

# RTUŤ V RYBÁCH V PRAZE

VÝSKYT RTUTI VE VOLNĚ ŽIJÍCÍCH RYBÁCH,  
RYBÁCH ZAKOUPENÝCH V OBCHODNÍ SÍTI A LIDSKÝCH  
VLASECH NA ÚZEMÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY

Mgr. et Mgr. Václav Mach, Ph.D.

RNDr. Jindřich Petrlík

**Spoluautoři:**

Bc. Kristina Žulkovská

Ing. Mária Podracká



© Arnika 2019

# Výskyt rtuti ve volně žijících rybách, rybách zakoupených v obchodní síti a lidských vlasech na území hlavního města Prahy

*Mgr. et Mgr. Václav Mach, Ph.D.*

*RNDr. Jindřich Petrlík*

*Bc. Kristína Žulkovská*

*Ing. Mária Podracká*

## Souhrn

Rtuť se stala látkou celosvětového významu kvůli schopnosti dálkového transportu, přetrvávání v životním prostředí, bioakumulaci a toxicitě. Hlavním cílem této studie je interpretovat soubor údajů získaný z environmentálního vzorkování v Praze, který byl proveden v srpnu až říjnu 2019. Shromážděné vzorky ryb a lidských vlasů byly analyzovány na obsah rtuti a získaná data byla dále porovnána s národními a mezinárodními referenčními hodnotami. Vzorky ryb pocházely z území hlavního města Praha, přičemž část vzorků mořských a sladkovodních ryb byla nakoupena v obchodní síti a další vzorky byly odloveny ve Vltavě nebo jiných vodních tělesech. Vzorky lidských vlasů byly odebrány osobám různého věku a povolání, kteří dlouhodobě žijí v Praze. Chemické analýzy na stanovení koncentrace celkové rtuti ve vzorcích ryb a lidských vlasů byly provedeny ve Státním veterinárním ústavu v Praze.

Průměrná koncentrace rtuti v odlovených rybách byla 0,144 mg/kg čerstvé váhy. Tři vzorky odlovených ryb s nejvyšším obsahem rtuti pocházejí z Vltavy. Při srovnání koncentrací celkové rtuti ve vzorcích odlovených ryb s legislativními kritérii EU splňovaly všechny vzorky kritéria pro uvedení na trh. Všechny vzorky odlovených ryb splňovaly také maximální doporučené koncentrace rtuti US EPA. Pokud byla jako srovnávací hodnota obsahu celkové rtuti použita koncentrace 0,22 mg/kg čerstvé hmotnosti ryby, která odpovídá maximálnímu doporučenému dennímu příjmu rtuti při četnosti konzumace ryb jednou týdně, byla doporučená hodnota přesažena u dvou vzorků ryb.

Průměrná koncentrace rtuti v rybách zakoupených v obchodní síti byla 0,118 mg/kg čerstvé váhy. Vyšší obsah celkové rtuti ze vzorků ryb zakoupených v obchodní síti na území hlavního města mělo pět vzorků. Jednalo se o druhy: mečoun obecný, tuňák žlutoploutvý a mořský d'as, což jsou všechno ryby mořské a dravé. Při srovnání koncentrací celkové rtuti ve vzorcích ryb zakoupených v obchodní síti s legislativními kritérii EU nesplňoval kritéria pro uvedení na trh jeden vzorek. Jednalo se o vzorek mečouna obecného, jehož obsah celkové rtuti byl 1,117 mg/kg čerstvé hmotnosti, přičemž dle uvedeného nařízení Komise je maximální povolená koncentrace celkové rtuti v tomto druhu ryby 1 mg/kg čerstvé hmotnosti. Při srovnání vzorků ryb z obchodní sítě s maximálními doporučenými hodnotami pro konzumaci, které používá US EPA, by kritéria nesplnil také jen vzorek mečouna obecného. Pokud by jako srovnávací hodnota obsahu celkové rtuti byla použita koncentrace 0,22 mg/kg čerstvé hmotnosti ryby, která odpovídá maximálnímu doporučenému dennímu příjmu rtuti při četnosti konzumace ryb jednou týdně, byla by doporučená hodnota přesažena u pěti vzorků ryb z celkem 28.

Průměrná koncentrace rtuti ve vzorcích lidských vlasů byla 0,238 mg/kg. Výsledky koncentrace rtuti ve vlasech lidí žijících na území hlavního města Prahy byly porovnány s doporučeními US EPA: referenční hodnota pro ženy v plodném věku a referenční hodnota, jejíž překročení může být spojeno s nepříznivými účinky na zdraví. Všechny vzorky vlasů odebraných lidem žijícím v hlavním městě Praha splňovaly oba doporučující limity pro rtuť americké US EPA.

V hlavním městě se nachází několik významnějších zdrojů rtuti. Mezi disperzní se řadí používání rtuti v zubních ordinacích, dosluhující lékařské přístroje, domácí spalování uhlí, používání čistírenských kalů na polích či povrchu terénu a výskyt rtuti v odpadech a spotřebních věcech. Mezi velké bodové zdroje rtuti patří tři provozy: závod společnosti Českomoravský cement, a.s. v Radotíně, spalovna Malešice a Ústřední čistírna odpadních vod v Praze. Největším zdrojem rtuti v emisích do ovzduší je v celé České republice spalování hnědého uhlí při výrobě elektrické energie a při lokálním vytápění.

## **Obsah**

1. Úvod
2. Zájmové území a populace
3. Metodika
4. Výsledky
5. Diskuse
  - 5.1 Doporučené hodnoty a legislativní kritéria
  - 5.2 Ryby odchycené ve vodních tělesech na území hlavního města Prahy
  - 5.3 Ryby zakoupené v obchodní síti na území hlavního města Prahy
  - 5.4 Vlasy odebrané lidem žijícím na území hlavního města Prahy
  - 5.5 Potencionální zdroje rtuti
6. Závěr
7. Literatura

## 1. Úvod

Během posledních několika desetiletí vzrostlo vědecké poznání o škodách na lidském zdraví a životním prostředí způsobených rtuť. Rtuť se stala látkou celosvětového významu kvůli schopnosti dálkového transportu, přetrvávání v životním prostředí, bioakumulaci a toxicitě. Uvedené vlastnosti pak vedly k mezinárodní právní regulaci možných zdrojů emisí tohoto těžkého kovu.

U rtuť byla prokázána schopnost bioakumulace a biomagnifikace.<sup>1</sup> Bioakumulace nastává v případě, pokud živý organismus absorbuje potenciální kontaminant do svého těla rychleji, než dochází k jeho odstranění rozkladem či vylučováním. Biomagnifikace nastává, pokud koncentrace potenciálního kontaminantu stoupá se stoupajícím trofickým stupněm daného organismu. Jedná se v podstatě o narůstání koncentrace v průběhu potravního řetězce. Nejvyšší koncentrace rtuť byly nalezeny v tělech organismů na vrcholu potravní pyramidy, kam je řazen také člověk. Z tohoto důvodu jsou u dravých ryb obvykle vyšší koncentrace rtuť než u všežravých a býložravých druhů ryb. Jakmile se rtuť v rybím těle naváže do tukové tkáně je velmi pomalu vylučována a v jejím těle přetrvává velmi dlouhou dobu.<sup>2</sup>

Vystavení rtuť - i v malém množství - může způsobit vážné zdravotní problémy. Rtuť je dobře známá toxická látka, která má škodlivé účinky na lidské zdraví a postihuje většinou nervové a jiné tělesné systémy včetně kardiovaskulárního, respiračního, gastrointestinálního, hematologického, imunitního a reprodukčního systému<sup>3</sup>. Světová zdravotnická organizace (WHO) považuje rtuť za jednu z deseti nejvýznamnějších chemických látek nebo skupin chemických látek, které vzbuzují velké obavy v oblasti veřejného zdraví. Jakmile rtuť vstoupí do lidského organismu, působí jako neurotoxin, což znamená, že nepříznivě ovlivňuje nervový systém. Jeho neurotoxicita je nejškodlivější pro vyvíjející se organismy, a tedy i pro těhotné ženy. Plody vystavené rtuť v těle matky jsou nejcitlivější skupinou.<sup>4</sup> Expozice plodu během vývoje před porodem nebo dítěte během prvních let jejího života může způsobit mentální retardaci, dětskou mozkovou obrnu, hluchotu nebo slepotu. Bylo zjištěno, že expozice rtuť může negativně ovlivnit lidský imunitní systém. Studie ekonomických důsledků zdravotních dopadů rtuť<sup>5</sup> uvádí, že kontaminace rtuť způsobující významné snížení IQ stojí ztrátu příjmového potenciálu 77,4 - 130 milionů dolarů ročně.

Toxický účinek rtuť závisí na její chemické formě a způsobu expozice. Nejvíce toxickou formou je methylртуť. Lidé jsou vystaveni rtuť ve formě methylртуť zejména při konzumaci ryb a mořských plodů. Methylртуť je organická sloučenina vznikající jako metabolický vedlejší produkt vodních živočichů vystavených anorganické rtuť. Methylртуť se stává součástí potravinového řetězce a hromadí se v potravním řetězci, znečišťuje mořské savce, ptáky a jiné živočichy, kteří konzumují ryby. Obecně se vyšší koncentrace vyskytují u starších jedinců. Znečištění methylртуť rovněž může poškozovat zdraví lidí, kteří konzumují pravidelně ryby a mořské plody. Analýza obsahu rtuť v rybách a lidských vlasech je dobrým indikátorem úrovně znečištění rtuť v různých geografických regionech, i když její hladiny v lidských vlasech do značné míry závisí na tom, jak velkou část stravy u sledovaných jedinců a populací tvoří ryby.

Zdroje kontaminace rtuť v životním prostředí mohou být přírodní nebo antropogenní. Přírodní zdroje rtuť zahrnují sopky, lesní požáry nebo vyplavování rtuť z minerálů a hornin, které ji obsahují. Antropogenní zdroje jsou spojeny zejména s průmyslovými činnostmi lidí. Výskyt

rtuti v životním prostředí se zvyšuje v důsledku vypouštění z těžebního, hutního, cementárenského a papírenského průmyslu. Spalování komunálního a zdravotnického odpadu a emisí z uhelných elektráren a používání fosilních paliv také přispívá ke zvyšování obsahu rtuti ve složkách životního prostředí. Problém se rtutí spočívá v tom, že je schopna se v atmosféře transportovat na dlouhé vzdálenosti, a proto je schopna kontaminovat místa vzdálená od původního zdroje znečištění. Rtuť obsažená v atmosféře se ukládá do vodních ekosystémů a stává se přístupnou pro bakterie v jezerech, tocích a oceánských sedimentech. Osud rtuti ve vodním prostředí je důležitý, protože ve vodních sedimentech a mokřadních půdách se anorganická rtuť přeměňuje na methylrtuť, která se dále koncentruje ve vodních organismech, dochází k procesu methylace. Většina expozice rtutí a tudíž také zdravotní rizika pro lidi spojené se rtutí pochází z konzumace ryb a mořských plodů. Většina studií sledující expozici lidské populace rtutí se z toho důvodu zaměřuje na vodní ekosystémy a obsah rtuti v rybách. Důležité mohou být i profesní expozice, například u lidí pracujících v malých zlatých dolech v rozvojových zemích anebo v zubních ordinacích.

Odběr vzorků vlasů je ne-invazivní metodou a může poskytnout informace o expozici rtuti za delší časové období, takže má více vypovídající hodnotu než analýza lidské krve. Vlasy jsou zvláště důležité při hodnocení expozice rtuti v potravě. V roce 1990 Světová zdravotnická organizace (WHO) stanovila, že celková koncentrace rtuti ve vlasech nižší než 10 mg/kg vlasů nebude pravděpodobně spojena s nepříznivými účinky na zdraví.

Mnoho vlád po celém světě podniká kroky ke kontrole lidských činností, které způsobují uvolňování rtuti do životního prostředí. Vlády jednotlivých států ovšem nedokážou ochránit své obyvatelstvo a životní prostředí před poškozením způsobeným rtutí sami, protože může docházet k transportu rtuti přes hranice států. Základem ochrany před nebezpečnými účinky rtuti je proto především společný postup a spolupráce vlád a dalších veřejných institucí. Z toho důvodu vzešlo z Programu OSN pro životní prostředí (UNEP) v roce 2009 rozhodnutí vyvinout celosvětově právně závaznou dohodu pro regulaci těžby, obchodu a emisí rtuti. Minamatská úmluva o rtuti byla přijata v říjnu 2013 na diplomatické konferenci v japonském Kumamotu. Vstoupila v platnost dne 16. srpna 2017 a Česká republika je smluvní stranou od 19. června 2017.

Hlavním cílem této studie je interpretovat soubor údajů získaný z environmentálního vzorkování v hlavním městě Praha, který byl proveden v srpnu až říjnu 2019. Shromážděné vzorky ryb a lidských vlasů byly analyzovány na obsah rtuti a data byla dále diskutována a porovnána s národními a mezinárodními referenčními hodnotami. Vzorky ryb pocházely z obchodní sítě a z vodních těles na území hlavního města Prahy. Vzorky lidských vlasů byly odebrány osobám různého věku a povolání, které dlouhodobě žijí v Praze.

Vzorkovací kampaň je součástí projektu podpořeného hlavním městem Prahou a byla vedena neziskovou organizací Arnika - Toxické látky a odpady. Cílem projektu je zmapovat cesty rtuti v životním prostředí Prahy rešerší dostupných informací a měřeními ve vlasech a v rybách a vytipovat případné problémy, na které by se měla zaměřit státní správa při sledování možných úniků rtuti do životního prostředí v Praze.

## 2. Zájmové území a populace

Hlavní město Praha má populaci zhruba 1,25 milionu obyvatel. Přibližně 98% obyvatel hlavního města je napojeno na kanalizační systém, který odvádí odpadní vody do centrální čistírny odpadních vod, která se od roku 1966 nachází na Císařském ostrově na Vltavě v severní části Prahy. Při silných deštích je přebytečná voda vypouštěna do řeky Vltavy a jejích přítoků prostřednictvím centrálního kanalizačního systému. Vltava je s délkou 430,2 km nejdelší řekou na území České republiky. Pramení na Šumavě, protéká mimo jiné Českým Krumlovem, Českými Budějovicemi a Prahou a ústí zleva do Labe v Mělníku. Na území hlavního města Praha jsou tři významné pravostranné přítoky Vltavy: Botič, Rokytka a Kunratický potok. Do toků se také vypouští několik výpustí dešťové kanalizace. V oblastech proti proudu obou toků je zemědělská činnost a urbanizované oblasti po proudu jsou ovlivňovány odpadními vodami polygrafického, chemického a strojírenského průmyslu.

Kyjský rybník se nachází v městském obvodu Praha 9 na toku Rokytky. Kvůli téměř úplnému zanesení usazeninami byl v roce 1962 z poloviny odbahněn. Další odbahnění proběhlo na přelomu 70. a 80. let při výstavbě sídliště Černý Most a současně zde byla vybudována sedimentační nádrž. V rámci projektu "Obnova a revitalizace pražských nádrží", který byl finančně podpořen z evropských fondů, došlo v letech 2007 - 2008 i k revitalizaci a odbahnění Kyjského rybníka.

Motolské rybníky jsou soustavou třech rybníků, které se nacházejí v městském obvodu Praha 5 na bočním rameni Motolského potoka. Soustava rybníků byla postavena v 60. letech minulého století. V rámci výstavby rybníků byl v této části technicky upraven i Motolský potok, který byl vydlážděn a narovnan. Horní a spodní rybník jsou rybářsky využívány pro extenzivní chov ryb a každý podzim se zde provádí výlov.



**Obrázek 1: Podbaba (Foto: Peter Horský)**

Aktuální data o obsahu rtuti na území hlavního města Prahy v sedimentech Vltavy a dalších vodních tělech nebyly po prohledání dostupných zdrojů k dispozici. Jediným dostupným zdrojem dat o obsahu celkové rtuti v sedimentech vodních toků na území hlavního města Prahy je studie Arniky z roku 2018, kde byly sledovány obsahy těžkých kovů ve čtyřech menších tocích. Na základě analýz v tomto průzkumu bylo konstatováno, že z pohledu české legislativy byl obsah rtuti v odebraných vzorcích sedimentů v souladu.<sup>6</sup> Přehled zjištěných koncentrací rtuti v sedimentech vodních toků na území hlavního města Prahy je uvedena v tabulce 1.

**Tabulka 1: Obsah rtuti v sedimentech pražských povrchových vod zjištěné spolkem Arnika.<sup>7</sup>**

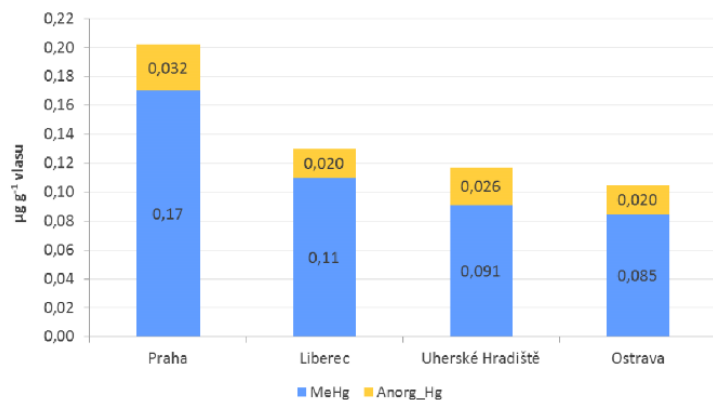
tok	bezejmenná vodní plocha	Štěrboholský potok	Nebušický potok	Mratínský potok
rtuť [mg/kg suché hmotnosti]	0,03	0,04	0,07	0,18

Dle Státního zdravotního ústavu z výsledků monitorování zdraví a životního prostředí v České republice vyplývá, že koncentrace rtuti v městském ovzduší i v pitné vodě jsou nízké a tedy expozice rtutí z těchto zdrojů je zanedbatelná.<sup>8</sup> Přestože v české populaci byla prokázána souvislost mezi obsahem rtuti ve slinách i v krvi a výskytem amalgámových zubních výplní, o systematických zdravotních účincích rtuti z této expozice nejsou kromě případů alergických reakcí dostupné údaje.<sup>9</sup> Zdroj rtuti pro českou populaci z potravin je sledován v rámci Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí. Odhad příjmu rtuti ze spotřebního koše potravin je nízký, pohybuje se mezi 1 až 2 % tolerovatelného příjmu doporučeného Světovou zdravotnickou organizací (WHO). Přestože je Česko vnitrozemský stát, nejvýznamnějšími zdroji rtuti jsou, tak jako v jiných zemích Evropské unie, mořské ryby a rybí výrobky. Přísun rtuti z jiných potravin jako například rýže nebo brambor, je řádově nižší. V Česku je spotřeba ryb a tím také přísun rtuti nižší než v jiných evropských zemích.<sup>10</sup> Koncentrace rtuti v krvi a v moči české dospělé i dětské populace nesignalizují zvýšenou zátěž české populace a jsou v souladu s obvyklými hodnotami v jiných evropských státech.<sup>11</sup> Srovnání české populace s vyspělými zeměmi Evropské unie vyznívá z hlediska výskytu rtuti v tělních tkáních příznivě.

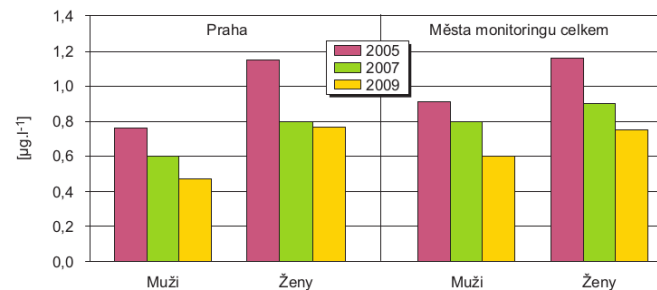
Dle Státního zdravotního ústavu ovšem existují rozdíly v naměřených hodnotách koncentrace rtuti v lidských vlasech v závislosti na regionu. V roce 2014 byly v Praze zjištěny vyšší hodnoty rtuti ve vlasech než v dalších městech jako Liberec, Ostrava a Uherské Hradiště (obrázek 2). Pozitivní korelace byla zjištěna také u dosaženého stupně vzdělání. Čím byl vyšší stupeň dosažené vzdělání, tím vyšší byla průměrná koncentrace celkové rtuti ve vlasech. Nejvyšší koncentrace pak byla zjištěna u lidí s vysokoškolským vzděláním. U expozičních zdrojů jiných než konzumace ryb a mořských produktů se nepotvrdil významný vliv na hladinu rtuti ve vlasech.<sup>12</sup> Průzkum Českého statistického ústavu v Praze pak nezjistil, že by se situace v pražské populaci zhoršovala. Obsah rtuti v krvi nesignalizoval mezi lety 2005 až 2009 zvýšenou zátěž pražské populace rtutí (obrázek 3) a ve srovnání s předchozími roky naznačoval sestupnou tendenci.<sup>13</sup>



**Obrázek 2: Hodnoty obsahu rtuti ve vlasech v několika městech České republiky<sup>14</sup>**



**Obrázek 3: Obsah rtuti v krvi dospělých v Praze a ve místech monitorování celkem, 2005–2009.<sup>15</sup>**



### 3. Metodika

Volně žijící ryby z vodních těles na území hlavního města Praha byly odloveny v období srpen až říjen 2019. Celkem zde bylo odloveno čtrnáct ryb, které byly zpracovány do devíti vzorků. Vzorky ryb zahrnovaly celkem pět různých druhů ryb (plotice obecná, cejn velký, okoun říční, kapr obecný, candát obecný). Směsné vzorky byly vždy vytvořeny rybami stejného druhu ze stejného vodního tělesa. Odlov ryb proběhl na šesti lokalitách, z nichž se čtyři nacházely na řece Vltavě a dvě lokality představovaly rybníky (Motolský a Kyjský). Jako kontrolní vzorek lze případně použít hodnoty zjištěné u ryb z rybářství Líšno anebo chovu v Chlumci nad Cidlinou (viz tabulku 5). Obě lokality jsou však mimo území Prahy a nelze u nich vyloučit jiné, v této studii nesledované vlivy ze zdrojů rtuti (například v Benešově je spalovna zdravotnických odpadů). V tabulce 2 jsou uvedeny podrobnosti o jednotlivých vzorcích odlovených ryb včetně označení vzorku, druhu, počtu kusů ve vzorku, data a místa odlovu, délky, hmotnosti a věku ryb. V obchodní síti na území hlavního města Praha bylo zakoupeno celkem 28 vzorků ryb, které zahrnovaly mořské i sladkovodní druhy ryby. Všechny vzorky ryb byly analyzovány na stanovení obsahu celkové rtuti.

Vzorky lidských vlasů byly odebírány od deseti lidí žijících na území hlavního města Prahy. Prameny vlasů byly odstříženy z týlní oblasti hlavy, co nejbližší k pokožce hlavy. Při odebírání vzorků byly formou dotazování zaznamenány informace od vzorkovaných osob do odběrových protokolů. Byly zpracovávány jen informace nezbytné pro správné vyhodnocení výsledků. Mezi takové informace patří, zda a jak často vzorkovaná osoba konzumuje ryby, zda je kuřák nebo žije v přítomnosti kuřáka, nebo zda si barví vlasy. Vybrané informace jsou uvedeny v tabulce 3. Poskytnuté informace jsou důvěrné, a proto jsou vzorky anonymní, pojmenované pouze označením vzorku. Vzorky lidských vlasů

byly analyzovány na stanovení obsahu celkové rtuti. Vzorky vlasů pocházejí od žen, protože oslovení mužští dárči měli nedostatečnou délku vlasů anebo s odběrem nesouhlasili, včetně oslovených sportovních rybářů.

Chemické analýzy na stanovení koncentrace celkové rtuti ve vzorcích ryb byly provedeny ve Státním veterinárním ústavu v Praze. Analýzy lidských vlasů byly provedeny Centrem hygienických laboratoří Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem. Koncentrace celkové rtuti jak v rybách, tak ve vlasech byly stanoveny pomocí atomové absorpční spektrometrie na spektrometru Advanced Mercury Analyzer (AMA-254).

**Tabulka 2: Seznam vzorků ryb odchycených ve vodních tělesech na území hlavního města Praha**

Označení vzorku	Druh český	Druh latinsky	Počet jedinců	Datum odlovu vzorku	Lokalita	Délka ryb s ocasem [cm]	Hmotnost ryb [g]	Věk ryb [roky]
POD-1	Plotice obecná	<i>Rutilus rutilus</i>	2	5. 9. 2019	Podbaba – Roztocká, Vltava za výpustí ČOV	30, 31	294, 359	6, 7
L2-LIB-1	Cejn velký	<i>Abramis brama</i>	2	28. 8. 2019	Libeň, Povltavská, řeka Vltava	53, 47	1756, 876	11, 10
LIB-1	Okoun říční	<i>Perca fluviatilis</i>	3	4. 9. 2019	Libeň, mrtvé rameno Vltavy při ústí Rokytky	19, 16, 15,5	90, 51, 43	4, 3, 3
KLEC-1-1B	Okoun říční	<i>Perca fluviatilis</i>	1	5. 9. 2019	Klecánky, řeka Vltava	25	223	7
KLEC-1-1A	Plotice obecná	<i>Rutilus rutilus</i>	1	5. 9. 2019	Klecánky, řeka Vltava	23,5	151	3
KYJ -1-1B	Kapr obecný	<i>Cyprinus carpio</i>	1	8. 9. 2019	Kyjský rybník	40	944	3
KYJ -1-1A	Plotice obecná	<i>Rutilus rutilus</i>	1	8. 9. 2019	Kyjský rybník	27	225	5
MOT3-1	Plotice obecná	<i>Rutilus rutilus</i>	2	16. 10. 2019	Motolský rybník	15, 14	39, 28	2, 2
MOT3-2	Kapr obecný	<i>Cyprinus carpio</i>	1	16. 10. 2019	Motolský rybník	22	133	2

**Tabulka 3: Seznam vzorků vlasů odebraných lidem na území hlavního města Praha**

Označení vzorku	Pohlaví	Věk	Výhřev v domácnosti	Konzument ryb/frekvence týdně	Kuřák	Kuřák v rodině	Zaměstnání
MUD-1	žena	52	plyn	ano/1-2	ne	ne	Manager
JIR-1	žena	41	ústřední topení	ano/1-3	ne	ne	Neuvedeno
JEN-1	žena	53	elektrické	ano	ne	ano	na volné noze
KAL-1	žena	28	plyn	ano/1-2	ne	ne	NGO
POD-1	žena	28	ústřední topení	ano/1-2	ano	ne	Asistentka
KUK-1	žena	27	ústřední topení	ano/1-2	ne	ne	Asistentka
SIROT-1	žena	37	kombinovaný kotel	ano	ne	ne	Neuvedeno
BRA-1	žena	44	ústřední topení	ano	ne	ne	Environmentalista
OZA-1	žena	25	plyn	ano	ano	ne	koordinátor projektu
ZEL-1	žena	24	plyn	ano	ne	ne	Student

#### 4. Výsledky

Koncentrace rtuti v odebraných vzorcích ryb odchycených pro účely této studie ve Vltavě a dalších vodních tělesech na území hlavního města Prahy jsou uvedeny v tabulce 4. Průměrná koncentrace rtuti ve volně žijících rybách byla 0,144 mg/kg čerstvé váhy. Při započítání kontrolního vzorku byla průměrná koncentrace rtuti 0,138 mg/kg čerstvé váhy. Koncentrace rtuti v jednotlivých vzorcích ryb zakoupených v obchodní síti na území hlavního města Prahy jsou uvedeny v tabulce 5. Průměrná koncentrace rtuti v rybách zakoupených v obchodní síti byla 0,118 mg/kg čerstvé váhy. Koncentrace rtuti ve vzorcích lidských vlasů odebraných na území hlavního města Prahy jsou uvedeny v tabulce 6. Průměrná koncentrace rtuti ve vzorcích lidských vlasů byla 0,238 mg/kg.

**Tabulka 4: Koncentrace rtuti ve vzorcích ryb odchycených ve vodních tělesech na území hlavního města Praha**

Označení vzorku	Koncentrace rtuti [mg/kg čerstvé váhy]
POD-1	0,161
L2-LIB-1	0,281
LIB-1	0,193
KLEC-1-1B	0,254
KLEC-1-1A	0,132
KYJ -1-1B	0,117
KYJ -1-1A	0,084
MOT3-1	0,053
MOT3-2	0,019
<b>průměr</b>	<b>0,144 ± 0,088 (n = 9)</b>

**Tabulka 5: Koncentrace rtuti ve vzorcích ryb zakoupených v obchodní síti na území hlavního města Praha**

Označení vzorku	Druh ryby	Země/místo původu	Věk ryb [roky]	Koncentrace rtuti [mg/kg čerstvé váhy]
PHA-P-1K	Kambala	Španělsko / moře (oceán)		0,037
PHA-P-2NP	Okoun nilský	Tanzánie / Viktoriino jezero		0,138
PHA-P-3TU	Tuňák žlutoploutvý	Omán / moře (oceán)		0,317
PHA-P-4PI	Štika obecná	ČR / Chlumeck nad Cidlinou (rybník)	5	0,067
PHA-P-5C	Treska (filety)	USA / Tichý oceán		0,081

PHA-P-6TR	Pstruh duhový	Turecko / sladkovodní chov ryb	2	0,008
PHA-P-7TR	Pstruh duhový	Turecko / sladkovodní chov ryb		0,010
PHA-P-8TR	Pstruh duhový (lososovitý) (filety)	Turecko / sladkovodní chov ryb	3	0,011
PHA-P-9C	Tresčí játra v konzervě	Severovýchodní Atlantik		0,020
PHA-P-10TU	Tuňák v konzervě	Středovýchodní Atlantik		0,020
PHA-P-11TU	Tuňák v konzervě	Severovýchodní Atlantik		0,018
PHA-P-12C	Treska (filety)	Beringovo moře		0,012
PHA-P-13TU	Tuňák v konzervě	Španělsko / moře (oceán)		0,269
PHA-P-14MA	Makrela obecná (uzená)	Severní moře		0,125
PHA-P-15SW	Mečoun obecný (filety)	Srí Lanka / Indický oceán		1,117
PHA-P-16EE	Úhoř říční	ČR / Chlumeck nad Cidlinou		0,179
PHA-P-17MF	Mořský ďas	Dánsko / moře		0,242
PHA-P-18TU	Tuňák žlutoploutvý	Srí Lanka / Indický oceán		0,296
PHA-P-19PO	Treska tmavá (filety)	Norsko / Atlantský oceán		0,042
PHA-P-20TE	Lín obecný	ČR / Chlumeck nad Cidlinou	5, 6	0,018
PHA-P-21SA	Losos obecný (filety)	Norsko / chovná farma	4, 5	0,018
PHA-P-22TR	Pstruh duhový	ČR / Chlumeck nad Cidlinou	3	0,029
PHA-P-23C	Tresčí játra v konzervě	Norsko / Severovýchodní Atlantik		0,015
PHA-P-24TU	Tuňák v konzervě	Ekvádor / Tichý oceán		0,119
PHA-P-25C	Tresčí játra v konzervě	Island / Atlantský oceán		0,021
PHA-P-26S	Sardinky v konzervě	Polsko / Baltické moře		0,011
PHA-P-27AC	Treska (rybí prsty)	Tichý oceán		0,006
OBCH-1	Candát obecný	ČR / rybářství Líšno		0,081
<b>průměr</b>	Různé			<b>0,118 ± 0,217 (n = 28)</b>

*Tabulka 6: Koncentrace rtuti ve vzorcích vlasů odebraných lidem žijícím na území hlavního města Praha*

Označení vzorku	Koncentrace rtuti [mg/kg]
MUD-1	0,217
JIR-1	0,300
JEN-1	0,102
KAL-1	0,250
POD-1	0,121
KUK-1	0,507
SIROT-1	0,120
BRA-1	0,287
OZA-1	0,332
ZEL-1	0,146
<b>průměr</b>	<b>0,238 ± 0,126 (n = 10)</b>

## 5. Diskuse

### 5.1 Doporučené hodnoty a legislativní kritéria

Interpretace a význam naměřených koncentrací rtuti v rybách a lidských vlasech lze provést na základě srovnání s referenčními hodnotami. Referenční hodnoty sloužící k hodnocení kontaminace ryb jsou uvedeny v tabulce 7. V tabulce jsou uvedeny hodnoty pocházející z nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, a hodnoty doporučované jako referenční americkou Agenturou pro životní prostředí (US EPA). Uvedené nařízení Komise stanovilo hodnoty různých kontaminantů, po jejichž překročení se nesmí uvádět potraviny na společný evropský trh, tudíž nemohou být ani prodávány v českých obchodních sítích. Pro rtuť jsou nařízením stanoveny dvě hodnoty, z nichž první (0,5 mg/kg čerstvé hmotnosti) je určena pro většinu druhů ryb, a druhá méně přísná hodnota (1 mg/kg čerstvé hmotnosti) je určena pro vyjmenované druhy ryb, u kterých je předpokládána vyšší koncentrace rtuti, protože se nacházejí na vyšších trofických stupních potravního řetězce. Americká Agentura pro životní prostředí (US EPA) uvádí pouze doporučené hodnoty koncentraci rtuti pro konzumaci ryb. Doporučená hodnota pro konzumaci ryb vychází z doporučení maximálního denního příjmu, kterou US EPA stanovila na 0,1 µg methylrtuti/kg tělesné hmotnosti/den. Na základě průměrné konzumace ryb a hmotnosti obyvatel pak byla spočtena koncentrace rtuti v rybách, po jejímž překročení není jejich konzumace doporučena. Tuto hodnotu US EPA stanovila na 0,46 mg methylrtuti/kg čerstvé hmotnosti ryb. Po přepočtu na celkový obsah rtuti, kdy je předpokládáno, že methylrtuť představuje 90 % celkového obsahu rtuti v rybách, vychází maximální doporučený obsah rtuti v rybách na 0,51 mg/kg čerstvé hmotnosti.

Maximální doporučený obsah rtuti v rybách dle US EPA může být problematický v tom, že je počítán z průměrné hmotnosti obyvatel a jejich průměrné konzumace ryb. V populaci se nacházejí osoby, které mohou mít nižší hmotnost než průměrnou, nebo osoby, které konzumují ryby nadprůměrně. Pro tyto osoby by měla být maximální doporučená koncentrace rtuti v rybách nižší. Doporučení maximální koncentrace rtuti v rybách spočtené na základě maximálního doporučeného denního příjmu rtuti US EPA pro konzumenty o průměrné hmotnosti (70 kg) a nadprůměrné konzumaci ryb odpovídající jednomu rybímu pokrmu týdně (11,6 kg ryb ročně) je 0,22 mg methylrtuti/kg čerstvé hmotnosti.<sup>16</sup> Pro účely tzv. Fish Consumption Advisory se používá stejná hodnota 0,22 mg/kg čerstvé váhy pro celkový obsah rtuti v rybách jako limit pro konzumaci jednoho a více jídel z ryb týdně a předpokládá se, že celkový obsah rtuti v rybách se rovná anebo blíží obsahu methylrtuti.<sup>17</sup> Jde sice o určité zjednodušení, protože methylrtuť většinou představuje 90 % celkového obsahu rtuti v rybách, ale je to praxe používaná plošně v USA.

**Tabulka 7: Maximální přípustné úrovně EU a doporučení US EPA na obsah rtuti v rybách a mořských plodech.**

Potraviny	Maximální úroveň celkové rtuti (EU) nebo doporučená úroveň metylrtuti (US EPA) [mg/kg čerstvé hmotnosti]
EU: Produkty rybolovu a svalové maso ryb (kromě níže uvedených druhů) <sup>18</sup>	0,5
EU: Vybrané produkty rybolovu a svalovina ryb: <i>Lophius</i> spp., <i>Anarhichas lupus</i> , <i>Sarda sarda</i> , <i>Anguilla</i> spp., <i>Hoplostethus</i> spp., <i>Coryphaenoides rupestris</i> , <i>Hippoglossus hippoglossus</i> , <i>Genypterus capensis</i> , <i>Makaira</i> spp., <i>Lepidorhombus</i> spp., <i>Mullus</i> spp., <i>Genypterus blacodes</i> , <i>Esox ivipia</i> , <i>Orcynopsis jednobarevný</i> , <i>Trisopterus minutus</i> , <i>Centroscymnes coelolepis</i> , <i>Raja</i> spp., <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. iviparous</i> , <i>Istiophorus platypterus</i> , <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> , <i>Pagellus</i> spp., <i>Carcharodon</i> spp., <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> , <i>Acipenser</i> spp., <i>Xiphias gladius</i> , <i>Thunnus</i> , <i>Euthynnus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> . <sup>19</sup>	1,0
US EPA: Ryby <sup>20</sup>	0,46

Testování lidských vlasů na rtuť je dobrým indikátorem úrovně znečištění rtutí v různých geografických regionech a komunitách. Výsledky pro rtuť byly porovnány s doporučeními americká Agentura pro životní prostředí (US EPA)<sup>21</sup>, které stanoví dvě referenční hodnoty. První referenční hodnota 10 mg/kg představuje koncentraci, jejíž překročení je spojováno s nepříznivými účinky na zdraví dané osoby. Druhá referenční hodnota stanoví zdravotně významné hodnoty celkové rtuti pro ženy v reprodukčním věku na 1 mg/kg vlasu, s pozdějším doporučením snížení meze na 0,58 mg/kg vlasu.

## 5.2 Ryby odchycené ve vodních tělesech na území hlavního města Prahy

Mezi ryby s nejvyšším obsahem rtuti patřily vzorky cejna velkého odchyceného v Libni (L2-LIB-1), okouna říčního odchyceného v mrtvém rameni v Libni (LIB-1) a okouna říčního odchyceného v Klecánkách (KLEC-1-1B). Vyjmenované vzorky ryb s nejvyšším obsahem rtuti mají společně to, že tyto ryby byly odchyceny ve Vltavě. Dva z těchto uvedených vzorků jsou druhem okoun říční, který je současně jedinou dravou rybou, která byla během vzorkování odlovena. Dravé ryby z důvodu biomagnifikace v průběhu trofického řetězce akumulují vyšší koncentrace rtuti. Třetí vzorek s vyšším obsahem rtuti je druhem cejn velký. Ten je sice rybou všežravou, která se živí planktonem nebo bentosem, ale dva jedinci, kteří tvořili směsný vzorek L2-LIB-1, měli dle analýzy šupin věk 11 a 10 let. Nápadně vyšší věk ryb v tomto vzorku ve srovnání s rybami v ostatních vzorcích může být také příčinou vyšší koncentrace rtuti, protože tyto ryby mohly akumulovat ve svých tkáních rtuť v průběhu delšího času.

Z hlediska srovnání koncentrací celkové rtuti ve vzorcích ryb odchycených ve Vltavě a rybnících na území hlavního města Prahy s legislativními kritérii stanovenými nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 lze uzavřít, že všechny vzorky splňovaly kritéria, pro uvedení do obchodní sítě. Z hlediska srovnání vzorků odlovených ryb s doporučenými hodnotami pro konzumaci, které používá americká Agentura pro životní prostředí (US EPA), bylo zjištěno, že všechny vzorky odlovených ryb splňovaly kritéria US EPA. Pokud by jako srovnávací hodnota obsahu celkové rtuti byla použita koncentrace 0,22 mg/kg čerstvé hmotnosti ryby, která odpovídá maximálnímu doporučenému dennímu příjmu rtuti stanoveného US

EPA při četnosti konzumace ryb jednou týdně, byla by doporučená hodnota přesažena u dvou vzorků ryb odlovených na území hlavního města Prahy. Mezi tyto vzorky patří cejn velký (L2-LIB-1) a okoun říční (KLEC-1-1B). Z hlediska maximálního denního příjmu rtuti nelze doporučit konzumaci takovýchto ryb jednou týdně nebo častěji.

Potenciálními zdroji znečištění Vltavy v lokalitách Libeň a Klecany mohou být starší průmyslové provozy a s nimi spojené zátěže v případě Libně, případně poloha pod pražskou čistírnou odpadních vod v případě Klecan. Současně může svoji roli hrát již zmíněný věk ryb anebo fakt, že jak mrtvé rameno řeky, tak pomalejší tok Vltavy nad jezem vytvářejí příhodnější podmínky ke kumulaci rtuti v sedimentech a rovněž k procesu methylace rtuti.

Sledování koncentrace rtuti v rybách žijících ve vodních tocích a nádržích v České republice patří k běžným opatřením, která chrání obyvatele před nadměrným příjmem rtuti. Údaje o výskytu rtuti ve svalovině sladkovodních ryb jsou dostupné z mnoha míst světa. Skutečnost, že je potřeba monitorovat rtuť v rybách může demonstrovat případ vodní nádrže Skalka v Karlovarském kraji, kde se nacházejí ryby soustavně vykazující nejvyšší úroveň rtuti v České republice. V planktono-žravých rybách zde byla nalezena koncentrace 0,96 mg/kg čerstvé váhy a v dravých rybách až 3,41 mg/kg čerstvé váhy.<sup>22</sup> Důvodem takto vysokých koncentrací rtuti je přeshraniční znečištění z bývalé chemičky Chemische Fabrik Marktrechwitz v Německu, která vyráběla organické a anorganické sloučeniny rtuti. Případy vysoké kontaminace se nacházejí na mnoha místech. V tabulkách 9 a 10 jsou případy lokalit, kde se nacházejí vysoké koncentrace rtuti v dravých a nedravých rybách, přičemž tři lokality se nacházejí v České republice. V tabulce 8 jsou uvedena nepublikovaná data o obsahu rtuti ve vzorcích sladkovodních ryb odlovených v roce 2008 přičemž průměrná koncentrace rtuti je ve 37 prezentovaných vzorcích 0,215 mg/kg čerstvé váhy.

Při srovnání s průměrnou koncentrací rtuti v rybách odlovených ve vodních tělesech na území hlavního města Prahy (0,144 mg/kg čerstvé váhy) se jedná o vyšší hodnotu, což může být dáno tím, že vzorkování v minulosti probíhalo primárně na místech, kde bylo předpokládáno vyšší znečištění rtutí.

**Obrázek 4: Vzorkování (Foto: Martin Holzknicht)**





**Tabulka 8: Koncentrace rtuti v rybách vzorkovaných spolkem Arnika v roce 2008 (nepublikovaná data).**

Označení vzorků	Druh ryby	Lokalita	Vodní těleso	Věk ryby [let]	Obsah tuku [%]	Koncentrace rtuti [mg/kg čerstvé váhy]
RHG 002	Cejn velký	Obříství	Labe	5	2,2	0,280
D 005	Cejn velký	Děčín	Labe	7	2,2	0,150
P 003	Pstruh duhový	prodejní síť (rybníky Třeboňsko)	Rybníky Třeboňsko	1	3,6	0,045
D 001	Cejn velký	Děčín	Labe	7	4,3	0,034
RHG 003	Cejn velký	Obříství	Labe	6	3,1	0,550
P 002	Karas	prodejní síť (rybníky Třeboňsko)	Rybníky Třeboňsko	5	2,5	0,110
P 004	Pstruh duhový	prodejní síť (rybníky Třeboňsko)	Rybníky Třeboňsko	1	2,9	0,390
D 002	Cejn velký	Děčín	Labe	9	1,4	0,210
RHG 006	Cejn velký	Obříství	Labe	5	1,5	0,270
U 003	Plotice obecná	Ústí nad Labem	Labe	3	1,9	0,120
U 004	Hrouzek obecný	Ústí nad Labem	Labe	4	1,3	0,270
D 004	Plotice obecná	Děčín	Labe	9	2,3	0,076
D 003	Plotice obecná	Děčín	Labe	9	0,8	0,170
P 001	Kapr	prodejní síť (rybníky Třeboňsko)	Rybníky Třeboňsko	3	3,4	0,030
RHG 004	Cejn velký	Obříství	Labe	9	1,2	0,730
RHG 001	Cejn velký	Obříství	Labe	6	1,6	0,470
U 002	Plotice obecná	Ústí nad Labem	Labe	3	4,5	0,210
U 001	Plotice obecná	Ústí nad Labem	Labe	3	3,1	0,110
D 007	Okoun říční	Děčín	Labe	5	1,1	0,270
D 006	Plotice obecná	Děčín	Labe	6	1,2	0,120
RHG 007	Cejn velký	Mlékojedy	pískovna u Labe	?	1,0	0,140
UL 001	Jelec jesen	Ústí nad Labem	Labe	7+	9,5	0,290
UL 002	Jelec jesen	Ústí nad Labem	Labe	9+	12	0,220
UL 003	Cejn velký	Ústí nad Labem	Labe	7+	15,7	0,230
BIL 001	Cejn velký	Ústí nad Labem	Bílina	6+	3,3	0,210
BIL 002	Cejn velký	Ústí nad Labem	Bílina	5+	3,8	0,220
BIL 003	Cejn velký	Ústí nad Labem	Bílina	7+	3,8	0,130
BIL 004	Cejn velký	Ústí nad Labem	Bílina	6+	2,4	0,180
BIL 005	Cejn velký	Ústí nad Labem	Bílina	7+	1,1	0,078
OV001	Karas obecný	Ostrava	Odra	9+	1	0,200
OV002	Karas obecný	Ostrava	Odra	10+	1,6	0,090
OV004	Cejn velký	Ostrava	Odra	8+	2,9	0,330
OV005	Cejn velký	Ostrava	Odra	4+	2,4	0,490

OV006	Plotice obecná	Ostrava	Odra	5+	2,7	0,160
OV008	Pstruh obecný	Paskov	Ostravice	?	6,5	0,170
OV009	Jelec tloušť	Paskov	Ostravice	2+	2,5	0,140
OV010	Jelec tloušť	Paskov	Ostravice	2+	2,6	0,065
<b>Průměr</b>						<b>0,215 ± 0,151 (n = 37)</b>

**Tabulka 9: Průměrné koncentrace rtuti ve svalovině nedravých ryb na několika kontaminovaných lokalitách.**

Potencionální zdroj rtuti	Vodní těleso	Druh ryby	Průměrná koncentrace rtuti [mg/kg čerstvé váhy]	Zdroj
Spolana Neratovice	řeka Labe v Obříství	Cejn velký ( <i>Abramis brama</i> L.)	0,85 (n = 2)	23
Spolana Neratovice	řeka Labe v Obříství	Cejn velký ( <i>Abramis brama</i> L.)	0,98 (n = 6)	24
Spolechemie v Ústí nad Labem	řeka Labe v Hřensku	Cejn velký ( <i>Abramis brama</i> L.)	0,6 (n = 5)	25
Chemická továrna Marktrechwitz	vodní nádrž Skalka	Cejn velký ( <i>Abramis brama</i> L.)	0,96 (n = 8)	26
Fortischem v Novákách	řeka Nitra v Partizánském	Plotice obecná ( <i>Rutilus rutilus</i> )	1,9 (n = 8)	27
Oltchim v Râmnicu Vâlcea	vodní nádrž Babeni	Ouklej obecná ( <i>Alburnus alburnus</i> )	2,8 (n = 7)	28
Chemický komplex Pavlodar	jezero Balkyldak	Jelec bajkalský ( <i>Leuciscus baicalensis</i> )	1,31 (n = 7)	29
Karbid v Temirtau	vodní nádrž Intumak	Plotice obecná ( <i>Rutilus rutilus</i> )	0,63 (n = 2)	30
Fabrika PVC ve Vlora	záliv Vlora	Parmice nachová ( <i>Mullus barbatus</i> )	1,06 (n = 20)	31

**Tabulka 10: Průměrné koncentrace rtuti ve svalovině dravých ryb na několika kontaminovaných lokalitách.**

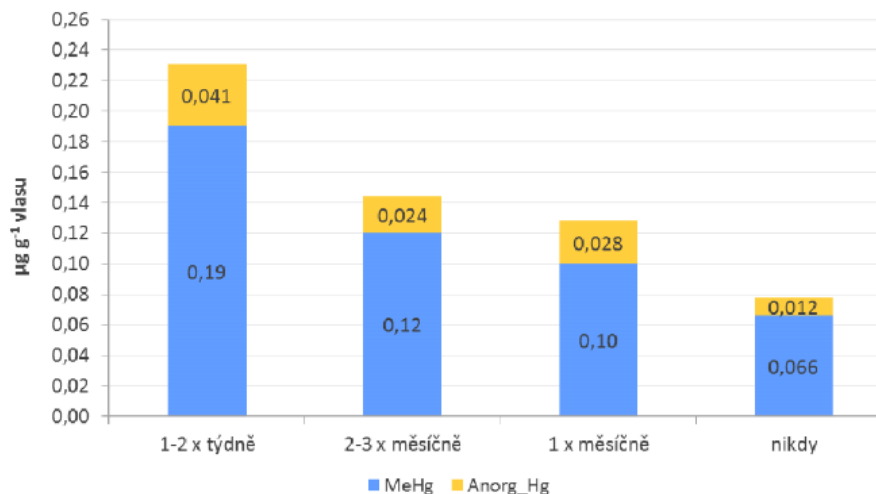
Potencionální zdroj rtuti	Vodní těleso	Druh ryby	Průměrná koncentrace rtuti [mg/kg čerstvé váhy]	Zdroj
Spolana Neratovice	řeka Labe v Obříství	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	1,5 (n = 2)	32
Spolana Neratovice	řeka Labe v Obříství	Štika obecná ( <i>Esox lucius</i> L.)	0,79 (n = 5)	33
Spolechemie v Ústí nad Labem	řeka Labe v Děčín	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	0,5 (n = 5)	34
Chemická továrna Marktrechwitz	vodní nádrž Skalka	Bolen dravý ( <i>Aspius aspius</i> )	3,41 (n = 4)	35
Fortischem v Novákách	řeka Nitra v Partizánském	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	2,73 (n = 6)	36
Oltchim v Râmnicu Vâlcea	vodní nádrž Babeni	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	1,6 (n = 4)	37
Chemický komplex Pavlodar	jezero Balkyldak	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	0,7 (n = 3)	38
Karbid v Temirtau	vodní nádrž Intumak	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	1,38 (n = 2)	39
JSC "Kaustik" ve Volgogradu	jezero Sarpa u Volgogradu	Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	0,47 (n = 10)	40

### 5.3 Ryby zakoupené v obchodní síti na území hlavního města Prahy

Nejvýznamnějším zdrojem expozice rtuťi pro běžnou populaci jsou zejména ryby a mořské plody. V české populaci byla zjištěna pozitivní korelace mezi koncentrací rtuťi ve vlasech a četností konzumace mořských ryb a dalších mořských produktů (obrázek 5). Z toho důvodu je sledování koncentrace rtuťi v mořských produktech a rybách jedním z nejdůležitějších faktorů při ochraně obyvatelstva před nežádoucími účinky rtuťi. Dokládají to také zjištěné výsledky, protože nejvyšší koncentrace rtuťi v rybách zakoupených v obchodní síti byly zjištěny v rybách mořských oproti rybám sladkovodním nebo rybám odloveným ve vodních tělesech na území hlavního města Prahy. Mezi ryby s nejvyšším obsahem rtuťi patřily vzorky mořských ryb: mečouna (PHA-P-15SW), tuňák (PHA-P-3TU, PHA-P-13TU, PHA-P-18TU) a mořského d'asa (PHA-P-17MF). Vyjmenované vzorky s vysokým obsahem celkové rtuťi představují současně také dravé ryby, které z důvodu biomagnifikace v průběhu trofického řetězce akumulují vyšší koncentrace některých toxických látek včetně rtuťi.

Z hlediska srovnání koncentrací celkové rtuťi ve vzorcích ryb zakoupených v obchodní síti na území hlavního města Prahy s legislativními kritérii stanovenými nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 lze vyhodnotit, že jeden ze 28 vzorků nesplňoval kritéria, pro uvedení do obchodní sítě. Jedná se o vzorek mečouna obecného (PHA-P-15SW), jeho obsah celkové rtuťi byl 1,117 mg/kg čerstvé hmotnosti, přičemž dle uvedeného nařízení Komise je povolena koncentrace celkové rtuťi v tomto druhu ryby 1 mg/kg čerstvé hmotnosti. Z hlediska srovnání vzorků ryb z obchodní sítě s doporučenými hodnotami pro konzumaci, které používá americká Agentura pro životní prostředí (US EPA), bylo dosaženo obdobného zjištění. Vzorek mečouna obecného (PHA-P-15SW) jako jediný ze 28 vzorků přesahoval maximální hodnotu rtuťi doporučenou US EPA pro konzumaci ryb, pokud by byl přepočítan metylrtuť na celkovou rtuť proveden dle postupu uvedeného v části 5.1 *Doporučené hodnoty a legislativní kritéria*. Pokud by jako srovnávací hodnota obsahu celkové rtuťi byla použita koncentrace 0,22 mg/kg čerstvé hmotnosti ryby, která odpovídá maximálnímu doporučenému dennímu příjmu rtuťi při četnosti konzumace ryb jednou týdně, byla by doporučená hodnota přesažena u pěti vzorků ryb zakoupených v obchodní síti na území hlavního města Prahy. Mezi tyto vzorky patří dravé mořské ryby mečoun (PHA-P-15SW), tuňák (PHA-P-3TU, PHA-P-13TU, PHA-P-18TU) a mořský d'as (PHA-P-17MF). Příliš častou konzumací, jednou týdně a častěji, ryb s takto vysokou koncentrací rtuťi nelze doporučit z hlediska hodnot maximálního denního příjmu rtuťi.

Obrázek 5: Hodnoty obsahu rtuťi ve vlasech ve vztahu k četnosti konzumace mořských ryb<sup>41</sup>

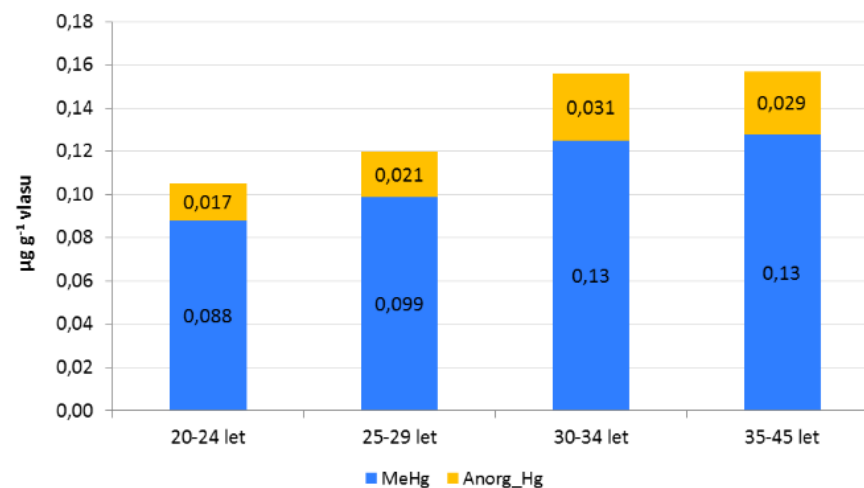


Průměrná koncentrace rtuti v rybách zakoupených v obchodní síti (0,118 mg/kg čerstvé váhy) zjištěná v našem průzkumu byla vyšší než jiný obdobný průzkum ryb zakoupených v obchodní síti v České republice v roce 2013. V tomto průzkumu se rozpětí hodnot obsahu celkové rtuti ve 31 vzorcích mořských ryb zakoupených v obchodní síti pohyboval od 0,0101 do 0,2030 mg/kg čerstvé hmotnosti. Nejvyšší obsah celkové rtuti uvedeného průzkumu byl u vzorku tuňáka v olivovém oleji, což koresponduje s našimi nálezy, kde byly nejvyšší hodnoty zjištěny v dravých rybách. Průměrný obsah celkové rtuti ve všech analyzovaných vzorcích uvedeného průzkumu byl 0,0997 mg/kg čerstvé hmotnosti.<sup>42</sup> Ačkoliv ani jeden z průzkumů nelze označit za statisticky rozsáhlý, jejich srovnání naznačuje, že se situace ohledně koncentrace rtuti v rybách v krátkodobém hledisku nelepší.

#### 5.4 Vlasy odebrané lidem žijícím na území hlavního města Prahy

Koncentrace rtuti byly studovány kvůli jejich účinkům na lidské zdraví, zejména na lidi žijící v blízkosti zdrojů rtuti, jako jsou uhelné elektrárny, spalovny odpadu, doly na dobývání zlata, kovové hutě a další průmyslová zařízení. Obsah rtuti ve vlasech vypovídá především o zátěži organismu organickou formou rtuti. Výsledky analýzy methylrtuti ve vlasech je možno užít například k retrospektivnímu odhadu expozice matky během těhotenství.<sup>43</sup> Koncentrace rtuti v lidských vlasech pozitivně korelují s věkem (obrázek 6), což bývá vysvětlováno tím, že v tělech starších jedinců je akumulována rtuť po delší dobu a tudíž ve vyšším věku dosahuje vyšších koncentrací. V naší sadě vzorků podobná korelace nebyla pozorována, což může být z důvodu limitovaného množství vzorků, kdy se pozorovaná závislost pouze nemusela projevit. Jako významný expoziční zdroj rtuti je konzumace ryb, kdy osoby konzumující ryby častěji, mají vyšší hodnoty rtuti ve vlasech než osoby, které ryby nekonzumují vůbec nebo jen zřídka.<sup>44</sup> Všichni dárči vzorků lidských vlasů z území hlavního města Praha konzumují ryby, z nich polovina konzumuje ryby minimálně jednou a vícekrát týdně, což je pro českou populaci nadprůměrná míra.

**Obrázek 6:** Hodnoty obsahu rtuti ve vlasech ve věkových skupinách<sup>45</sup>



Výsledky koncentrace rtuti ve vlasech lidí žijících na území hlavního města Prahy byly porovnány s doporučeními americké Agentury pro životní prostředí (US EPA): referenční hodnota pro ženy v plodném věku a referenční hodnota, jejíž překročení může být spojeno s nepříznivými účinky na zdraví. Všechny vzorky vlasů odebraných lidem žijícím v hlavním městě Praha splňovaly oba doporučující limity pro rtuť americké Agentury pro životní prostředí (US EPA).

Státní zdravotní ústav provedl v roce 2014 analýzu výskytu rtuti ve vlasech 181 matek žijících v několika velkých městech České republiky včetně Prahy. Medián v rámci celé sledované populace byl pro celkovou rtuť 0,13 mg/kg.<sup>46</sup> Námi zjištěná průměrná koncentrace rtuti ve vzorcích lidských vlasů (0,238 mg/kg) byla dvakrát vyšší, což může být způsobeno také tím, že vzorky vlasů z dalších měst České republiky významně snížily střední hodnotu, což koresponduje také s daty z obrázku 1, kde je koncentrace rtuti ve vlasech obyvatel Prahy nejvyšší ze sledovaných měst. Jiná studie se zaměřila na srovnání koncentrace rtuti ve vlasech stomatologických pracovníků a běžné neexponované populace České republiky. Průměrná koncentrace celkové rtuti ve vlasech stomatologických pracovníků byla 0,373 mg/kg vlasů, v rozsahu 0,201–0,683 mg/kg. V neexponované populaci pak průměrná hodnota dosahovala 0,180 mg/kg, v rozsahu 0,016–0,697 mg/kg.<sup>47</sup> Námi zjištěná průměrná koncentrace rtuti ve vzorcích lidských vlasů (0,238 mg/kg) byla o něco vyšší než u běžné neexponované populace z uvedené studie, ale nižší než ta, která se nacházela ve vlasech stomatologických pracovníků.

## 5.5 Potencionální zdroje rtuti

Rtuť je přítomná také v životním prostředí Prahy, kde se nachází několik významnějších zdrojů. Některé zdroje můžeme označit jako disperzní, kam lze řadit používání rtuti v zubních ordinacích, dosluhující lékařské přístroje, domácí spalování uhlí a výskyt rtuti v odpadech a spotřebních věcech. Mezi velké bodové zdroje rtuti patří dle Integrovaného registru znečišťování tři provozy: závod společnosti Českomoravský cement, a.s. v Radotíně, spalovna Malešice a Ústřední čistírna odpadních vod v Praze. Přenosy do různých složek životního prostředí z těchto tří zdrojů rtuti za rok 2017 jsou uvedeny v tabulce 11. Z Ústřední čistírny odpadních vod v Praze odchází rtuť jak v přečištěné odpadní vodě vypouštěné do Vltavy, tak ve vyhníleém odvodněném kalu. Koncentrace obsahu rtuti ve vyhníleém odvodněném kalu z Ústřední čistírny odpadních vod v Praze v letech 2008–2017 je uvedena v tabulce 12.

**Tabulka 11: Úniky a přenosy rtuti ze zdrojů znečišťování dle Integrovaného registru znečišťování za rok 2017<sup>48</sup>**

Organizace - provozovna	Úniky do ovzduší [kg/rok]	Úniky do vody [kg/rok]	Úniky do půdy [kg/rok]	Přenosy v odpadních vodách [kg/rok]	Přenosy v odpadech [kg/rok]
Českomoravský cement, a.s. - závod Radotín	21,51	0	0	0	0
Pražské služby, a.s. - Spalovna Malešice	0	0	0	0	163
Pražské vodovody a kanalizace, a.s. - Ústřední čistírna odpadních vod Praha	0	10,96	0	0	38,41

**Tabulka 12: Obsah rtuti ve vyhníleém odvodněném kalu z ÚČOV Praha v letech 2008–2017.<sup>49</sup>**

rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
rtuť [mg/kg sušiny kalu]	3,9	39,7	5,4	2,6	2,8	2,8	2,1	1,9	2,0	1,9

Největším zdrojem rtuti je v České republice spalování hnědého uhlí při výrobě elektrické energie a při lokálním vytápění. V Evropské unii zaujímá Česká republika čtvrté místo v množství emisí rtuti. Studie Evropské agentury pro životní prostředí tvrdí, že díky novým evropským limitům pro znečištění z velkých stacionárních zdrojů znečištění mohou klesnout emise z elektráren v Evropské unii z 15,5 tuny ročně na méně než 9 tun po roce 2021, kdy mají být limity splněny.<sup>50</sup> Ve středočeském kraji a jeho sousedství se nachází několik velkých uhelných elektráren (Mělník, Kladno, Chvaletice) a tepláren, které mohou být potenciálním zdrojem rtuti také pro území Prahy. K velkým zdrojům rtuti patřila rovněž Spolana Neratovice, která rtuť používala při výrobě chlóru. Významným potenciálním zdrojem rtuti je také spalování uhlí v lokálních topeništích na území hlavního města Prahy. Z tohoto hlediska lze pozitivně vnímat především novou vyhlášku hlavního města Prahy, která zakazuje od 1. října 2020 topit uhlím, uhelnými briketami a koksem v kamnech a kotlích, které nedosahují emisních parametrů 3. emisní třídy. Vliv na znečištění Vltavy rtutí mohou mít i staré ekologické zátěže, použití čistírenských kalů na zemědělské půdě či potenciální úniky do odpadních vod ze zdravotnických zařízení.

Zvýšená zátěž obyvatel Prahy rtutí se může vyskytnout při vyšší míře konzumace dravých, převážně mořských ryb. K té však u většiny populace obyvatel v Praze nedochází. Jejich zátěž je důsledkem globálního znečištění atmosféry a vod rtutí a její následnou kumulaci v oceánech. Nárůst emisí rtuti ve východních částech Asie se tak například již dnes projevuje v nárůstu rtuti v rybách ze severního Tichého oceánu.<sup>51</sup> To podtrhuje nutnost přísnější regulace elektráren a dalších zdrojů spalujících uhlí. Pokud se takové opatření podaří celosvětově, projeví se to zpětně i ve snížení rizika konzumace ryb z obchodní sítě, mimo jiné i v Praze.

## 6. Závěr

Tři vzorky odlovených ryb s nejvyšším obsahem rtuti pocházejí z Vltavy a jedná se o okouny říční a cejna velkého. Při srovnání koncentrací celkové rtuti ve vzorcích odlovených ryb s legislativními kritérii EU splnily všechny vzorky kritéria pro uvedení na trh. Všechny vzorky odlovených ryb splňovaly maximální doporučené koncentrace rtuti US EPA pro konzumaci.

Pokud byla jako srovnávací hodnota obsahu celkové rtuti použita koncentrace 0,22 mg/kg čerstvé hmotnosti ryby, která odpovídá maximálnímu doporučenému dennímu příjmu rtuti při četnosti konzumace ryb jednou týdně, byla doporučená hodnota přesažena u dvou vzorků ryb.

**Obrázek 7: Vzorek PHA-P-21SA 1-2 (Foto: Martin Holzknicht)**



Nápadně vyšší obsah celkové rtuti ze vzorků ryb zakoupených v obchodní síti na území hlavního města mělo pět vzorků. Jednalo se o druhy: mečoun obecný, tuňák žlutoploutvý a mořský ďas, což jsou všechno ryby mořské a dravé. Při srovnání koncentrací celkové rtuti ve vzorcích ryb zakoupených v obchodní síti s legislativními kritérii EU nesplnil kritéria pro uvedení na trh jeden vzorek. Jedná se o vzorek mečouna obecného, jeho obsah celkové rtuti byl 1,117 mg/kg čerstvé hmotnosti, přičemž dle uvedeného nařízení Komise je povolený koncentrace celkové rtuti v tomto druhu ryby 1 mg/kg čerstvé hmotnosti. Při srovnání vzorků ryb z obchodní sítě s doporučenými hodnotami pro konzumaci US EPA by kritérium nesplnil také vzorek mečouna obecného. Pokud by jako srovnávací hodnota obsahu celkové rtuti byla použita koncentrace 0,22 mg/kg čerstvé hmotnosti ryby, která odpovídá maximálnímu doporučenému dennímu příjmu rtuti při četnosti konzumace ryb jednou týdně, byla by doporučená hodnota přesažena u pěti vzorků ryb.

Výsledky koncentrace rtuti ve vlasech lidí žijících na území hlavního města Prahy byly porovnány s doporučeními US EPA: referenční hodnota pro ženy v plodném věku a referenční hodnota, jejíž překročení může být spojeno s nepříznivými účinky na zdraví. Všechny vzorky vlasů odebraných lidem žijícím v hlavním městě Praha splňovaly oba doporučující limity pro rtuť.

V hlavním městě se nachází několik významnějších zdrojů rtuti. Mezi disperzní se řadí používání rtuti v zubních ordinacích, dosluhující lékařské přístroje, domácí spalování uhlí a výskyt rtuti v odpadech a spotřebním zboží. Mezi velké bodové zdroje rtuti patří tři provozy: závod společnosti Českomoravský cement, a.s. v Radotíně, spalovna Malešice a Ústřední čistírna odpadních vod v Praze. Největším zdrojem rtuti je v České republice spalování hnědého uhlí při výrobě elektrické energie a při lokálním vytápění.

## 7. Literatura

<sup>1</sup> Lavoie R.A., Jardine T.D., Chumchal M.M., Kidd K.A., Campbell L.M. (2013): Biomagnification of Mercury in Aquatic Food Webs: A Worldwide Meta-Analysis. *Environmental Science & Technology* 47 (23), 13385-13394.

<sup>2</sup> Pierce C. (2017): Mercury; water. [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na: [https://people.uwec.edu/piercech/Hg/mercury\\_water/sources.htm](https://people.uwec.edu/piercech/Hg/mercury_water/sources.htm).

<sup>3</sup> WHO (2008): Children's Health and the Environment – Mercury. WHO Training Package for the Health Sector. World Health Organization. p. 68.

<sup>4</sup> US EPA. IRIS Methylmercury Chemical Assessment Summary [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na: [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance\\_nmbr=73](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=73).

<sup>5</sup> Trasande L., DiGangi J., Evers D.C., Petrlik J., Buck D.G., Šamánek J., Beeler B., Turnquist M.A., Regan K. (2016): Economic implications of mercury exposure in the context of the global mercury treaty: Hair mercury levels and estimated lost economic productivity in selected developing countries. *Journal of Environmental Management*, 183, Part 1: p. 229-235.

<sup>6</sup> Kraus F. (2018): Znečištění pražských vodních toků a vodních ploch těžkými kovy, Arnika - program Toxické látky a odpady.

<sup>7</sup> Kraus F. (2018): Znečištění pražských vodních toků a vodních ploch těžkými kovy, Arnika - program Toxické látky a odpady.

<sup>8</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2013): Obsah rtuti v krvi a moči. [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Inform\\_list\\_rtut\\_13.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Inform_list_rtut_13.pdf)

<sup>9</sup> Tuček M. (2006): Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám. *České pracovní lékařství* 1.

- 
- <sup>10</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2013): Obsah rtuti v krvi a moči. [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Inform\\_list\\_rtut\\_13.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Inform_list_rtut_13.pdf)
- <sup>11</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2013): Obsah rtuti v krvi a moči. [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Inform\\_list\\_rtut\\_13.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Inform_list_rtut_13.pdf)
- <sup>12</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring). Odborná zpráva za rok 2014.
- <sup>13</sup> Český statistický úřad (2010): Statistická ročenka hl. m. Prahy 2009.
- <sup>14</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring). Odborná zpráva za rok 2014.
- <sup>15</sup> Český statistický úřad (2010): Statistická ročenka hl. m. Prahy 2009.
- <sup>16</sup> A Protocol for Mercury-based Fish Consumption Advice [online] [cit. 2019-11-04]. Dostupné na: [https://www.in.gov/isdh/files/Mercury\\_Protocol.pdf](https://www.in.gov/isdh/files/Mercury_Protocol.pdf)
- <sup>17</sup> Great Lakes Fish Advisory Workgroup (2007): A Protocol for Mercury-based Fish Consumption Advice. An addendum to the 1993 “Protocol for a Uniform Great Lakes Sport Fish Consumption Advisory” May 2007; 30.
- <sup>18</sup> Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.
- <sup>19</sup> Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.
- <sup>20</sup> US EPA. Fish Advice: Technical Information. [online] [cit. 2019-11-04]. Dostupné na: <https://www.epa.gov/fish-tech/epa-fda-fish-advice-technical-information>
- <sup>21</sup> US EPA. Chemicals and Toxics Topics [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na: <https://www.epa.gov/environmental-topics/chemicals-and-toxics-topics>
- <sup>22</sup> Maršálek P., Svobodová Z., Randák T., Švehla J. (2005): Mercury and Methyl-mercury Contamination of Fish from the Skalka Reservoir: A Case Study. *Acta Veterinaria Brno* 74: 427-434.
- <sup>23</sup> Žlábek V., Svobodová Z., Randák T., Valentová O. (2005): Mercury content in the muscle of fish from the Elbe River and its tributaries. *Czech Journal of Animal Science* 50 (11): 528–534.
- <sup>24</sup> Musil, J., et al. (2015). Provedení analýzy svaloviny ryb, včetně jejich odlovu z řeky Labe a pískovny Mlékojedy. Závěrečná zpráva, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Praha: 54.
- <sup>25</sup> Žlábek V., Svobodová Z., Randák T., Valentová O. (2005): Mercury content in the muscle of fish from the Elbe River and its tributaries. *Czech Journal of Animal Science* 50 (11): 528–534.
- <sup>26</sup> Maršálek P., Svobodová Z., Randák T., Švehla J. (2005): Mercury and Methyl-mercury Contamination of Fish from the Skalka Reservoir: A Case Study. *Acta Veterinaria Brno* 74: 427-434.
- <sup>27</sup> Andreji J., Stránai I., Massányi P., Valent M. (2005): Concentration of Selected Metals in Muscle of Various Fish Species. *Journal of Environmental Science and Health* 40: 899–912.



---

<sup>28</sup> Bravo A.G., Loizeau J.-L., Bouchet S., Richard A., Rubin J. F., Ungureanu V.-G., Amouroux D., Dominik J. (2010): Mercury human exposure through fish consumption in a reservoir contaminated by a chlor-alkali plant: Babeni reservoir (Romania). *Environmental Science and Pollution Research* 17: 1422–1432.

<sup>29</sup> Ullrich S.M., Ilyushchenko M.A., Tanton T.W., Uskov G.A. (2007): Mercury contamination in the vicinity of a derelict chlor-alkali plant Part II: Contamination of the aquatic and terrestrial food chain and potential risks to the local population. *Science of the Total Environment* 381: 290–306.

<sup>30</sup> Šír M. (2015): Results of environmental sampling in Kazakhstan: mercury, methylmercury, PCBs and OCPs contamination of the River Nura (Final report). Contaminated sites and their management. Case studies: Kazakhstan and Armenia. J. Petrлік. Prague-Karaganda, Arnika - Toxics and Waste Programme.

<sup>31</sup> Corsi I., Tabaku A., Nuro A., Beqiraj S., Marku E., Perra G., Tafaj L., Baroni D., Bocari D., Guerranti C., Çullaj A., Mariottini M., Shundi L., Volpi V., Zucchi S., Pastore A.M., Iacocca A., Trisciani A., Graziosi M., Piccinetti M., Benincasa T., Focardi S. (2011): Ecotoxicological assessment of Vlora Bay (Albania) by a biomonitoring study using an integrated approach of sublethal toxicological effects and contaminant levels in bioindicator species. In: Tursi A., Corselli C. (eds.): Coastal Research in Albania: Vlora Gulf, *Journal of Coastal Research Special Issue* No. 58: 116–120.

<sup>32</sup> Žlábek V., Svobodová Z., Randák T., Valentová O. (2005): Mercury content in the muscle of fish from the Elbe River and its tributaries. *Czech Journal of Animal Science* 50 (11): 528–534.

<sup>33</sup> Musil, J., et al. (2015). Provedení analýzy svaloviny ryb, včetně jejich odlovu z řeky Labe a pískovny Mlékojedy. Závěrečná zpráva, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Praha: 54.

<sup>34</sup> Žlábek V., Svobodová Z., Randák T., Valentová O. (2005): Mercury content in the muscle of fish from the Elbe River and its tributaries. *Czech Journal of Animal Science* 50 (11): 528–534.

<sup>35</sup> Maršálek P., Svobodová Z., Randák T., Švehla J. (2005): Mercury and Methyl-mercury Contamination of Fish from the Skalka Reservoir: A Case Study. *Acta Veterinaria Brno* 74: 427-434.

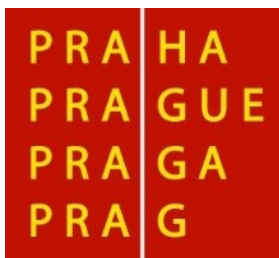
<sup>36</sup> Andreji J., Stránai I., Massányi P., Valent M. (2005): Concentration of Selected Metals in Muscle of Various Fish Species. *Journal of Environmental Science and Health* 40: 899–912.

<sup>37</sup> Bravo A.G., Loizeau J.-L., Bouchet S., Richard A., Rubin J. F., Ungureanu V.-G., Amouroux D., Dominik J. (2010): Mercury human exposure through fish consumption in a reservoir contaminated by a chlor-alkali plant: Babeni reservoir (Romania). *Environmental Science and Pollution Research* 17: 1422–1432.

<sup>38</sup> Ullrich S.M., Ilyushchenko M.A., Tanton T.W., Uskov G.A. (2007): Mercury contamination in the vicinity of a derelict chlor-alkali plant Part II: Contamination of the aquatic and terrestrial food chain and potential risks to the local population. *Science of the Total Environment* 381: 290–306.

<sup>39</sup> Šír M. (2015): Results of environmental sampling in Kazakhstan: mercury, methylmercury, PCBs and OCPs contamination of the River Nura (Final report). Contaminated sites and their management. Case studies: Kazakhstan and Armenia. J. Petrлік. Prague-Karaganda, Arnika - Toxics and Waste Programme.

- 
- <sup>40</sup> Petrlík, J., et al. (2013). Chlor-alkali plant: “Kaustik” plant in Volgograd, Mercury Hot Spot in Russia. Moscow, Prague, Arnika - Toxics and Waster Programme and IPEN: 8.
- <sup>41</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring). Odborná zpráva za rok 2014.
- <sup>42</sup> Najbrtová V. (2013): Obsah rtuti v konzervách mořských ryb z obchodních řetězců v ČR. Diplomová práce, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně.
- <sup>43</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí – biologický monitoring, SZÚ Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva.
- <sup>44</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí – biologický monitoring, SZÚ Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva.
- <sup>45</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring). Odborná zpráva za rok 2014.
- <sup>46</sup> Státní zdravotní ústav Praha (2015): Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí – biologický monitoring, SZÚ Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva.
- <sup>47</sup> Arnika - Toxické látky a odpady (2012): Průzkum expozice rtutí u pracovníků ve stomatologii. Arnika – Toxické látky a odpady, říjen 2012.
- <sup>48</sup> Integrovaný registr znečištění životního prostředí. [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na <https://portal.cenia.cz/irz/index.jsp?rokUnikyPrenosy=2017>
- <sup>49</sup> Hlavní město Praha (2018): Statistická ročenka hl. m. Prahy 2017, B2 Voda.
- <sup>50</sup> European Environmental Agency (2018): Mercury in Europe’s environment. EEA Report No 11/2018. [online] [cit. 2019-11-10]. Dostupné na <https://www.eea.europa.eu/publications/mercury-in-europe-s-environment>
- <sup>51</sup> Buck, D. G., et al. (2019): A global-scale assessment of fish mercury concentrations and the identification of biological hotspots. Science of The Total Environment.



Publikace vznikla za finanční podpory hlavního města Prahy.  
Nemusí vyjadřovat stanoviska dárců.