním prostředí obsahují nejvyšší hladiny rtuť. Ta se do organismu ryb dostává s potravou přes trávicí ústrojí, žábry a kůži. Ukázalo se, že největší význam v procesu kumulace má vstřebávání z trávicího ústrojí. Příkladem o tom je zvyšující se množství rtuť podle následující tabulky (Tab. 6). [1]

Tab. 6. Množství rtuť v jednotlivých složkách vodního ekosystému.[1]

mořská voda	$0,009 \mu \text{g.l}^{-1}$
fytoplankton a zooplankton	$0,13 \text{ mg.kg}^{-1}$
sleďovitě ryby	$0,28 \text{ mg.kg}^{-1}$

Stupeň hromadění rtuť ve tkáních ryb je závislý na koncentraci tohoto prvku v daném prostředí a to především v sedimentech, na fyzikálně chemických vlastnostech vody, dále na druhu, věku, hmotnosti ryb a na dalších faktorech. Z fyzikálně chemických vlastností vody působí na stupeň kumulace rtuť v rybách zejména teplota vody a koncentrace kyslíku rozpouštěného ve vodě, v menší míře i ostatní ukazatele např. pH. Při vyšší teplotě vody hromadění rtuť v rybách vrůstá. Ryby z větších a hlubších stojatých vod (jezera, údolní nádrže) mívají vyšší obsah rtuť než ryby z tekoucích vod a mělkých rybníků. Souvisí to

s vyšší intenzitou methylace rtuti probíhající na dně stojatých vod v anaerobních podmínkách povrchové vrstvy sedimentů. Toxické produkty této methylace vstupují do potravních řetězců a ve zvýšené míře se akumulují v rybách. Nejvyšší hodnoty obsahu celkové rtuti jsou zjišťovány u dravých ryb (štika obecná, bolen dravý, candát obecný, okoun říční, sumec velký), které představují konečný článek potravního řetězce. Tyto ryby, zejména jedinci vyššího věku (6 – 12 let) a hmotnosti, jsou vhodným indikátorem znečištění daného biotopu rtuti.[1]

3.1.3 Toxické působení rtuti a její následky

Rtuť je vysoce toxická a pro svou schopnost ničení či poškozování struktury bílkovin v buňkách představuje nebezpečí pro organismy živočichů i rostlin. Toxicita je závislá na způsobu, jakým se rtuť do organismu dostává (požitím, inhalací nebo difúzí pokožkou), a na formě, ve které je organismem přijata.

Nejnebezpečnější pro lidský organismus jsou organické sloučeniny rtuti, především dimethylrtuť, které se velmi dobře akumulují a následně se přenášejí potravním řetězcem. Nejvýznamnějším zdrojem jejich příjmu je tedy strava, hlavně pak ryby, mořské plody, vnitřnosti živočichů či zemědělské plodiny z oblastí zamořených sloučeninami rtuti. Dimethylrtuť má vysoce toxické účinky na nervovou soustavu a pro svou schopnost prostupovat placentární a mozkovou tkáň je nebezpečná zejména pro těhotné ženy a pro vyvíjející se organismy dětí. Podle některých výzkumů má rtuť v této podobě negativní důsledky rovněž pro kardiovaskulární systém a předpokládá se, že by mohla způsobovat i rakovinu. Uvádí se, že smrtelná dávka dimethylrtuti pro člověka je 0,1 ml této kapalné substance.

Elementární rtuť je pro lidský a zvířecí organismus taktéž jedovatá a dostává se do něj především ve formě výparů (například při přípravě nebo aplikaci amalgamových plomb nebo na pracovišti). V tomto případě působí, stejně jako organické sloučeniny rtuti, na nervový systém a způsobuje problémy jako nespavost, ztrátu paměti, emoční nestabilitu, neschopnost koordinace pohybů či bolest hlavy. Poškozeny jí mohou být i ledviny nebo štítná žláza. V některých případech může inhalace výparů rtuti způsobit i smrt. Smrtelná dávka při požití elementární rtuti je přibližně 1g.

Rtuť je z lidského organismu odbourávána velmi pomalu, má kumulativní charakter a ukládá se především v ledvinách a v menší míře i v játrech a slezině, kde může vydržet až desítky let. Projevy chronické otravy bývají často nespecifické - od studených končetin,

vypadávání vlasů, přes zažívací poruchy, různé neurologické a psychické potíže až po závažné stavy jako např. chudokrevnost, revmatické choroby či onemocnění ledvin. Při jednorázové vysoké dávce rtuti se dostavují bolesti břicha, průjmy a zvracení.[32]

3.1.4 Zdravotní rizika a hygienická kvalita ryb z hlediska obsahu rtuti

Mechanismus toxického působení rtuti na ryby a ostatní živočichy spočívá převážně ve vazbě tohoto kovu na aminokyseliny a SH-skupiny bílkovin. Rtuť tak působí jako enzymový jed. Toxicita kovu pro ryby je významně ovlivněna formou jejich výskytu ve vodě. Anorganické a organické nerozpustné nebo málo rozpustné komplexy jsou zpravidla méně toxické než jednoduché ionty. Z tohoto hlediska je obsah kationtů méně významný. Při uvádění letálních koncentrací tohoto kovu pro vodní organismy je nutné současně uvést podrobné chemické složení vody, ve které byly testy toxicity prováděny.[1]

Sloučeniny rtuti poškozují některé důležité orgány a tkáně ryb a mohou mít i škodlivý vliv na jejich reprodukci. Ve velmi nízkých koncentracích způsobují snížení životnosti spermií, menší produkci jiker a kratší přežitelnost oplozených jiker a plůdku. Akutní letální koncentrace anorganických sloučenin rtuti se pohybují v rozmezí 0,3 – 1,0 mg.l⁻¹ pro lososovité ryby a v rozmezí 0,2 – 4,0 mg.l⁻¹ pro kaprovité ryby v závislosti na fyzikálně chemických vlastnostech vody. Akutní letální koncentrace organických sloučenin rtuti jsou u lososovitých ryb 0,025 – 0,125 mg.l⁻¹ a u kaprovitých ryb 0,20 – 0,70 mg.l⁻¹. Nejvyšší přípustná koncentrace rtuti ve formě anorganických sloučenin z hlediska požadavků na chov lososovitých ryb je okolo 0,001 mg.l⁻¹ a u kaprovitých ryb je to okolo 0,002 mg.l⁻¹. Jako nejvyšší přípustná koncentrace ve formě organických sloučenin je pro ryby všeobecně udávaná hodnota 0,0003 mg.l⁻¹. [1]

V ČR nebyl popsán havarijní úhyn ryb v důsledku znečištění povrchových vod rtutí. Tento kov se vyskytuje ve vodách v nízkých koncentracích, přechází do sedimentů a zde se prostřednictvím některým mikroorganismů tvoří organické deriváty. Ty přechází do potravního řetězce a do jeho konečného článku – do ryb, jejichž hygienickou kvalitu negativně ovlivňují. I přesto, že je koncentrace rtuti v povrchových vodách nízká, její nepříznivý vliv z hlediska chovatelského je zřejmý. Tento kov negativně ovlivňuje přirozenou potravní základnu ryb, jejich reprodukci a embryonální i larvální vývoj. Lze předpokládat i její negativní vliv na druhové složení rybích obsádek, na růst i zdravotní stav ryb.[1]

3.2 Možná nebezpečí pro obyvatelstvo a eliminace rizik

Největší katastrofa spojená s vysokým ukládáním rtuti do ryb se stala v Japonsku v polovině 20. století. První hromadná otrava obyvatelstva proběhla roku 1950 ve městě Minamata, které leží v zátocě na jihu Japonska. Místní továrna, pracující zde více jak 30 let s chemikáliemi, vypouštěla řadu jedovatých látek do odpadních vod. Ty však nebyly dále zpracovány ani čištěny, ale rovnou vypouštěny do moře, kde se ukládaly do ryb a korýšů, kteří jsou nedílnou součástí stravy obyvatel. Nadměrný přísun rtuti z mořských plodů se šířil jako epidemie a usmrtil stovky lidí třiceti tisícového městečka. Další tisíce z nich měli či mají trvalé následky dodnes. Podobný scénář nastal i roku 1960 ve městě Niigata, které patří k největším japonským přístavům. Zde byla rtuť vypouštěna s řadou dalších jedů do řeky Agana.[35]

Současnost nezaznamenává další velké mimořádné události způsobené rtutí a její přítomností ve vodních ekosystémech. Ale těžké kovy jsou v lidském organismu pro zdravotní stav člověka významným problémem a mohou způsobovat vážná zdravotní rizika, jak již bylo uvedeno výše. Hlavními a významnými zdroji rtuti pro lidský organismus jsou především potraviny a vzduch, které by měly být pod neustálým dohledem a preventivně kontrolovány v zájmu eliminace možných rizik způsobených vysokým obsahem toho těžkého kovu.

Česká republika přispívá k omezování rizika vyplývajícího s nakládáním se rtutí řadou postupných kroků v souladu se závazky členských zemí EU. Kromě toho, že harmonizovala legislativu, má zavedený monitoring pro kontrolu dodržování limitů přípustných koncentrací v jednotlivých složkách životního prostředí, v potravinách atd. Česká republika v posledních letech rtuť nedováží, ale využívá specializovanými firmami přepravované vlastní recyklované zdroje. Hlavním cílem je snížení hladiny rtuti v životním prostředí a vystavení člověka účinkům rtuti, zejména účinkům methylrtuti v rybách. Vyloučení problému methylrtuti v rybách pravděpodobně potrvá celá desetiletí, i kdyby už k dalším únikům rtuti nedocházelo.[9]

3.3 Nejvyšší přípustné koncentrace a hygienické normy

Podle směrnice ČR byla jako NPK rtuti v rybách stanovena hodnota $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ svaloviny nedravých druhů a hodnota $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ svaloviny dravých druhů sladkovodních ryb.

Hygienické limity stanovuje vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 352/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin, která nahradila vyhlášku č. 53/2002 Sb., která stanovovala chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků, ve znění vyhlášky č. 233/2002 Sb.

Míra zatížení povrchových vod kovy na území ČR se posuzuje podle nařízení vlády ČR č. 23/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

4 ŘEKA DŘEVNICE A JEJÍ PŘÍTOKY

Dřevnice pramení na jihu Hostýnských vrchů, zhruba 3 km severně od obce Držková, v nadmořské výšce 503 m. Délka toku je 42,5 km, plocha povodí 434,6 km² a průměrný průtok u ústí 3,15 m³s⁻¹. Stoletý (maximální) průtok Dřevnice činí 386 m³s⁻¹, průměrný 364-denní průtok tzn. průtok, který je dosažen nebo překročen 364 dní v roce je 0,09 m³s⁻¹. Řeka protéká Slušovicemi, Zlínem a Otrokovicemi, u kterých se vlévá do řeky Moravy v nadmořské výšce 182 m. Podél toku řeky vedou trasy pro turisty a cykloturisty. Průměrný sklon toku je 9 ‰, pstruhová voda je po most v obci Příluky a dále až po ústí je Dřevnice mimopstruhová.

Hydrologické stanice: Janůvky, Kašava, Slušovice, Slušovice nad přehradou, Zlín, Zlín - lávka, Malenovice.

4.1 Přítoky řeky Dřevnice

K významným levostranným přítokům patří Trnávka, Všemínka s malou retenční nádrží Všemínka, a Lutoninka. Na Dřevnici Slušovické je vybudována vodárenská nádrž Slušovice.

Z pravostranných přítoků je významný přítok Racková, na dolním toku zvaný Svodnice, Prštenský potok a Fryštácký potok, na němž je vybudována zemní sypaná hráz Fryšták. Od přehradní zdi se nazývá Januštice. Na dalších pravostranných přítocích - na Hvozdenském potoce a na Ostraticích jsou vybudovány malé vodní nádrže. Dále mezi významné pravostranné přítoky můžeme zařadit Kameňák, který je pod obcí Vlčková nazýván jako Vlčkovský potok.

Po soutoku Lutoninky a Bratřejůvky pokračuje tok řeky jako Dřevnice Vizovická, která se v obci Lípa stéká v Dřevnici Slušovickou. Významnější levostranné přítoky Dřevnice po soutoku obou větví jsou: Baláž, Kudlovský potok a Obůrek, zvaný také Želechovský potok.

4.1.1 Všemínka

Všemínka pramení na svazích Kopřivné ve výšce 550 m n.m., po 10,3 km ve výšce 270 m n. m. ústí u Slušovic zleva do Dřevnice. Průměrný sklon toku je 27 ‰.[36]

4.1.2 Lutoninka

Lutoninka pramení na svazích Vartovny ve výšce 540 m n. m. a u Lípy ve výšce 245 m n. m. ústí zleva do Dřevnice. Hlavními přítoky Lutoninky na území Zlínského kraje jsou zprava Jasenka, Chrastěšovský potok, Čaminský potok a Raková. Zleva jsou to Bratřejůvka a Horský potok. Průměrný sklon toku je 19 ‰. Na území rezervace Lutonina je chráněný úsek Lutoninky.[36]

4.1.3 Racková

Racková pramení východně od Žabárny ve výšce 280 m n.m. a u Zlína-Malenovic ve výšce 191 m n.m. ústí zprava do Dřevnice. Hlavními přítoky Rackové na území Zlínského kraje jsou zprava Židelná, Míškovický potok, Machovka. Průměrný sklon toku je 6 ‰.[36]

4.1.4 Fryštácký potok

Fryštácký potok je významný vodní tok, pramení severovýchodně od Lukovečku ve výšce 500 m n. m. Protéká Hornoveským rybníkem, poté Fryštákem a Fryštáckou přehradou a ve Zlíně ústí do řeky Dřevnice. Fryštáckému potoku se od přehradní zdi říká Januštice, podle bývalého Januštického mlýna na Vršavě, který byl pojmenován podle mlynářů Januškových. Hlavními přítoky Fryštáckého potoka na území Zlínského kraje jsou zleva Lukovský potok, Štípský potok. Průměrný sklon toku je 21 ‰.[36]

4.2 Vodní díla na řece Dřevnici

4.2.1 Vodní dílo Slušovice

Vodní nádrž Slušovice byla uvedena do provozu v roce 1976. Byla vybudována přímo na Dřevnici nad soutokem s Trnávkou na 29,2 ř.km nad obcí Slušovice. Důvodem pro její výstavbu byla zejména nutnost zásobování Zlínské aglomerace zahrnující zejména Zlín a Otrokovice pitnou vodou. Vodní dílo Slušovice zajišťuje primárně dodávku surové vody do úpravný vody Slušovice. Jejím druhotným účelem bylo i nalepšování průtoků v sušších obdobích, snižování povodňových průtoků a slouží i k rekreaci a výrobě elektrické energie. I když nemá nádrž vymezený retenční prostor pro zachycení povodní, je její transformační účinek poměrně výrazný. Celkový objem nádrže dosahuje 8,81 mil. m³, výška hráze nade dnem je 30,2 m a nalepšení průtoků řeky Dřevnice zajišťuje změnu o 0,276 m³s⁻¹. [36]



Obr. 2. Vodní dílo Slušovice.[37]

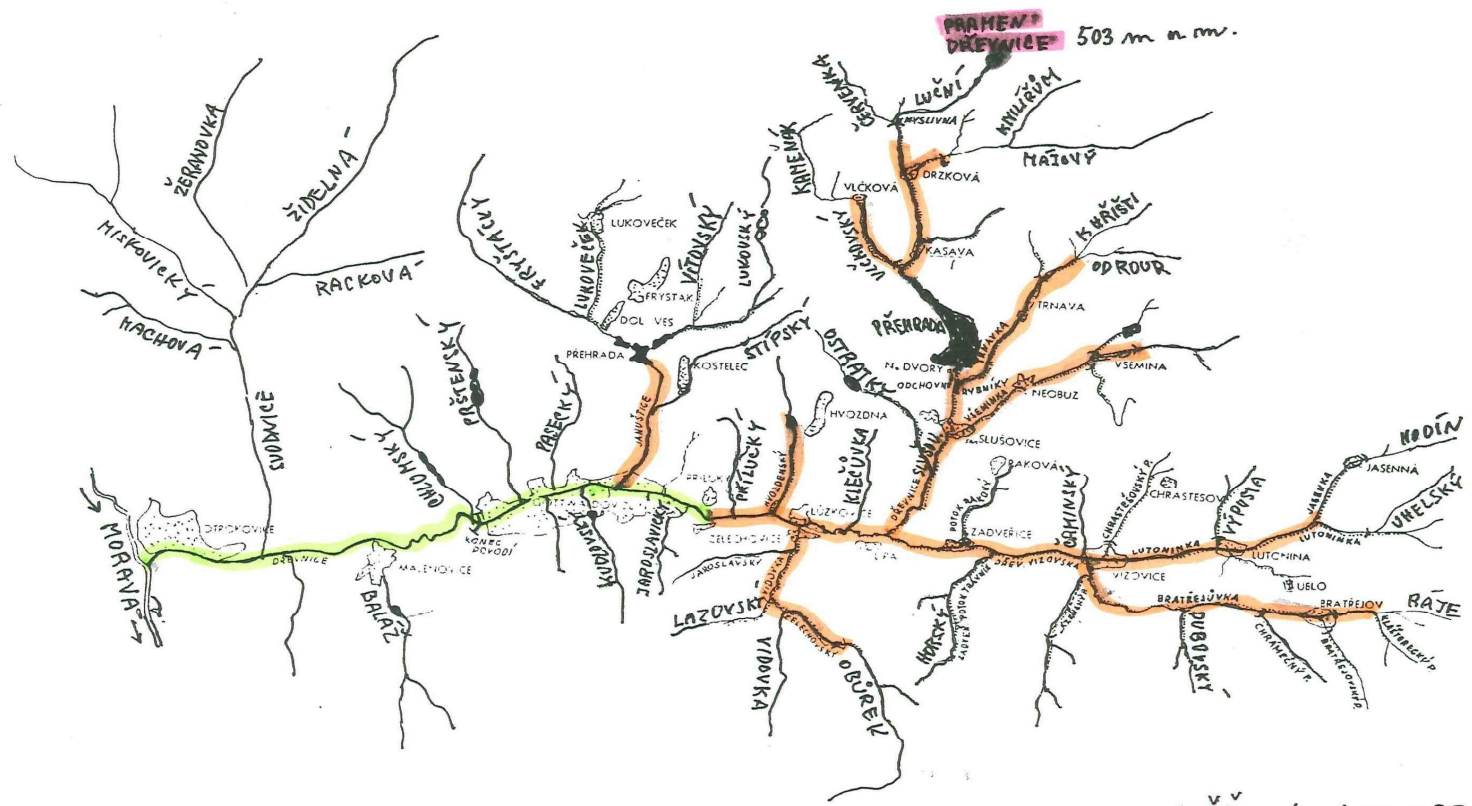
4.2.2 Vodní dílo Fryšták

Fryštácká přehrada byla vybudována na Fryštáckém potoce na 4,2 ř.km v letech 1935 - 1938 a roku 1939 byla uvedena do provozu. Její realizaci si vynutil rozvoj Zlína před druhou světovou válkou, kdy se Zlín stal průmyslovým centrem regionu. V roce 1996 bylo vzhledem ke klesajícím odběrům vodárenské využívání nádrže zrušeno, ovšem i nadále je vedena jako vodárenská s tím, že v případě potřeby mohou být odběry obnoveny. V roce 1997 byla přehrada prohlášena za kulturní památku a v současné době správce nádrže provádí její opravu ve spolupráci se Státním památkovým ústavem.

Jak již bylo uvedeno, hlavním účelem nádrže byla akumulace a vzdouvání vody, dále pak zajištění minimálního průtoku pod nádrží a také transformace povodňových průtoků vymezeným retenčním prostorem nádrže. Celkový objem činí 2,36 mil. m³, výška hráze nade dnem je 13,5 m a nalepšení průtoku 0,085 m³s⁻¹. [36]



Obr. 3. Vodní dílo Fryšták. [38]



Obr. 4 : ŘEKA DŘEVNICE A JEJÍ PŘÍTOKY

MĚŘ. 1: 150.000

Obr. 4. Řeka Dřevnice a její přítoky

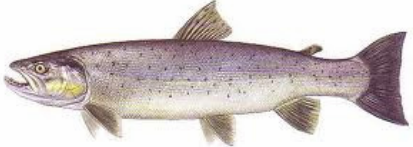
4.3 Skladba rybí obsádky povodí řeky Dřevnice

Řeka Dřevnice se z rybářského hlediska rozděluje na tři části. A to na chovnou pstruhovou, lovnou pstruhovou a mimopstruhovou oblast.

4.3.1 Pstruhová část chovná

Představují ji přítoky řeky Dřevnice, které nejsou v mapce povodí označeny barevně (Obr. 4). Tyto přítoky obývá vranka obecná, mřenka mramorová a z hospodářského hlediska nejvýznamnější pstruh obecný.

Tab. 7. Rybí obsádka - chovné pstruhové přítoky.



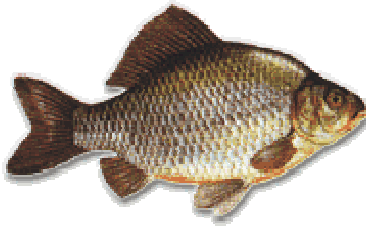
Složení obsádky	Charakteristika
 <p data-bbox="379 1176 673 1209"><i>Obr. 5. Pstruh obecný.</i></p>	<p>potrava: všežravec, dravec délka života: 20 let pohlavní dospělost: 2. - 4. rok doba rozmnožování: září - duben běžná velikost: 20 - 40 cm; 0,2 – 0,3 kg rekordní úlovek v ČR: 85,4 cm; 7,2 kg Hospodářsky a sportovně je nejvýznamnějším druhem pstruhových vod, vyhledává úkryty, je velmi plachý. Barevně je velice proměnlivý podle prostředí, ve kterém žije. V lukách bývá laděn více do zelena, ve skalnatých vodách je velice tmavý i černý.</p>

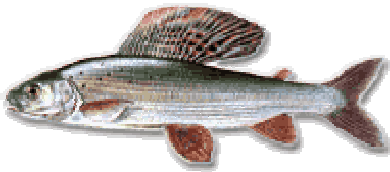
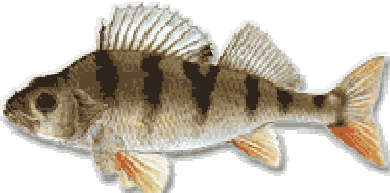
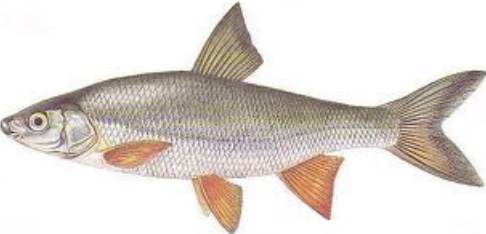

4.3.2 Pstruhová část lovná



Jedná se o část toku Dřevnice končící u mostu v obci Příluky (v mapce vyznačena oranžově). V tomto revíru se nachází: pstruh obecný, vranka obecná, mřenka mramorová, střevle potoční, lipan podhorní, pstruh duhový, jelec tloušť, ostroretka stěhovavá, parma obecná, ouklejka pruhovaná, hrouzek obecný, plotice obecná, okoun říční, kapr obecný, karas stříbřitý a vzácně i siven americký.

Tabulka (Tab. 8) uvádí hospodářsky nejdůležitější představitele lovného pstruhového úseku.

Tab. 8. Některé významné druhy ryb pstruhové části Dřevnice.

Složení obsádky	Charakteristika
 <p data-bbox="395 685 655 719"><i>Obr. 6. Jelec tloušť.</i></p>	<p>potrava: všežravec, dravec délka života: 16 let pohlavní dospělost: 3. rok doba rozmnožování: březen - červen běžná velikost: 25 - 45 cm; 0,3 – 0,5 kg rekordní úlovek v ČR: 69 cm; 4,15 kg Hejnová ryba vyskytující se v tekoucích vodách od dolní části pstruhového pásma do proudivých úseku pásma cejnového. Vyžaduje členité dno a břehy. Je oblíbenou sportovní rybou. Kříží se s ploticí, ouklejí, jesenem, proudníkem, cejnem malým, podouství, ostroretkou, slunkou, perlínem a kaprem.</p>
 <p data-bbox="387 1155 663 1189"><i>Obr. 7. Kapr obecný.</i></p>	<p>potrava: všežravec délka života: 40 let pohlavní dospělost: 3. - 5. rok doba rozmnožování: nemá běžná velikost: 35 - 65 cm; okolo 2 kg rekordní úlovek v ČR: 108 cm; 29,2 kg Je nejvýznamnější rybou našeho i evropského rybníkářství. Je velmi cennou sportovní rybou mimopstruhových tekoucích vod i nádrží. Pro ozdobu byli vyšlechtěni kapři zlaté a tříbarevně zbarvení. Kříží se s oběma karasy, tolstolobikem bílým, tolstolobcem pestrým, línem a amurem bílým.</p>
 <p data-bbox="376 1644 676 1677"><i>Obr. 8. Karas stříbřitý.</i></p>	<p>potrava: všežravec délka života: 10 let pohlavní dospělost: 3. rok doba rozmnožování: nemá běžná velikost: 15 - 30 cm; okolo 0,3 kg rekordní úlovek v ČR: 53 cm; 3,85 kg Vyskytuje se v tekoucích i stojatých vodách. V rybnících je nežádoucí. Z poddruhu karase byly vyšlechtěny barevné i tvarové odchylky – karas zlatý, závojnátky. U nás se vyskytují převážně samice.</p>

Složení obsádky	Charakteristika
 <p data-bbox="370 562 683 600"><i>Obr. 9. Lipan podhorní.</i></p>	<p data-bbox="815 271 1070 300">potrava: všežravec</p> <p data-bbox="815 304 1075 333">délka života: 10 let</p> <p data-bbox="815 338 1219 367">pohlavní dospělost: 2. - 4. rok</p> <p data-bbox="815 371 1299 400">doba rozmnožování: duben - květen</p> <p data-bbox="815 405 1378 434">běžná velikost: 25 - 40 cm; 0,3 kg – 0,4 kg</p> <p data-bbox="815 439 1331 468">rekordní úlovek v ČR: 57 cm; 2,05 kg</p> <p data-bbox="815 472 1442 629">Velmi osobitá lososovitá ryba s minimem teček, výraznou hřbetní ploutví a úchvatným vybarvením. Obývá v horních úsecích střední části toků.</p>
 <p data-bbox="386 972 667 1001"><i>Obr. 10. Okoun říční.</i></p>	<p data-bbox="815 640 1027 669">potrava: dravec</p> <p data-bbox="815 674 1075 703">délka života: 15 let</p> <p data-bbox="815 707 1219 736">pohlavní dospělost: 2. - 5. rok</p> <p data-bbox="815 741 1299 770">doba rozmnožování: duben - květen</p> <p data-bbox="815 775 1331 804">běžná velikost: 15 - 30cm; 0,2 – 0,3 kg</p> <p data-bbox="815 808 1331 837">rekordní úlovek v ČR: 56 cm; 3,44 kg</p> <p data-bbox="815 842 1442 1032">Běžná naprosto nezaměnitelná menší dravá ryba s výraznými pruhy na bocích obývající většinu našich vod. V kaprových rybnících je považován za plevelnou rybu, v tekoucích vodách je sportovními rybáři velmi ceněn.</p>
 <p data-bbox="322 1346 724 1375"><i>Obr. 11. Ostroretka stěhovavá.</i></p>	<p data-bbox="815 1046 1070 1075">potrava: všežravec</p> <p data-bbox="815 1079 1075 1108">délka života: 17 let</p> <p data-bbox="815 1113 1219 1142">pohlavní dospělost: 4. - 7. rok</p> <p data-bbox="815 1146 1299 1176">doba rozmnožování: březen - květen</p> <p data-bbox="815 1180 1378 1209">běžná velikost: 25 - 40 cm; 0,3 kg – 0,4 kg</p> <p data-bbox="815 1214 1315 1243">rekordní úlovek v ČR: 58 cm; 2,8 kg</p> <p data-bbox="815 1247 1442 1471">Protáhlá stříbrná ryba střední velikosti obývající proudné úseky lipanových a parmových řek, u nás zejména v řekách patřících do povodí Dunaje. Její kladný hospodářský význam je dán tím, že zhodnocuje produkci řas, sinic a rozsivek. Je řazena mezi ohrožené druhy ryb.</p>
 <p data-bbox="370 1756 683 1785"><i>Obr. 12. Parma obecná.</i></p>	<p data-bbox="815 1503 1070 1532">potrava: všežravec</p> <p data-bbox="815 1536 1075 1565">délka života: 15 let</p> <p data-bbox="815 1570 1219 1599">pohlavní dospělost: 3. - 5. rok</p> <p data-bbox="815 1603 1299 1632">doba rozmnožování: květen - červen</p> <p data-bbox="815 1637 1283 1666">běžná velikost: 40 - 60 cm; 1 – 2 kg</p> <p data-bbox="815 1671 1331 1700">rekordní úlovek v ČR: 82 cm; 6,25 kg</p> <p data-bbox="815 1704 1442 1861">Velká ryba s protáhlým tělem žijící v proudných úsecích na středním toku našich řek. Zdržuje se u dna, kde se živí především drobnými živočichy, vzácněji i rostlinnou potravou.</p>




Složení obsádky	Charakteristika
 <p data-bbox="368 539 683 573"><i>Obr. 13. Pstruh duhový.</i></p>	<p data-bbox="815 271 1174 304">potrava: všežravec, dravec</p> <p data-bbox="815 306 1166 340">pohlavní dospělost: 2. rok</p> <p data-bbox="815 342 1262 376">doba rozmnožování: říjen - leden</p> <p data-bbox="815 378 1337 412">běžná velikost: 25 - 40 cm; 0,3 – 0,4 kg</p> <p data-bbox="815 414 1329 448">rekordní úlovek v ČR: 89 cm; 7,05 kg</p> <p data-bbox="815 450 1394 667">Je nepůvodní druh, dovezen v roce 1888. Uplatnil se v chladnějších rybnících, v údolních nádržích pstruhového typu. Je průmyslově chován, trvale se vyskytuje jen v některých tekoucích pstruhových vodách. Hospodářsky i sportovně velmi ceněný druh.</p>
 <p data-bbox="368 952 683 985"><i>Obr. 14. Siven americký.</i></p>	<p data-bbox="815 719 1174 752">potrava: všežravec, dravec</p> <p data-bbox="815 754 1075 788">délka života: 15 let</p> <p data-bbox="815 790 1219 824">pohlavní dospělost: 2. - 3. rok</p> <p data-bbox="815 826 1243 860">doba rozmnožování: září - únor</p> <p data-bbox="815 862 1337 896">běžná velikost: 20 - 35 cm; 0,2 - 0,3 kg</p> <p data-bbox="815 898 1313 931">rekordní úlovek v ČR: 50 cm; 2,3 kg</p> <p data-bbox="815 934 1442 1077">Lososovitá ryba dovezená do Evropy ze Severní Ameriky. Vzhledem i způsobem života připomíná potoční formu pstruha obecného. Hospodářsky i sportovně cenný druh.</p>


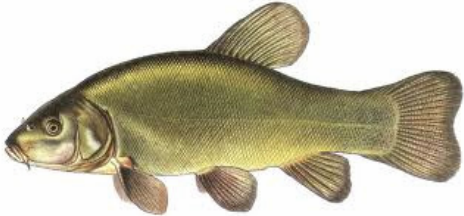
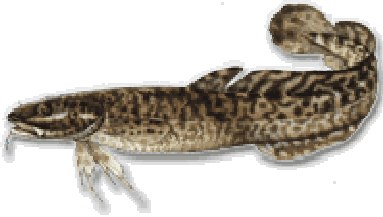

4.3.3 Část mimopstruhová


Mimopstruhovým úsekem řeky Dřevnice se označuje tok od mostu v obci Příluky po ústí v Otrokovicích, kde se Dřevnice vlévá do řeky Moravy (na mapce vyznačena zeleně). V této části toku se vyskytují kromě ryb uvedených v pstruhové vodě také: podoustev říční, perlín ostrobřichý, cejn velký, cejnek malý, jelec proudník, lín obecný, štika obecná, candát obecný, sumec velký, mník jednovousý, jelec jesen, bolen dravý, amur bílý, střevlička východní, slunka obecná, ouklej obecná.

Tabulka (Tab. 9) obsahuje hospodářsky nejvýznamnější představitele rybí obsádky v mimopstruhové oblasti.

Tab. 9. Některé významné druhy ryb mimopstruhové části Dřevnice

Sladkovodní ryba	Charakteristika
 <p data-bbox="400 607 651 640"><i>Obr. 15. Amur bílý.</i></p>	<p data-bbox="815 333 1070 367">potrava: všežravec</p> <p data-bbox="815 369 1075 403">délka života: 15 let</p> <p data-bbox="815 405 1209 439">pohlavní dospělost: 3 - 11 let</p> <p data-bbox="815 441 1262 474">doba rozmnožování: umělý výtěr</p> <p data-bbox="815 477 1286 510">běžná velikost: 50 - 80 cm; 2 - 4 kg</p> <p data-bbox="815 512 1345 546">rekordní úlovek v ČR: 110 cm; 21,3 kg</p> <p data-bbox="815 548 1417 728">Velká kaprovitá ryba s dlouhým tělem, známá svým výrazně býložravým způsobem obživy. U nás je nepůvodní - byla dovezena za účelem doplnění obsádek kaprových rybníků o druh živící se hrubší vegetací.</p>
 <p data-bbox="387 1093 667 1126"><i>Obr. 16. Bolen dravý.</i></p>	<p data-bbox="815 750 1171 784">potrava: všežravec, dravec</p> <p data-bbox="815 786 1075 819">délka života: 15 let</p> <p data-bbox="815 822 1219 855">pohlavní dospělost: 3. - 5. rok</p> <p data-bbox="815 857 1299 891">doba rozmnožování: duben - květen</p> <p data-bbox="815 893 1315 927">běžná velikost: 40 - 70 cm; 1,5 - 2 kg</p> <p data-bbox="815 929 1329 963">rekordní úlovek v ČR: 95 cm; 10,6 kg</p> <p data-bbox="815 965 1417 1144">Jediná skutečně dravá kaprovitá ryba žijící na našem území. Dorůstá poměrně velkých rozměrů a je známá svým aktivním způsobem lovu v horní části vodního sloupce. Významně se uplatňuje při omezování plevelných ryb.</p>
 <p data-bbox="368 1485 683 1518"><i>Obr. 17. Candát obecný.</i></p>	<p data-bbox="815 1176 1027 1209">potrava: dravec</p> <p data-bbox="815 1211 1075 1245">délka života: 15 let</p> <p data-bbox="815 1247 1219 1281">pohlavní dospělost: 3. - 5. rok</p> <p data-bbox="815 1283 1299 1317">doba rozmnožování: duben - červen</p> <p data-bbox="815 1319 1342 1352">běžná velikost: 40 - 70 cm; 1,5 - 2,5 kg</p> <p data-bbox="815 1355 1345 1388">rekordní úlovek v ČR: 104 cm; 13,5 kg</p> <p data-bbox="815 1391 1441 1612">Osidluje střední a dolní úseky řek i stojaté vody. Zdržuje se ve volné vodě (dále od břehů) a v hlubších partiích. Významně se uplatňuje při regulaci plevelných ryb (nekonkuruje si se štikou). Je hospodářsky i sportovně velmi ceněnou rybou.</p>

Složení obsádky	Charakteristika
 <p data-bbox="395 613 655 651"><i>Obr. 18. Cejn velký.</i></p>	<p>potrava: všežravec délka života: 30 let pohlavní dospělost: 4. rok doba rozmnožování: duben - květen běžná velikost: 30 - 45 cm; 0,5 – 1 kg rekordní úlovek v ČR: 84 cm; 6,8 kg Hojná větší kaprovitá ryba s vysokým tělem obývající nížinné toky a teplejší stojaté vody. Při nedostatku dravců hrozí jeho přemnožení, což je nežádoucí zejména ve vodárenských ÚN.</p>
 <p data-bbox="395 1016 655 1055"><i>Obr. 19. Lín obecný.</i></p>	<p>potrava: všežravec délka života: 10 let pohlavní dospělost: 3. - 4. rok doba rozmnožování: květen - srpen běžná velikost: 20 - 35 cm; 0,25 - 0,40 kg rekordní úlovek v ČR: 56 cm; 4,1 kg Středně velká zelenavá ryba s jemnými šupinami pokrytými silnou vrstvou slizu. Byly vyšlechtěny zlaté a modré barevné odchylky. Žije v zarostlých stojatých vodách na celém našem území.</p>
 <p data-bbox="352 1420 703 1458"><i>Obr. 20. Mník jednovousý.</i></p>	<p>potrava: všežravec, dravec délka života: 6 let pohlavní dospělost: 3. - 4. rok doba rozmnožování: prosinec - leden běžná velikost: 30 - 45 cm; 0,3 – 0,5 kg rekordní úlovek v ČR: 77 cm; 3 kg Žije skrytě ve všech pásmech vod, rybnících i UN. Na rozdíl od většiny našich druhů je nejaktivnější v zimním období. Hospodářský význam je malý.</p>
 <p data-bbox="379 1845 671 1883"><i>Obr. 21. Sumec velký.</i></p>	<p>potrava: dravec délka života: přes 30 let pohlavní dospělost: 3. - 5. rok doba rozmnožování: květen - červen běžná velikost: 80 - 160 cm; 8 – 10 kg rekordní úlovek v ČR: 255 cm; 93 kg Naše největší dravá ryba dosahující i přes 2 m délky, typická svou holou kůží bez šupin a dlouhými vousy. V tekoucích vodách žije hlavně v cejnovém pásmu s členitým dnem, vyskytuje se ve stojatých vodách. Významný regulátor plevelných ryb.</p>

Složení obsádky	Charakteristika
 <p data-bbox="379 589 671 622"><i>Obr. 22. Štika obecná.</i></p>	<p>potrava: dravec délka života: 15 let pohlavní dospělost: 2. rok doba rozmnožování: březen - duben běžná velikost: 40 - 70 cm; 2 – 2,5 kg rekordní úlovek v ČR: 137 cm; 27,2 kg Žije téměř ve všech typech vod, především v cejnovém pásmu a ve stojatých vodách s úkryty a vodními porosty. Dorůstá poměrně velkých rozměrů, rychle roste a je schopna lovit i značně velkou kořist. Hospodářsky i sportovně velmi cenný druh. Významným regulátor plevelných ryb. V pstruhových vodách nežádoucí.</p>

4.4 Výsledky měření z minulých let

4.4.1 Rok 2001

V roce 2001 byl poprvé měřen obsah rtuti ve spolupráci Ústavu technologie životního prostředí a chemie Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně s Povodím Moravy, závod Uherské Hradiště.[19] Řešitelé zpracovali rozbor rybí obsádky ve vodárenské nádrži Slušovice a obsah rtuti provedl Institut pro testování a certifikaci, a.s. ve Zlíně.

Jak je patrné z tabulky, (Tab. 10) koncentrace rtuti ve svalovině ryb byly vyšší než povolují hygienické limity. Jako znepokojující se jeví výsledky u okouna obecného, č. vzorku 7 a 9, kde byla hodnota mnohonásobně překročena.

Tab. 10. Rok 2001 - přehled vzorků ryb odebraných z vodárenské nádrže Slušovice.[19]

Číslo vzorku	Druh ryby	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Obsah rtuti (mg/kg)
1.	bolen dravý	445	680	5	0,155
2.	bolen dravý	543	1160	6	0,565
3.	candát obecný	481	880	4	0,185
4.	cejn velký	305	280	4	0,06
5.	cejn velký	389	560	5	0,184
6.	cejn velký	484	1140	7	0,157
7.	okoun obecný	191	80	4	17,992
8.	okoun obecný	261	220	6	0,287
9.	okoun obecný	354	660	8	3,361

4.4.2 Rok 2003

V roce 2003 pokračovala spolupráce Ústavu technologie životního prostředí a chemie Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně s útvarem rybářství Povodí Moravy, s.p. v Brně. Byly měřeny hodnoty obsahu rtuti ve svalovině rybí obsádky ve vodárenských nádržích Slušovice, Fryšták a také několika ryb z řeky Dřevnice pod městskou aglomerací Zlín a z jejího přítoku Trnávky na horním toku. Kontaminace rybí svaloviny rtutí byla stanovena na přístroji Advanced Mercury Analyser AMA-254 ÚTŽPCh FT UTB.

Jestliže se podíváme na výsledky ze Slušovic, můžeme říci, že hygienický limit byl překročen:

- u všech cejnů starších a 5 a více let o 124 – 192%,
- u všech plotic o 13 – 152%,
- u 2 větších a starších bolenů o 31 a 57%,
- u okounů nebyla kritická hodnota překročena, jestliže je zařadíme mezi ryby dravé.[20]

Tab. 11. Rok 2003 - přehled ryb odebraných z vodárenské nádrže Slušovice.[20]

Číslo vzorku	Druh ryby	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Obsah rtuti (mg/kg)
1.	bolen dravý	573	1210	6	0,785
2.	bolen dravý	558	1160	6	0,655
3.	bolen dravý	494	870	5	0,381
4.	cejn velký	409	640	5	0,224
5.	cejn velký	405	660	5	0,267
6.	cejn velký	402	640	5	0,228
7.	cejn velký	445	770	6	0,234
8.	cejn velký	412	640	5	0,292
9.	cejn velký	299	260	3	0,092
10.	cejn velký	277	200	3	0,098
11.	plotice obecná	326	470	8	0,128
12.	plotice obecná	312	400	7	0,113
13.	plotice obecná	303	360	7	0,252

Číslo vzorku	Druh ryby	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Obsah rtuti (mg/kg)
14.	plotice obecná	300	340	7	0,176
15.	plotice obecná	308	400	7	0,132
14S	okoun obecný	221	132	5+	0,193
15S	okoun obecný	194	87	4+	0,259

Výsledky ze zásobní vodárenské nádrže Fryšták:

- u všech cejnů bylo zjištěno překročení o 16 – 87%,
- okouni – opět bylo otázkou, jestli tak malé ryby (ve 3 případech ze 4 byla hmotnost nižší než 200 g), lze považovat za dravé ryby, pokud ano, limit nebyl překročen,
- boleni – hodnota pro dravé ryby nebyla dosažena,
- všechny plotice byly v pořádku.[20]

Tab. 12. Rok 2003 - přehled ryb odebraných z vodárenské nádrže Fryšták.[20]

Číslo vzorku	Druh ryby	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Obsah rtuti (mg/kg)
1.	bolen dravý	463	820	4+	0,349
2.	bolen dravý	510	1000	5+	0,277
3.	plotice obecná	346	486	7+	0,089
4.	plotice obecná	282	258	6+	0,073
5.	plotice obecná	211	118	4+	0,098
6.	okoun obecný	251	246	5+	0,168
7.	okoun obecný	244	183	4+	0,202
8.	okoun obecný	228	149	3+	0,165
9.	okoun obecný	212	126	3+	0,142
10.	cejn velký	338	316	4+	0,142
11.	cejn velký	313	274	3+	0,116
12.	cejn velký	336	336	4+	0,172
13.	cejn velký	326	301	4+	0,187

Všechny ryby z Dřevnice v Prštném překračovaly v obsahu rtuti hygienický limit. U pstruhů z Trnávky vysoko v kopcích opět závisely výsledky na věku ryb a u staršího pstruha byl obsah rtuti přibližně 4x vyšší než u pstruha malého (věk 1+).[20]

Tab. 13. Rok 2003 - přehled ryb odebraných z Dřevnice a Trnávky.[20]

Číslo vzorku	Druh ryby	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Obsah rtuti (mg/kg)
1.	ostroretka stěhov.	387	489	5	0,133
2.	lín obecný	318	455	3	0,255
3.	hrouzek obecný	159	40	3	0,268
4.	pstruh obecný	177	53	1+	0,033
5.	pstruh obecný	305	327	3+	0,116

4.4.3 Rok 2007, 2009 a 2010

V roce 2007 byly provedeny odběry vzorků ryb dne 25. 10. a 27. 10. z Dřevnice Vizovické v Želechovicích a v Lípě pro potřeby laboratorního cvičení z předmětu Speciální metody instrumentální analýzy, kde se studenti učí stanovovat rtuť v rybách.

Ze stejných důvodů byl odloven 6. 9. 2009 z Dřevnice v Prštném jelec tloušť a další rok 17. 10. 2010 hrouzek obecný, ve kterém byl hygienický limit Hg překročen o 41 %, což byl jeden z důvodů zadání této diplomové práce. Protokoly analýz jsou uvedeny v příloze P I.

Tab. 14. Rok 2007, 2009 a 2010 – ryby a naměřené hodnoty.

Datum	Místo odchycení	Druh ryby	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Obsah rtuti (mg/kg)
25. 10. 2007	Dřevnice Želechovice	jelec tloušť	150	64	0,0704
25. 10. 2007	Dřevnice Želechovice	jelec tloušť	160	71	0,0593
27. 10. 2007	Dřevnice Lípa	jelec tloušť	320	365	0,0752
6. 9. 2009	Dřevnice Prštné	jelec tloušť	273	205	0,079
17. 10. 2010	Dřevnice Bartošova čtvrť	hrouzek obecný	151	30	0,141

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit aktuální obsah rtuti ve svalovině ryb z řeky Dřevnice a jejích přítoků, neboť měření z předešlých let poukazovala na zvýšené koncentrace tohoto těžkého kovu v rybách této řeky. Byly získány vzorky z jarních slovů odchovných pstruhových přítoků řeky Dřevnice a dle platné legislativy byly porovnány přípustné hodnoty u dravých a nedravých ryb. Ke stanovení obsahu celkové rtuti byl použit jednoúčelový atomový absorpční spektrofotometr AMA 254.

6 ODBĚRY VZORKŮ RYB Z ŘEKY DŘEVNICE A JEJÍCH PŘÍTOKŮ

Po dohodě s výborem místní organizace Moravského rybářského svazu (MO MRS) ve Zlíně a vedením Fakulty technologické UTB jsme získali vzorky ryb, zejména z jarních slovů odchovných pstruhových přítoků řeky Dřevnice pstruhovým odborem MO.

Odlov byl prováděn elektrickým agregátem firmy Bednář, Olomouc, evidenční číslo 2095. Z těchto chovných potoků se jednalo především o pstruh potoční ve věku 1 až 4 roky, kdy jsou podle plánu tyto přítoky slovovány. Na naši žádost nám pstruhový hospodář p. Unzeitlich dodal i jiné ryby než lososovité z obou Dřevnic Slušovické i Vizovické nad jejich soutokem.

Další ryby z mimopstruhového toku řeky byly získány ulovením na udici.

7 STANOVENÍ RTUTI V RYBÍ SVALOVINĚ

7.1 Příprava vzorků

Ryby získávané během měsíců února a března 2011 od vedoucího pstruhového odboru a jeho zástupce byly přechovávány v mraženém stavu. Dvacet čtyři hodin před zahájením vzorkování byly rozmrazeny. Všechny ryby byly změřeny, zváženy a u pstruhů byl věk určen odhadem. U šupinatých ryb byla délka života stanovena podle každoročně se opakujících soustředně uspořádaných struktur na šupinách odebraných nad postranní čarou hřbetní části. Vzorek svalové tkáně, přibližně okolo 10 g, byl odebrán ze hřbetní části ryby po odstranění kůže. Jednotlivé vzorky byly uloženy do polyethylenových sáčků, označeny číselným štítkem, opět zmrazeny a tím připraveny k analýze atomovým absorpčním spektrofotometrem AMA 254.

7.2 Přístroje a vybavení

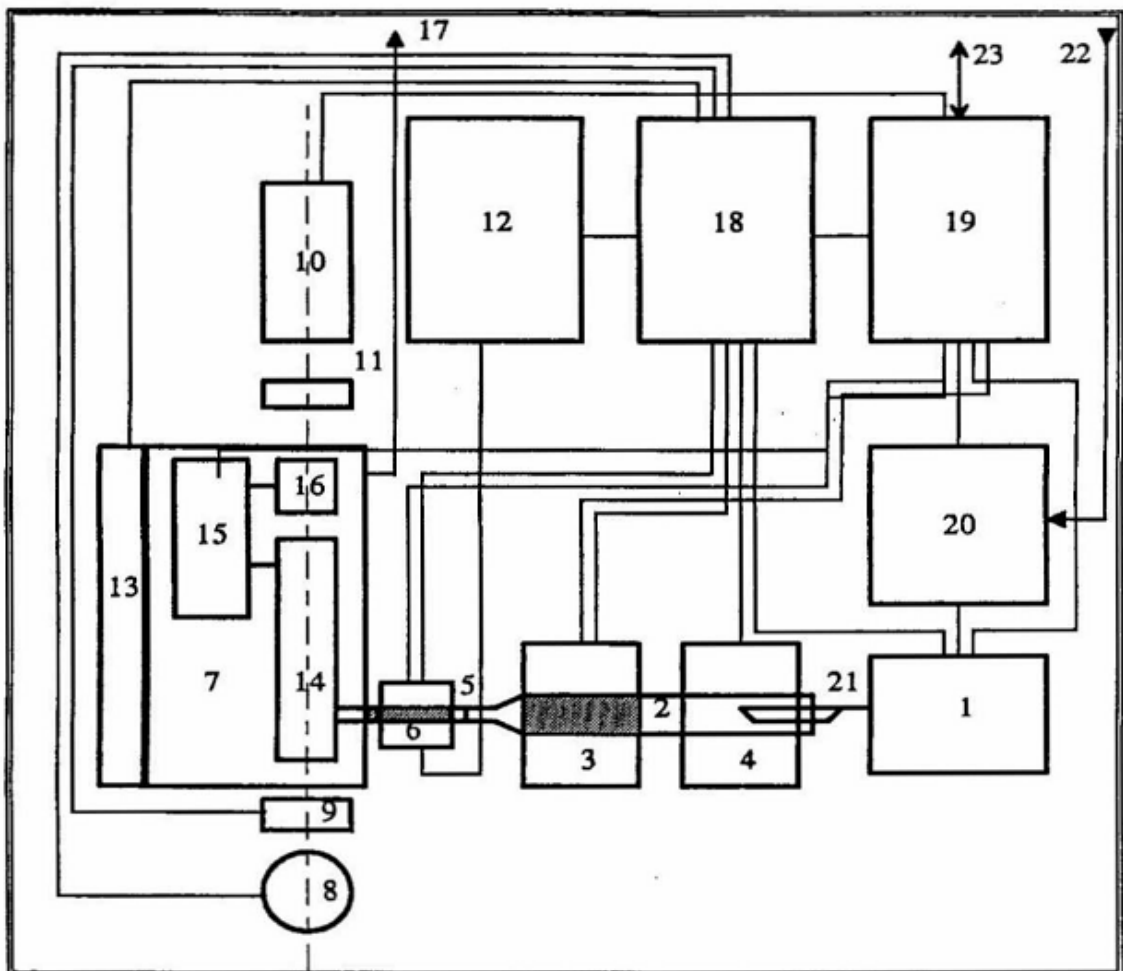
K měření byla zapotřebí pracovní laboratoř s Petriho miskami, skalpelem, pinzetou, analytickou váhou a zejména atomovým absorpčním spektrofotometrem AMA 254.

7.2.1 Atomový absorpční spektrofotometr AMA 254

Advanced mercury analyser AMA 254 je jednoúčelový atomový absorpční spektrofotometr pro stanovení rtuti. Je určen pro přímé stanovení obsahu rtuti v pevných a kapalných vzorcích bez potřeby chemické úpravy vzorku (mineralizace apod.). Využitím techniky generování par kovové rtuti s následným zachycením a nabohacením na zlatém amalgamátoru se dosahuje mimořádně vysoké citlivosti stanovení a nezávislosti výsledku stanovení na matici vzorku.[11]

Na obrázku (Obr. 23) je zobrazeno blokové schéma přístroje. Dávkovací zařízení 1 spolu s dávkovací lodičkou 21 zavádí vzorek do přístroje. Vstupní část spalovací trubice 2 je určena pro termický rozklad vzorku pomocí spalovací pece 4. Zadní část spalovací trubice je vyplněna katalyzátorem, vyhříváním na konstantní teplotu (550°C) pomocí katalytické pece 3. Amalgamátor 5 zachycuje rtuť z proudu plynných produktů vyniklých při rozkladu vzorku. Amalgám je následně rozložen a zachycen – rtuť je uvolněna ohřevem pomocí vypuzovací pece 6. Blok měřících kyvet tvořené dvěma sériově uspořádanými kyvetami je vyhřívá na 120°C pomocí topného elementu 13, aby bylo v tomto prostoru zabráněno kondenzaci vody. Díly první 14 a druhé kyvety 16 jsou v poměru 10 : 1. Mezi těmito

dvěma kyvetami je zapojena zpoždovací nádobka 15, umístěná mimo optickou osu přístroje. Objem zpoždovací nádobky je větší než objem delší měřící kyvety 14. Jako zdroj záření slouží nízkotlaká rtuťová výbojka 8. Může být zastíněna clonkou 9. Interferenční filtr 11, který izoluje čáru 253,65 nm, je součástí detektoru 10. Chladicí čerpadlou 12 urychluje chladnutí amalgamátoru po vypuzení rtuti. Analogová elektronika 18 obsahuje zdroj pro rtuťovou výbojku, napájecí zdroje pro digitální část a výkonné spínače pro pece a ostatní akční členy. Digitální část s mikroprocesorem 8051 19 obsahuje kromě číslicových obvodů tak dvanáctibitový A/D převodník a měřící zesilovače detektoru a čidel. Sériová komunikace 23 umožňuje komunikaci s PC. Celkem přístrojem trvale protéká kyslík (od vstupu 22 až po výstup 17), jehož průtok je udržován na konstantní hodnotě pomocí regulátoru průtoku 20.[11]



Obr. 23. Blokové schéma přístroje AMA 254.[11]

Schéma analyzátoru AMA 254. 1 – dávkovací zařízení, 2 – vstupní část spalovací trubice, 3 – katalytická pec, 4 – spalovací pec, 5 – amalgamátor, 6 – vypuzovací pec, 7 – měřící

kyvety, 8 – nízkotlaká rtuťová výbojka, 9 – clonka, 10 – detektor, 11 – interferenční filtr, 12 – chladicí čerpadlo, 13 – topný element, 14 – první kyveta, 15 – zpoždovací nádobka, 16 – druhá kyveta, 17 – výstup kyslíku, 18 – analogová elektronika, 19 – digitální část, 20 – regulátor průtoku, 21 – dávkovací lodička, 22 – vstup kyslíku, 23 – sériová komunikace s počítačem.[11]

7.2.2 Popis zpracování vzorku v AMA 254

Vzorek o známé navážce (či objemu) je umístěn na spalovací lodičku a povel z řídicího počítače je zaveden do spalovací trubice. Řízeným ohřevem spalovací pece je vzorek vysušen a poté spálen (v případě nehořlavého vzorku je rtuť ohřevem uvolněna). Rozkladné produkty procházejí přes katalyzátor, kde je dokončena jejich oxidace a jsou zachyceny látky kyselé povahy (halogeny, oxidy síry atd.).

Rozkladné produkty jsou dále vedeny přes amalgamátor, kde je selektivně zachycena rtuť. Protože rozkladné produkty obvykle obsahují vodní páru, je celá plynová cesta až po výstup z bloku měřících kyvet vyhřívána na 120°C, aby se zabránilo kondenzaci vody.

Po dokončení rozkladu vzorku a stabilizaci teploty je změřeno zachycení množství rtuti. Nejprve je automaticky nastavenou zesílení signálového zesilovače a je provedena korekce na temný proud detektoru a automatické nulování pro měření krátkodobým ohřevem. Oblak rtuťových par je nosným plynem unášen přes delší měřící kyvetu (měřeno jako 1 píky). Potom se prakticky veškerá rtuť shromáždí ve zpoždovací nádobce (minimum mezi píky) a z ní vstupuje do kratší měřící kyvety. To samé množství rtuti je tedy měřeno dvakrát s odlišnou citlivostí. (Poměr citlivosti první a druhé kyvety je přibližně 15:1), takže celkový dynamický rozsah je 0,05 – 600 ng Hg v jednom měření.

Zároveň s ukončením vyhřívání amalgamátoru je spuštěno chladicí čerpadlo, které ochladí amalgamátor dostatečně rychle tak, aby následující měření mohlo být odstartováno bez zbytečného prodlení.

Veškerá data jsou vysílána do řídicího počítače a ovládacím programem převedena do formy přístupné uživateli.[11]

7.2.3 Pracovní postup a výpočet obsahu rtuti

Do programu spektrofotometru AMA 254 byla nejprve uvedeny druhy všech rybích vzorků připravených k měření. Poté byly vzorky postupně rozmrazeny, na dávkovací lodičce pomocí analytické váhy zváženy a umístěny do spalovacího zařízení. Před zavedením lodičky do přístroje byla hmotnost každého vzorku zapsána do programu.

Celkem bylo analyzováno 36 kusů ryb, a to pstruh obecný (25 kusů), jelec tloušť (7 kusů), okoun obecný (1 kus), ostroretka stěhovavá (1 kus), hrouzek obecný (1 kus) a parma obecná (1 kus). Průměrná navážka vzorku činila 60 až 120 mg. Parametry teplotního programu byly nastaveny na hodnoty 70/150/45, to znamená: sušení 70 s, termický rozklad 150 s a doba čekání 45 s. U každého vzorku byla provedena dvě nezávislá měření, z nichž přístroj AMA 254 sestavil průměrnou hodnotu a určil směrodatnou odchylku v % (RSD).

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

V následující tabulce (Tab. 15) jsou uvedena čísla analýz, pod kterými byly měřeny jednotlivé vzorky, druhy odlovených ryb, data a místa odchycení, délky, hmotnosti, věk ryb a zjištěné množství rtuti. Výsledky jsou vždy jako průměr 2 měření zaokrouhlených na 3 desetinná místa. Protokoly jsou uvedeny v příloze P II. Vzorky ryb byly uspořádány podle směru toku řeky Dřevnice (Dřevnice Slušovická – Dřevnice Vizovická – Dřevnice za soutokem obou větví až po ústí do řeky Moravy)

Tab. 15. Výsledky měření množství rtuti.

Číslo vzorku	Číslo analýzy	Druh	Datum	Místo odběru	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Hg (mg/kg)
1	3	pstruh obecný	18.3.11	Luční potok	171	52	2	0,053
2	4	pstruh obecný	18.3.11	Luční potok	90	8	1	0,049
3	1	pstruh obecný	26.3.11	Májový potok Držková	154	38	2	0,069
4	2	pstruh obecný	26.3.11	Májový potok Držková	118	16	1	0,056
5	16	pstruh obecný	19.3.11	Vlčkovský potok Kameňák	205	95	2	0,066
6	17	pstruh obecný	19.3.11	Vlčkovský potok Kameňák	75	4	1	0,066
7	28	jelec tloušť	26.3.11	Dřevnice Slušovická u soutoku	272	219	4	0,097
8	29	jelec tloušť	26.3.11	Dřevnice Slušovická u soutoku	128	17	1	0,047
9	14	pstruh obecný	13.3.11	OPP Klášterec Brařejev	155	33	2	0,040
10	15	pstruh obecný	13.3.11	OPP Klášterec Brařejev	110	12	1	0,044
11	7	pstruh obecný	13.3.11	Brařejevský potok	160	42	2	0,039
12	8	pstruh obecný	13.3.11	Brařejevský potok	114	13	1	0,035
13	11	pstruh obecný	12.3.11	Chrámecný potok	192	57	2	0,057
14	12	pstruh obecný	12.3.11	Chrámecný potok	132	17	1	0,082

Číslo vzorku	Číslo analýzy	Druh	Datum	Místo odběru	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Hg (mg/kg)
15	5	pstruh obecný	20.3.11	Lázeňský potok	163	43	2	0,067
16	6	pstruh obecný	20.3.11	Lázeňský potok	111	13	1	0,104
17	9	pstruh obecný	19.2.11	Chrastešovský potok	179	60	2	0,035
18	10	okoun obecný	19.2.11	Chrastešovský potok	140	38	3	0,102
19	31	ostroretka stěhovavá	26.3.11	Dřevnice Vizovická – nad soutokem se Slušovickou	333	384	4	0,062
20	32	jelec tloušť	26.3.11	Dřevnice Vizovická – nad soutokem se Slušovickou	270	243	4	0,056
21	33	hrouzek obecný	26.3.11	Dřevnice Vizovická – nad soutokem se Slušovickou	105	9	2	0,086
22	34	jelec tloušť	26.3.11	Dřevnice Vizovická – nad soutokem se Slušovickou	209	90	3	0,061
23	13	pstruh obecný	13.3.11	Klečůvský potok	124	16	1	0,014
24	20	pstruh obecný	12.2.11	Vidovský potok	226	109	3	0,043
25	21	pstruh obecný	12.2.11	Vidovský potok	94	7	1	0,052
26	22	pstruh obecný	12.2.11	Lazovský potok	230	125	3	0,036
27	23	pstruh obecný	12.2.11	Lazovský potok	122	19	1	0,041
28	35	jelec tloušť	13.3.11	Dřevnice, Bartošova čtvrť	280	237	4	0,037
29	36	parma obecná	13.3.11	Dřevnice, Bartošova čtvrť	330	335	5	0,180
30	30	jelec tloušť	26.2.11	Dřevnice nad vtokem Janušice	289	279	4	0,062

Číslo vzorku	Číslo analýzy	Druh	Datum	Místo odběru	Délka (mm)	Hmotnost (g)	Věk	Hg (mg/kg)
31	26	pstruh obecný	11.3.11	Lukovský potok, Vítava	204	81	2	0,049
32	27	jelec tloušť	11.3.11	Lukovský potok, Vítava	203	77	3	0,047
33	18	pstruh obecný	11.3.11	Baláž	220	113	2-3	0,041
34	19	pstruh obecný	11.3.11	Baláž	118	114	1	0,034
35	24	pstruh obecný	19.2.11	Svodnice, Židelná	322	294	4	0,073
36	25	pstruh obecný	19.2.11	Svodnice, Židelná	96	9	1	0,043

Výsledky analýz naměřených množství rtuti by se obecně daly hodnotit jako přijatelné. Podle směrnice ministerstva zdravotnictví ČR byla nejvyšší přípustná koncentrace pro nedravé ryby 0,1 mg/kg překročena pouze ve třech případech a to u vzorku č. 16 – pstruh obecný z Lázeňského potoka, kde byla koncentrace překročena o 4%. Je ovšem otázkou, od kdy považovat pstruha obecného za dravou rybu. Obecně je do tří let označován za rybu nedravou, kdy hlavní část jeho potravy tvoří bentické organismy, larvy chrostíků, jepic, pakomárů, pošvatek a další vodní živočichové. Také sbírá hmyz spadlý na vodní hladinu, červy, dešťovky a požírá i jikry vlastní i jiných druhů ryb. Ve stojatých vodách tvoří část potravy zooplankton. Až větší jedinci loví menší rybky (např. vranky, střevle i menší jedince svého druhu, ve větších tocích i okouny nebo kaprovité ryby). Nelze tedy jednoznačně vymezit období, kdy se ze pstruha stává ryba dravá, proto nemusí být překročení hygienického limitu pro nedravé ryby u některých pstruhů bráno jako překročení nejvyšší přípustné koncentrace. V našem případě se ale jedná o malého, asi jednoletého pstruha, který se pravděpodobně nedá považovat za dravého, tím můžeme hodnotit výsledek analýzy jako vyšší než povolují hygienické předpisy. Důležité je ovšem připomenout, že tento obsah rtuti je stále v normě a není potřeba z něj vyhodnocovat alarmující závěry. Stejně by se dal hodnotit výsledek vzorku č. 18 – okoun obecný z Chrastešovského potoka, který měl limit převyššen pouze o 2%.

Za „nejzajímavější“ výsledek se dá považovat vzorek č. 29 – parma obecná, u které byla nejvyšší přípustná koncentrace překročena o 80%. Pozastavujícím je z tohoto měření fakt, že parma obecná byla odlovena ve Zlíně v Bartošově čtvrti, v místě, kde byl na podzim roku 2010 odchycen hrouzek obecný, u kterého byl obsah rtuti překročen o 41%. Tím byla potvrzena zvýšená hladina rtuti v této části toku Dřevnice. Jak již však bylo zmíněno, ryby větší hmotnosti a vyššího věku jsou schopné kumulovat více rtuti. Parma obecná měřila 330 mm a vážila 335 g. Její věk byl odhadnut na 5 let. Tyto parametry nelze přehlédnout a mohou zdůvodňovat naměřený výsledek.

Tvrzení, že věk hraje zásadní roli na hromadění rtuti v rybím organismu, bylo potvrzeno ve většině případech. Starší ryby při srovnání dvou vzorků, které byly odloveny na stejném místě, většinou obsahovaly větší množství rtuti než ty mladší. Ze 16 srovnatelných dvojic, tedy ryb odlovených ve stejný den na stejném místě, nebylo pravidlo dodrženo u 6 z nich, přičemž u 4 dvojic byly koncentrace velice podobné, rozdíl nepřesahoval 0,01 mg/kg.

Další otázkou je, jak velký rozdíl je ve schopnosti kumulovat rtuť u různých druhů ryb. Polemizovat by se o tomto dalo u hrouzka obecného, vzorek č. 21. Ze čtyř vzorků odlovených na stejném místě, obsahoval nejvíce Hg a přitom byl z této čtveřice nemladší. Hodnoty tří vzorků ze stejného místa odchytu jako hrouzek byly velmi podobné. Již zmiňovaná parma obecná, vzorek č. 29, taktéž obsahovala jednoznačně vyšší obsah Hg oproti vzorku č. 28, jelec tloušť, přičemž věkový rozdíl mezi touto dvojicí nebyl nijak velký, ale hodnoty se lišily více než čtyřnásobně.

Větev Slušovické Dřevnice se dá považovat za čistou s velice nízkým obsahem rtuti. To dokazují vzorky č. 1 až 6, kde se hodnoty pohybovaly okolo 0,05 mg/kg. Vyšší koncentrace byla naměřena až u soutoku s větví vizovickou u vzorku č. 7, kde čtyřletý jelec tloušť obsahoval 0,097 mg/kg rtuti.

Větev vizovickou nelze hodnotit stejným způsobem, zde byly vyšší koncentrace naměřeny u vícero přítoků této části Dřevnice. Zvýšený obsah rtuti byl zjištěn v Chrámečném potoku, v Lázeňském a Chrastešovském a nad soutokem s Dřevnicí Slušovickou.

8.1 Bartošova čtvrť ve Zlíně



Obr. 24. Bartošova čtvrť ve Zlíně.

Je otázkou proč se v Dřevnici v Bartošově čtvrti nachází větší množství obsahu rtuti. Bartošova čtvrť se nachází na východním okraji města Zlína. Jižní hranici tvoří trať Zlín – Vizovice, hlavní silnice vedoucí do centra. Tato část města je jako zdroj rtuti vyloučena. Ze západu je čtvrť oddělena Dopravní společností Zlín – Otrokovice, s.r.o., odkud také není pravděpodobně možnost znečištění tímto těžkým kovem. Ze severu je Bartošova čtvrť oddělena Dřevnicí a za řekou se nachází Krajská nemocnice T. Bati. Nelze jednoznačně tvrdit, že zvýšené množství rtuti pochází z některé části místní nemocnice, ovšem jako významný zdroj jsou v celosvětovém měřítku stále uváděny amalgámové zubní výplně, farmaceutika a léčiva, které obsahují anorganické soli jednomocné a dvojmocné rtuti. Jsou to například zubní pasty, roztoky pro kontaktní čočky, testy na alergie a imunoterapii, antiseptika, dezinfekční roztoky a další.

V České republice ale došlo v roce 2001 ke zlepšení situace týkající se problému zubních amalgámů. Ministrem životního prostředí a prezidentem České stomatologické komory byla podepsána Dobrovolná dohoda mezi MŽP a ČSK o omezování zatížení životního prostředí rtutí ze stomatologických zdravotnických zařízení, která zpracovávají zubní amalgám. V ČR se jednalo o cca 6 000 těchto zařízení s více než 8 000 pracovišti, přičemž každé pracoviště zpracuje ročně několik kg amalgámu. Česká stomatologická komora vyjádřila připravenost realizovat v postupných krocích do roku 2005 vybavení všech stomatologických pracovišť odlučovací amalgámu s ověřenou minimální účinností 95 % a s náklady v celkové výši 400 mil. Kč (cca 13 mil. EUR). Dohoda obsahuje konkrétní harmonogram postupu.[9]

Z věcně technického hlediska se jedná o zachycování částic amalgámu, které jsou suspendovány v odpadních vodách ze stomatologických zdravotnických zařízení a spolu s nimi vypouštěny do kanalizace. Rtuť v této formě je za obvyklých podmínek jen velmi omezeně rozpustná ve vodní fázi, ale suspendované částice jsou unášeny kanalizační sítí, kde způsobují kontaminaci usazováním na stěnách a v konečné fázi kontaminují čistírenský kal, čímž je znemožněno jeho žádoucí využívání v zemědělství a naopak kaly je nutno nákladně likvidovat jako nebezpečný odpad se všemi potenciálními riziky.[9]

Na úrovni EU existuje více než 40 právních předpisů (nařízení, směrnice), jejichž cílem je snížení rizika spojeného s negativními účinky rtuti na člověka a životní prostředí. V roce 2005 byla schválena ucelená koncepce „Strategie Společenství týkající se rtuti“ stanovující okruhy činnosti EU v souvislosti se snižováním emisí rtuti do životního prostředí a omezováním negativních účinků rtuti na lidské zdraví. Strategie obsahuje 20 opatření, jejichž hlavními cíli jsou snížení emisí rtuti, vstupu rtuti do oběhu ve společnosti zastavením nabídky a poptávky, řešení dlouhodobého osudu přebytků a společenských zásob, snížení vystavení účinkům rtuti především methylrtuti z ryb, zlepšení porozumění problému rtuti, jeho řešení, podpora a propagace mezinárodních akcí týkajících se rtuti.[33]

Hlavním legislativním nástrojem v ČR upravujícím vypouštění rtuti a jejich sloučenin do vodního prostředí je nařízení vlády č. 23/2011 Sb., které stanovuje emisní standardy pro vypouštění odpadních vod z vybraných průmyslových odvětví a z ostatních subjektů, které takové odpadní vody vypouštějí, takže je pokryto veškeré vypouštění rtuti. Nařízení dále stanovuje imisní standardy pro obsah rtuti v povrchových vodách, požaduje nezvyšování

obsahu rtuti v sedimentech, plaveninách a živých organismech a stanovuje limit pro obsah rtuti v mase ryb.[34]

Krajská nemocnice T. Bati je s největší pravděpodobností jako potencionální zdroj znečišťování řeky Dřevnice vyloučen. Tento subjekt je vázán právními předpisy a dohodami pro eliminaci obsahu rtuti v životním prostředí a jakékoliv nedodržení nebo nesprávné zacházení s tímto těžkým kovem je velice nepravděpodobný.

V této části Zlína se dále kromě Krajské nemocnice T. Bati a lékárny nachází zdravotní středisko, potraviny, supermarket, veterinární stanice, kynologické cvičiště, benzínová stanice, prodejna automobilů, autobazary, stavebniny a restaurace. Zůstává tedy otázkou, odkud může rtuť unikat, zda se jedná o špatně zabezpečené skladování nebo likvidaci, která by měla být nahrazena chemickou recyklací, v nejhorším případě smícháním takového odpadu do netříděného komunálního odpadu některého z těchto zdejších podniků. Možnost úniku rtuti do životního prostředí z některého subjektu, který se nachází na Bartošově čtvrti je možný, neboť rizika úniku rtuti jsou velice vysoká. Kovová rtuť je častou náplní teploměrů a tlakoměrů, malé elektrické články obsahující rtuť se používají např. v naslouchacích přístrojích, kamerách, hračkách, malých přenosných radiopřijímačích, kalkulačkách, měřicích přístrojích, detektorech kouře, radiomikrofonech apod.. Svítidla s obsahem rtuti (zářivky, rtuťové lampy apod.) se používají pro vnitřní i vnější osvětlení, v promítacích přístrojích a v reflektorech, v laboratořích, při fotografování apod.

Minimalizace ztrát rtuti do vodních ekosystémů by měly být zajištěny těmito způsoby:

- použití zařízení a materiálů, a pokud je to možné, uspořádání výroby (např. prostorů vyčleněných pro vybrané aktivity), které minimalizují úniky rtuti vlivem odpařování nebo rozstříkování,
- vhodný systém úklidu a motivace personálu k jeho dodržování,
- vhodné postupy údržby včetně plánování periodické údržby a oprav,
- minimalizování množství odpadních vod a zpracování všech odpadních vodních proudů obsahujících rtuť,
- snížení obsahu rtuti v roztoku louhu.[34]

V odst. 3 § 39 vodního zákona a v Příloze č. 1 k vodnímu zákonu je rtuť definována jako zvlášť nebezpečná závadná látka. Ten, kdo s látkami uvedenými v Příloze č. 1 nakládá ve větším rozsahu nebo kdy zacházení s nimi je spojeno se zvýšeným nebezpečím, je povinen učinit odpovídající opatření, aby nevnikly do povrchových nebo podzemních vod nebo do kanalizací (které tvoří součást technologického vybavení výrobního zařízení). K odpovídajícím opatřením podle odst. 4 a 6 náleží:

- umístit zařízení, v němž se závadné látky používají, zachycují, skladují, zpracovávají nebo dopravují tak, aby bylo zabráněno nežádoucímu úniku těchto látek do půdy nebo jejich nežádoucímu smísení s odpadními vodami nebo srážkovými vodami,
- používat jen takové zařízení nebo způsoby zacházení, které jsou vhodné i z hlediska ochrany jakosti vod,
- sklady musí být zabezpečeny nepropustnou úpravou proti úniku závadných látek do podzemních vod; kontrola skladů a skládek musí být prováděna nejméně jednou za 6 měsíců,
- vybudovat a provozovat odpovídající kontrolní systém pro zjišťování úniku závadných látek,
- u nově budovaných staveb zajistit, aby byly zajištěny proti nežádoucímu úniku těchto látek v případě hašení požáru,
- vést záznamy o typech závadných látek, o jejich množství, o obsahu jejich účinných složek a o jejich vlastnostech zejména ve vztahu k povrchovým a podzemním vodám.[34]

Po prozkoumání terénu v Bartošově čtvrti byl nalezen jeden podezřelý objekt jako možná příčina zvýšeného obsahu rtuti v této části toku Dřevnice. Nachází se několik set metrů proti proudu řeky od místa, kde byl odchycen hrouzek obecný a parma obecná (místo odchytu je na obr. č. 24 zobrazeno žlutým bodem). Jedná se o viditelně znečištěnou říčku, která vtéká do Dřevnice. Ústí zleva mezi místním jezem a lávkou (na obr. č. 24 označeny modrým bodem, tekoucí říčka jako potenciální bod znečištění označena červeným bodem). Tvrzení, že toto místo je možným zdrojem kontaminace rtutí v Bartošově čtvrti usvědčuje fakt, že v těsné blízkosti pramene tohoto toku byl v dřívějších letech provozován sklad sběrných surovin. Tedy místo, kde se shromažďoval nebezpečný odpad jako např.

monočlánky, autobaterie, baterie mobilů, baterie z baterek, staré a nepoužité léky, zářivky, úsporné žárovky, rtuťové teploměry, fotochemikálie a mnoho dalších. O zvýšeném výskytu rtuti v této oblasti tedy není pochyb. Je tedy důležité zmínit tento nalezený podezřelý tok a v případě dalších měření se na něj zaměřit.

ZÁVĚR

V této diplomové práci bylo analyzováno množství rtuti v rybách z řeky Dřevnice a jejich přítoků. Důvodem zadání tohoto tématu bylo nejen zjištění zvýšeného množství rtuti ve svalovině hrouzka obecného odloveného na podzim roku 2010, ale také měření tohoto těžkého kovu Fakulty technologické již z dřívějších let. Koncentrace rtuti byla totiž v některých případech vyšší než povolují hygienické limity.

Při stanovování obsahu rtuti byl použit jednoúčelový atomový absorpční spektrofotometr AMA 254. Po dohodě mezi výborem MO MRS ve Zlíně a vedením Fakulty technologické UTB bylo získáno 36 kusů ryb příslušejících do 6 druhů, které byly odloveny v měsících únoru a březnu roku 2011.

Bylo analyzováno 25 pstruhů obecných, 7 kusů jelce tlouště a po jednom vzorku ryb okouna obecného, ostroretky stěhovavé, hrouzka obecného a parmy obecné. Věková kategorie 1 – 4 roky všech druhů kromě parmy obecné, u které bylo stáří odhadnuto na 5 let.

Výsledky u většiny měření nepřekračovaly hygienické limity, jen u tří vzorků byly zjištěny vyšší koncentrace, z nichž dva by se stále daly klasifikovat jako přijatelné. Jediná výjimka byla naměřena u vzorku parmy obecné, kde byl hygienický limit překročen o 80%. Tím bylo potvrzeno zvýšené množství obsahu rtuti v Dřevnici z Bartošovy čtvrti, kde byla parma obecná odchycena. Další práce by se měly zaměřit na část Dřevnice v této oblasti. Je potřeba analyzovat více vzorků ryb, které by potvrdily zvýšenou hladinu rtuti v této části toku. Bude-li předpoklad potvrzen, je potřeba řešit příčiny zvýšeného obsahu a následně provést nápravy či likvidace zdrojů tohoto těžkého kovu.

Rtuť patří mezi prvky, jejichž vliv na živý organismus je bezvýhradně negativní. Snadno se do těla dostane, ale těžko se jí zbavujeme. V ledvinách může setrvat i několik desítek let. I když nebyla nalezena žádná spojitost mezi konzumací ryb s vyšším obsahem rtuti a onemocněními vznikajícími tímto nebezpečným kovem, již velmi malé množství v rybě může u dětí vyvolat opoždění mozkového vývoje. Proto stále platí opatrnost při konzumaci kontaminovaných ryb právě v období těhotenství a kojení. Faktem je, že rtuť vstupuje do potravního řetězce hlavně z vodního prostředí prostřednictvím ryb a vodních živočichů. Jelikož stoupající zájem spotřebitelů o zdravé stravování vede k zvýšené popularitě ryb, které v celé Evropě představují vyhledávanou složku potravy, je důležité sledovat zatížení svaloviny (masa) nejvíce lovených druhů ryb žijících ve významných rybářských revírech

na území České republiky tímto těžkým kovem a posuzovat případná zdravotní rizika pro jejich konzumenty.

Přestože výsledky této práce ukazují, že se kontaminace životního prostředí rtutí v řece Dřevnici a jejích přítocích oproti minulým letem značně snížila, rizika vyplývající z nebezpečí zamoření tímto kovem existují a hrozba vzniku ekologického problému je neustále aktuální. Je tedy nutnost nadále monitorovat a analyzovat veškerý vodní ekosystém před tímto možným nebezpečím. Globální opatření na ochranu před účinky rtuti nejsou stále dostatečně účinná, a proto je v zájmu snížení rizika pro lidské zdraví a životní prostředí tato opatření neustále podnikat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CIBULKA, J., et al. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. 432 s. ISBN 80-200-0401-7.
- [2] ČERNOHORSKÝ, T., JANDERA, P. *Atomová emisní spektrometrie*. Univerzita Palackého, 1997.
- [3] Česká republika. Vyhláška č. 352/2009 Sb. ze dne 29. září 2009, kterou se mění vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2009, 110, s. 4910-4956.
- [4] Česká republika. Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., ze dne 22. prosince 2010, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2011, 8, s. 186-262.
- [5] ELFMARK, Z. *Gastronomie a zdravý životní styl*. Zlín, 2008. 62 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [6] INGR, I. *Hodnocení a zpracování ryb*. 1. vyd. Brno: VŠZ, 1994. 106 s. ISBN 80-7157-115-6.
- [7] JAROŠOVÁ, Z. *Sladkovodní ryby ve veřejném stravování*. Zlín, 2006. 41 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [8] KOPLÍK, R., ČURDOVÁ, E., MESTEK, O. Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech. *Chemické listy*. 1997, roč. 91, č. 1, s. 38-47. ISSN 121-7103.
- [9] KREJČÍ, A. *Rtuť v životním prostředí*. Zlín, 2006. 52 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [10] KUBECOVÁ, J. *Obsah rtuti v rybách z údolní nádrže Jordán v Táboře*. České Budějovice, 2008. 70 s. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- [11] Manuál k přístroji AMA 254, 2002, Praha.

- [12] MATĚJČEK, J. *Hospodaření s vodou a povodí*. Brno: Povodí Moravy a.s., 1996. 97 s.
- [13] POSPÍŠIL, O. *Edice voda a život: Ryby*. Praha: Rybář s.r.o., 2005. 64 s.
- [14] PROKOPOVÁ, Z. *Obsah těžkých kovů v rybím mase*. Zlín, 2010. 73 s. Diplomová práce. UTB ve Zlíně.
- [15] ŘEZÁČOVÁ, D. *Charakteristika a vlastnosti rostlinných olejů*. Zlín, 2008. 47 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [16] *Situační a výhledová zpráva: Ryby*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2007. 41 s. SBN : 978-80-7084-598-1.
- [17] SKOOG, D.A. *Analytical chemistry: an introduction*. 7th ed. Fort Worth: Saunders College Publ., 2000. ISBN 0-03020293-0.
- [18] SVOBODOVÁ, Z., MÁCHOVÁ J., VYKUSOVÁ, B., PIAČKA, V. *Kovy v ekosystémech povrchových vod*. Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 1996. 18 s. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- [19] ŠIMEK, L., VONDRUŠKA, M., HALABALOVÁ, V. *Hodnocení rybí obsádky ve vodárenské nádrži Slušovice*. Zlín, 2001. 8 s. UTB ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [20] ŠIMEK, L., VONDRUŠKA, M., HALABALOVÁ, V. *Hodnocení rybí obsádky ve vodárenské nádrži Slušovice a Fryšták se zaměřením na stanovení těžkých kovů*. Zlín, 2003. 11 s. UTB ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [21] WINKLEROVÁ, L. *Bioindikátory – jejich role při hodnocení stavu životního prostředí*. Brno, 2008. 57 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [22] ŽÁKOVÁ, Z. *Nutriční a dietetické vlastnosti rybího masa*. Zlín, 2008. 38 s. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.

Internetové zdroje:

- [23] *EUFIC: The European Food Information Council. ICT* [online]. [cit. 2011 - 03 - 03]. Dostupný z WWW:
<<http://www.eufic.org/article/cs/nutrition/fats/artid/omega-3-a-omega-6/>>.
- [24] *Mineralfit: Magazín nejen o zdraví.* [online]. [cit. 2011 - 03 - 03]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mineralfit.cz/diety-a-cviceni-clanek/ryby-jsou-vhodne-pri-hubnuti-216>>.
- [25] *Společnost pro výživu.* [online]. [cit. 2011 - 03 - 04]. Dostupný z WWW:
<<http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/v-ceske-republice-jime-prilis-malo-ryb.html>>.
- [26] *Česká ryba.* [online]. [cit. 2011 - 03 - 04]. Dostupný z WWW:
<<http://www.ceskaryba.cz/ryby>>.
- [27] *Česká ryba.* [online]. [cit. 2011 - 03 - 04]. Dostupný z WWW:
<<http://www.ceskaryba.cz/ktere-ceske-sladkovodni-ryby-jime-nejcasteji>>.
- [28] *Finanční noviny: Informační server ČTK.* . [online]. [cit. 2011 - 03 - 05]. Dostupný z WWW:
<http://www.financninoviny.cz/zpravy/ceny-vanocnich-kapru-by-mely-zustat-stejne-jako-loni/549765&id_seznam=>>.
- [29] *Český statistický úřad.* [cit. 2011 - 03 - 05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/p/3004-10>>.
- [30] *Studie spotřeby sladkovodních ryb: Sportovní rybáři v ČR.* [cit. 2011 - 03 - 07]. Dostupný z WWW:
<<http://www.chpr.szu.cz/nutrice/ryby.html>>.
- [31] *Fakulta rybářství a ochrany vod: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.* [cit. 2011 - 03 - 16]. Dostupný z WWW:
<http://www.frov.jcu.cz/publikace/bulletin/03_06/marsalek117_124.pdf>.
- [32] *Mudr. Zbyněk Mlčoch: Otrava (intoxikace) rtutí – příznaky, projevy, léčba, prevence, amalgám.* [cit. 2011 - 03 - 17]. Dostupný z WWW:
<http://www.zbynekmlcoch.cz/info/ostatni_obory/otrava_intoxikace_rtuti_priznaky_projevy_lecba_prevence_amalgam.html>.

- [33] *Ministerstvo životního prostředí: Mezinárodní vztahy v oblasti životního prostředí.* [cit. 2011 - 04 - 30]. Dostupný z WWW:
<http://www.mzp.cz/cz/umluva_o_rtuti>.
- [34] *Rtuť a její sloučeniny.* [cit. 2011 - 03 - 28]. Dostupný z WWW:
<<http://www.registrpovinnosti.com/df23h54/voda/registrlegislativy/Rtut.pdf>>
- [35] *Nechci kazy.cz: Nezávislý zdroj informací o zubním lékařství.* [cit. 2011 - 04 - 28]. Dostupný z WWW:
<<http://www.nehcikazy.cz/je-amalgam-v-ustech-nebezpecny>>.
- [36] *Zlínský kraj: Informační portál.* [cit. 2011 - 04 - 10]. Dostupný z WWW:
<http://www.kr-zlinsky.cz/ppo/B_Charakteristiky_uzemi/B1_CHARAKTERISTI_KY_UZEMI.pdf>.
- [37] *Povodí Moravy.* [cit. 2011 - 05 - 02]. Dostupný z WWW:
<<http://www.pmo.cz/vodni-dila/slusovice/>>.
- [38] *Povodí Moravy.* [cit. 2011 - 05 - 02]. Dostupný z WWW:
< <http://www.pmo.cz/vodni-dila/frystak/>>.
- [39] *MRK.cz: Stále na rybách.* [cit. 2011 - 14 - 03]. Dostupný z WWW:
< http://www.mrk.cz/r/atlasy/atlas_ryb/vsechny/>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EPA	Kyselina eikosapentaenová
DHA	Kyselina dokosahexaenová
ÚN	Údolní nádrž
TK	Těžké kovy
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace
EU	Evropská unie
WHO	World health organisation (Světová zdravotnická organizace)
ČR	Česká republika
VD	Vodní dílo
AMA	Advanced Mercury Analyser
ÚTŽPCh	Ústav technologie životního prostředí a chemie
MO MRS	Místní organizace Moravského rybářského svazu
RSD	Relativní směrodatná odchylka
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ČSK	Česká stomatologická komora

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Cyklus rtuti v přírodě. [14]</i>	26
<i>Obr. 2. Vodní dílo Slušovice.[37]</i>	34
<i>Obr. 3. Vodní dílo Fryšták. [38]</i>	35
<i>Obr. 4. Řeka Dřevnice a její přítoky</i>	36
<i>Obr. 5. Pstruh obecný.</i>	37
<i>Obr. 6. Jelec tloušť'</i>	38
<i>Obr. 7. Kapr obecný.</i>	38
<i>Obr. 8. Karas stříbřitý.</i>	38
<i>Obr. 9. Lipan podhorní.</i>	39
<i>Obr. 10. Okoun říční.</i>	39
<i>Obr. 11. Ostroretka stěhovavá.</i>	39
<i>Obr. 12. Parma obecná.</i>	39
<i>Obr. 13. Pstruh duhový.</i>	40
<i>Obr. 14. Siven americký.</i>	40
<i>Obr. 15. Amur bílý.</i>	41
<i>Obr. 16. Bolen dravý.</i>	41
<i>Obr. 17. Candát obecný.</i>	41
<i>Obr. 18. Cejn velký.</i>	42
<i>Obr. 19. Lín obecný.</i>	42
<i>Obr. 20. Mník jednovousý.</i>	42
<i>Obr. 21. Sumec velký.</i>	42
<i>Obr. 22. Štika obecná.</i>	43
<i>Obr. 23. Blokové schéma přístroje AMA 254.[11]</i>	51
<i>Obr. 24. Bartošova čtvrť ve Zlíně.</i>	58

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Zastoupení druhů ryb vylovených v ČR (v tunách živé hmotnosti).[25]</i>	15
<i>Tab. 2. Spotřeba všech druhů masa na 1 obyvatele v ČR v letech 2001 – 2009.[29]</i>	16
<i>Tab. 3. Maximální povolené koncentrace vybraných kovů ve vodárenských tocích. Hodnoty jsou uvedené v mg.l⁻¹. [18]</i>	19
<i>Tab. 4. Obsah kovů v sedimentech dna.[18]</i>	21
<i>Tab. 5. Hygienické limity pro rtuť ve svalovině ryb podle nařízení vlády č. 23/2011 pro nejčastěji sledované toxické kovy.</i>	23
<i>Tab. 6. Množství rtuti v jednotlivých složkách vodního ekosystému.[1]</i>	27
<i>Tab. 7. Rybí obsádka - chovné pstruhové přítoky.</i>	37
<i>Tab. 8. Některé významné druhy ryb pstruhové části Dřevnice.</i>	38
<i>Tab. 9. Některé významné druhy ryb mimopstruhové části Dřevnice</i>	41
<i>Tab. 10. Rok 2001 - přehled vzorků ryb odebraných z vodárenské nádrže Slušovice.[19]</i>	43
<i>Tab. 11. Rok 2003 - přehled ryb odebraných z vodárenské nádrže Slušovice.[20]</i>	44
<i>Tab. 12. Rok 2003 - přehled ryb odebraných z vodárenské nádrže Fryšták.[20]</i>	45
<i>Tab. 13. Rok 2003 - přehled ryb odebraných z Dřevnice a Trnávky.[20]</i>	46
<i>Tab. 14. Rok 2007, 2009 a 2010 – ryby a naměřené hodnoty.</i>	46
<i>Tab. 15. Výsledky měření množství rtuti.</i>	54

SEZNAM PŘÍLOH

P I Výsledky analýz rtuti z let 2007, 2009 a 2010.

P II Výsledky analýz rtuti z roku 2011.

EVIDENČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Sigla (místo uložení diplomové práce)	Portál UTB, Kvalifikační práce, TUCH
Název diplomové práce	Stanovení obsahu rtuti v rybách řeky Dřevnice a jejích přítoků
Autor diplomové práce	Bc. Zuzana Dobrotová
Vedoucí diplomové práce	Doc. RNDr. Lubomír Šimek, CSc.
Vysoká škola	Univerzita Tomáši Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	nám. T. G. Masaryka 5555 760 01 Zlín
Fakulta (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Fakulta technologická náměstí T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín
Katedra (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav chemie
Rok obhájení DP	2011
Počet stran	72 (bez příloh)
Počet svazků	3 (1 v pevné vazbě, 2 v kroužkové)
Vybavení (obrázky, tabulky...)	Obrázky, tabulky.
Klíčová slova	Rtuť, ryby, těžké kovy, vodní ekosystém, Dřevnice a její přítoky