



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

## POSUDEK OPONENTA HABILITAČNÍ PRÁCE

<b>Uchazeč</b>	<b>Ing. Kateřina Grabicová, Ph.D.</b>
<b>Habilitační práce</b>	Vliv komunálního znečištění na vodní organismy se zaměřením na bioakumulaci a metabolom
<b>Oponent</b>	doc. Mgr. Klára Hilscherová, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta, instituce</b>	RECETOX, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita

Předložená habilitační práce shrnuje výsledky vědecké práce uchazečky zaměřené na problematiku kontaminace akvatického prostředí farmaky a jejich směsmi, zejména jejich bioakumulace v organismech z různých trofických úrovní, a ovlivnění metabolomu ryb během odběru či vlivem expozice. Zvolená tematika habilitační práce a obecně zaměření vědecké práce Ing. Kateřiny Grabicové, Ph.D. a jejich spolupracovníků je v současné době vysoce aktuální a významné pro rozvoj oboru, a to jak po stránce vědecké, tak praktické s ohledem na stále přetrvávající problémy se znečišťováním akvatického prostředí farmaky a dalšími mikropolutanty. Toto důležité téma je aktuálně centrem zájmu nových regulačních opatření v Evropské Unii, s cílem významného snížení této kontaminace do budoucna.

Práce je kvalitně zpracována jako souhrn problematiky, realizovaných výzkumů a získaných poznatků a jejich diskuse na základě 10 impaktovaných publikací. U sedmi z nich je habilitantka první autorkou a u dvou figuruje na druhém místě. Studie byly publikovány v rozmezí let 2017 - 2025 v prestižních mezinárodních odborných časopisech (9 z nich Q1), kde prošly úspěšným oponentním řízením. Úroveň všech publikací je vysoká, vždy obsahují úvod se shrnutím současného stavu poznání a přinášejí a diskutují řadu důležitých nových výsledků. Hlavní nové poznatky a výstupy výzkumu jsou prezentovány a propojeny do uceleného textu v rámci habilitační práce. Důležitým přínosem bylo vytvoření efektivní citlivé analytické metody pro stanovení širokého spektra léčiv v různých tkáních a reprezentativního přístupu vzorkování pro tyto analýzy, které byly využívány v řadě navazujících studií. Části zaměřené na správné reprezentativní vzorkování rybí plazmy a možné změny koncentrací farmak i metabolomu při různých postupech považují za obzvláště přínosné a důležité, neboť jak autorka zdůrazňuje, pokud je vzorek špatně odebrán, ani sebelepší analytická metoda neumožní získat správné výsledky.

Velká část zahrnutých studií se zaměřuje na bioakumulaci léčiv ve vodních živočiších na různých úrovních potravního řetězce, zástupců různých skupin bezobratlých živočichů a ryb. Zahrnuté studie reprezentují různé expoziční scénáře. Součástí jsou laboratorní, mezokosmové a terénní studie, s expozicí vybrané psychoaktivní látky či směsi farmak, odpadní vodě, i výzkum organismů vzorkovaných v různých povrchových vodách v ČR. Část týkající se terénních výzkumů byla zaměřena na bioakumulaci farmak z vyčištěné odpadní vody a ve vzorcích bioty odebraných z tekoucích i stojatých vod ovlivněných komunálním znečištěním. Studie přinesly řadu unikátních výsledků ohledně akumulace širokého spektra farmak v bezobratlých živočiších a rybách, včetně charakterizace reálných vzorků z 10 řek napříč Českou republikou, a poukázaly na vyšší míru akumulace některých farmak v bezobratlých živočiších. Tři studie charakterizovaly specificky akumulaci psychoaktivních farmak v různých orgánech ryb. Poslední dvě studie pak charakterizují ovlivnění metabolomu ryb různými přístupy vzorkování a také po expozici



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

environmentálním koncentracím metamfetaminu, kde změny v metabolomu mozku provázely účinky na chování ryb indikující vznik závislosti.

Závěry shrnují významný přínos vyvinutých metodik a dosažených výsledků pro vědní obor a jeho další výzkum. Aktuálnost studií a význam pro mezinárodní výzkum demonstruje množství citací i u relativně nedávno publikovaných článků. Habilitantka také uvádí, jakým způsobem se aktuální studovaná témata a dosažené výsledky odrážejí v jejich výukových aktivitách a jak jsou přímo využívány pro praxi. Vyvinutá validovaná metoda byla mimo jiné přímo využita v rámci rozsáhlého screeningu nových polutantů v různých složkách životního prostředí.

Celkově jsou uvedené výsledky velmi cenné pro vědní obor i pro praktické využití a dokumentují široký záběr habilitantky v problematice. Autorka se problematice mikropolutantů v akvatických ekosystémech věnuje dlouhodobě, kdy v rámci svého výzkumu a řešení různých vědeckých projektů získala výsledky významné z metodologického i teoretického hlediska. Na základě předložené práce lze konstatovat, že autorka je v dané problematice velmi dobře zorientována a patří ke špičkovým odborníkům v oblasti hodnocení kontaminace akvatického prostředí toxickými polutanty.


#### Dotazy oponenta k obhajobě habilitační práce

1. Studie poukazují na selektivní akumulaci některých farmak pouze v některých druzích bezobratlých živočichů. Čím mohou být dle Vás tyto rozdíly zejména způsobeny?
2. Na str.24 v habilitaci uvádíte, že pasivní vzorkovače se nezdají být vhodnou náhradou vodních živočichů z hlediska výskytu cizorodých látek v biotě. Týká se toto konkrétně psychofarmak a vzorkovačů POCIS na které se zaměřovala Vaše studie? Mohla byste prosím toto tvrzení upřesnit i směrem k jiným typům pasivních vzorkovačů a jiným typům látek?
3. V práci se opakovaně hovoří o metabolomu a exposomu v rybách. Mohla byste podrobněji vysvětlit vztah exposomu a metabolomu? Není metabolom v širším kontextu součástí interního exposomu?
4. Jaké další důležité faktory v akvatickém prostředí než polutanty mohou mít vliv na metabolom v různých tkáních ryb? Jakým způsobem by bylo možné odlišit vliv polutantů a jiných typů stresorů?

#### Závěr

Na základě podrobného prostudování mohu jednoznačně konstatovat, že předložená habilitační práce je přehledným a kvalitním dílem a svědčí o vysoké erudici habilitantky. Použité vědecké publikace jsou originální a aktuální. Habilitační práce Ing. Kateřiny Grabicové s názvem Vliv komunálního znečištění na vodní organismy se zaměřením na bioakumulaci a metabolom **splňuje** požadavky standardně kladené na habilitační práce v oboru Rybnářství. Habilitační práci doporučuji k obhajobě a po úspěšné obhajobě doporučuji udělení vědecko – pedagogického titulu docent.

V Brně dne 6.10.202

  
podpis oponenta



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

## POSUDEK OPONENTA HABILITAČNÍ PRÁCE

<b>Uchazeč</b>	<b>Ing. Kateřina Grabicová, Ph.D.</b>
<b>Habilitační práce</b>	Vliv komunálního znečištění na vodní organismy se zaměřením na bioakumulaci a metabolom
<b>Oponent</b>	doc. Ing. Hana Kocour Kroupová, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta, instituce</b>	Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrana vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Laboratoř vodní toxikologie a ichtyopatologie

### Komentář k habilitační práci

#### *Struktura habilitační práce*

Habilitační práce byla předložena ve formě komentovaného souhrnu publikovaných vědeckých studií. Jedná se o soubor deseti publikací, které byly zveřejněny v prestižních recenzovaných mezinárodních časopisech s impakt faktorem. Předložená habilitační práce byla vypracována v českém jazyce a její celkový rozsah činí 155 stran včetně příloh. Samotný odborný text habilitační práce, včetně citací, je rozpracován na 51 stranách.

#### *Aktuálnost a originalita výsledků*

Habilitační práce se věnuje důležitému tématu – monitoringu komunálního znečištění a jeho vlivu na vodní organismy. Největší pozornost je zaměřena na rezidua léčiv, která představují jednu z klíčových složek komunálního znečištění. Práce se konkrétně zaměřila na vývoj extrakční a analytické metody pro analýzu léčiv a jejich metabolitů ve vzorcích bioty. Tyto metody byly následně aplikovány při studiu bioakumulace léčiv ve vodních organismech. Součástí výzkumu byl také cílený screening metabolomu a expozomu ve vzorcích ryb vystavených mikropolutantům přítomným ve vyčištěných odpadních vodách (za laboratorních i reálných podmínek). Téma je mimořádně aktuální zejména v kontextu nové směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3019 o čištění městských odpadních vod.

Jak již bylo uvedeno, výsledky tohoto výzkumu byly publikovány ve formě deseti vědeckých článků. Devět z nich vyšlo v časopisech zařazených do prvního kvartilu (Q1) dle citovanosti v příslušném oboru, což potvrzuje vysokou kvalitu a originalitu prezentovaných dat. U šesti publikací je uchazečka uvedena jako první autorka, což dokládá její výrazný autorský podíl, samostatnost a vůdčí roli při řešení odborných témat. Publikované studie vzbudily značný ohlas odborné veřejnosti, některé z nich byly během krátké doby citovány desítkami dalších prací. Za pozornost stojí zejména článek Grabicová et al. (2017), který byl podle databáze Web of Science dosud citován již 171krát.



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

#### *Využití výsledů ve výuce*

Výsledky habilitační práce mají nejen výrazný vědecký dopad, ale byly také prakticky využity ve výuce dvou předmětů na Fakultě rybnářství a ochrany vod Jihočeské univerzity. Na získání dat se aktivně podíleli studenti bakalářského a doktorského studia FROV JU, čímž práce přispěla k rozvoji jejich odborných kompetencí. Za zmínku stojí také popularizační aktivity autorky, která se věnuje přibližování témat týkajících se komunálního znečištění povrchových vod středoškolským studentům a tím je motivuje k zájmu o přírodovědné obory.

#### *Využití výsledků v praxi*

Za mimořádně přínosné lze považovat, že vyvinutá metoda pro analýzu širokého spektra léčiv v biologických vzorcích, popsána v této habilitační práci, našla uplatnění i v praxi. Byla například využita v rámci kontrahovaného výzkumu pro Norský úřad pro životní prostředí (NEA). Výsledky získané v rámci této práce byly rovněž implementovány do strategie vzorkování biotických matric při pravidelném monitoringu vodního prostředí, který provádí Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

#### *Formální a jazyková podoba práce*

Text habilitační práce je přehledně strukturován do jednotlivých kapitol, které postupně představují dílčí řešené problémy a navazují na stanovené cíle práce. Jazyková stránka práce však vykazuje určité nedostatky. V textu se objevují chyby ve skloňování, neobratné či hovorové formulace a anglicismy. Tyto jazykové nedostatky nicméně neovlivňují celkovou srozumitelnost textu.

#### **Dotazy oponenta k obhajobě habilitační práce**

Dotazy se týkají témat, která byla v habilitační práci sice zmíněna, nebyla však rozpracována do větší hloubky. Z tohoto důvodu si zaslouží podrobnější vysvětlení:

1. Popište podrobněji teoretický model, který navrhl Huggett et al. (2003) pro odhad potenciálních dopadů humánních léčiv na ryby. Na základě vlastních zkušeností i dostupné odborné literatury zhodnoťte silné a slabé stránky tohoto modelu. Jaké jsou jeho limity a kde naopak představuje přínosný nástroj pro predikci environmentálních rizik?
2. Autorka uvádí, že míra bioakumulace léčiv se u jednotlivých vodních organismů liší v závislosti na jejich trofické úrovni. Organismy na nižších trofických úrovních zpravidla akumulují většinu léčiv ve vyšší míře než organismy na vyšších úrovních. Existují však výjimky – například u některých antidepressiv či kardiovaskulárních léčiv byla zaznamenána vyšší bioakumulace u predátorů než u jejich kořisti. Jaké faktory mohou tyto rozdíly způsobovat? Pokud není příčina dosud známa, nabídněte vlastní hypotézu, která by tento jev mohla vysvětlit.
3. Pracovníci Laboratoře environmentální chemie a biochemie se dlouhodobě zabývají studiem vlivu psychoaktivních látek na vodní organismy. Jaké konkrétní poznatky se vám v této oblasti podařilo dosud získat? Plánujete v tomto výzkumu pokračovat i nadále? Pokud ano, jaké jsou vaše další výzkumné záměry?



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

### Závěr

Habilitační práce Ing. Kateřiny Grabicové, Ph.D. s názvem „Vliv komunálního znečištění na vodní organismy se zaměřením na bioakumulaci a metabolom“ ~~nesplňuje~~ **splňuje** požadavky standardně kladené na habilitační práce v oboru Environmentální chemie.

Ve Vodňanech dne 22.9.2025

podpis oponenta



## POSUDEK OPONENTA HABILITAČNÍ PRÁCE

**Uchazeč**

**Ing. Kateřina Grabicová, Ph.D.**

**Habilitační práce**

Vliv komunálního znečištění na vodní organismy se zaměřením na bioakumulaci a metabolom

**Oponent**

Doc. Ing. Branislav Vrana, Ph.D.

**Pracoviště oponenta, instituce**

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta,  
RECETOX

Předložená habilitační práce se zabývá aktuální problematikou environmentální chemie, konkrétně vlivem komunálního znečištění, především léčiv a jejich metabolitů, na vodní organismy. Autorka navazuje na svou dlouhodobou odbornou činnost v oblasti analytické a environmentální chemie a prezentuje soubor originálních výsledků publikovaných v řadě prestižních mezinárodních časopisů. Habilitační práce se věnuje aktuálnímu a společensky významnému tématu, s přesahem do ochrany životního prostředí, vodního hospodářství i veřejného zdraví.

Práce je logicky členěna do úvodu, přehledové části, kapitoly výsledků a diskuse, závěrů a souhrnných abstraktů. Zpracování je přehledné, strukturované a dobře čitelné. Teoretická část podává velmi detailní přehled o problematice farmaceutických reziduí ve vodním prostředí, jejich osudu, schopnosti bioakumulace a vlivu na metabolismus vodních organismů. Kapitoly jsou podloženy rozsáhlou a aktuální literární rešerší (celkem 176 citací) a doplněny o originální výsledky práce autorky, souborem desíti příloh, které tvoří publikace ve vědeckých časopisech, z kterých práce vychází a na které text práce odkazuje.

Vědecký přínos práce lze spatřovat ve třech oblastech:

Vývoj a validace metodiky chemické analýzy. Autorka vyvinula originální a robustní analytické postupy pro stanovení širokého spektra léčiv a jejich metabolitů v různých tkáních vodních organismů. Autorka se systematicky zabývala aspekty vzorkování vodní bioty a stability odebraných vzorků, vývojem a validací metody extrakce reziduí léčiv z vzorků tkáně vodních organismů a následného stanovení léčiv pomocí kapalinové chromatografie s vysoko-rozlišující hmotnostně-spektrometrickou detekcí; LC-HRMS). Důraz byl kladen na stabilitu, selektivitu, linearitu instrumentální metody a možnost měření environmentálně relevantních koncentrací sledovaných látek v rozsahu 0,5-50 ng/g.

Studium bioakumulace léčiv do vodních organismů. – Na základě experimentů v laboratorních, mesokosmových i přírodních podmínkách autorka doložila rozdílnou schopnost bioakumulace léčiv v závislosti na vývojovém stupni, druhu organismu, trofické úrovni i typu tkáně. Zvláště významné jsou poznatky o akumulaci psychoaktivních látek v mozku ryb a o rozdílech akumulace mezi nižšími a vyššími trofickými úrovněmi ryb.

Metabolomické přístupy. Poslední dva články habilitační práce se týkají popisu změn metabolomu ryb vlivem expozice léčivům. Jsou představeny výsledky využívající metabolomiku a exposomiku



jako moderní nástroje hodnocení environmentální zátěže. Vysoce hodnotím využití necílené analýzy v HRMS – jak v jednodušším porovnání změřených signálů získaných zpracováním dat, tak i v konkrétní identifikaci endogenních metabolitů a exogenních látek. Tato část práce představuje perspektivní směr výzkumu a rozšiřuje metodologické portfolio oboru.

Originalita je podpořena desíti publikacemi (v souladu s Článkem 2 Řádu habilitačního řízení FROV JCU) v mezinárodních časopisech, které jsou součástí habilitační práce. Prvoautorství sedmi z deseti článků, aktuálnost prací (publikace z let 2017-2025), vysoký impakt faktor časopisů (Q1, IF 3-11) a vysoký citační ohlas prací již poměrně krátkou dobu po jejich zveřejnění svědčí o mimořádně kvalitní publikační aktivitě autorky.

Silnými stránkami práce jsou využití široké škály metodických přístupů od instrumentálních chemických analýz pomocí LC/HRMS přes bioakumulační laboratorní i terénní studie až po aplikaci metabolomických přístupů. Experimenty byly provedeny systematicky s organismy různých druhů, trofických úrovní a druhy vodních organismů, a umožňují tak komplexní pohled na problematiku bioakumulace léčiv ve vodním prostředí. Přesvědčivě byly prokázány rozdíly mezi laboratorními a reálnými podmínkami.

V závěrečné části by mohlo být ještě výrazněji akcentováno srovnání českého a mezinárodního kontextu – tedy, jak jsou získané poznatky využitelné pro implementaci národní a evropské legislativy. Tato připomínka nicméně nesnižuje celkovou hodnotu práce.

#### **Dotazy oponenta k obhajobě habilitační práce**

V úvodu práce je zmíněna Směrnice Evropského Parlamentu a Rady (EU) 2024/3019 ze dne 27. listopadu 2024 o čištění městských odpadních vod. Tato směrnice bude implementována i do české legislativy. Směrnice specifikuje požadavky na kvartérní čištění městských odpadních vod od mikropolutantů, včetně reziduí léčiv. Součástí směrnice je i požadavek na členské státy o identifikaci oblastí, v nichž koncentrace nebo akumulace mikropolutantů z ČOV představuje riziko pro životní prostředí nebo lidské zdraví. Jak se dají výsledky předložené habilitační práce využít v analýze rizik, která je potřebná k identifikaci rizikových oblastí?

Na rozdíl od persistentních organických polutantů, které se vyznačují vysokými hodnotami bioakumulačního faktoru (BAF), nejsou hodnoty BAF léčiv a jejich metabolitů velmi vysoké (viz Obr. 2; mediánová hodnota  $\log \text{BAF} \leq 3$ ). Proč i nízká míra bioakumulace léčiv představuje většinou významné riziko pro vodní organismy? Jaké vlastnosti léčiv mají vliv na míru bioakumulace v živých organizmech? Čím lze vysvětlit, že trofický magnifikační faktor se u léčiv často mění s trofickou úrovní organismu v potravním řetězci? Jak lze vysvětlit různou akumulaci léčiv v různých orgánech ryb?

Na stránce 24 se konstatuje, že pasivní vzorkovače se nezdají být vhodnou náhradou vodních živočichů z hlediska výskytu cizorodých látek v biotě. I když takové zobecnění je do jisté míry pravdivé (protože na rozdíl od živých organismů, které mají aktivní mechanismy akumulace a eliminace polutantů, pasivní vzorkovač akumuluje látky pouze na fyzikálně-chemickém principu difuze a sorpce), budí tento závěr negativní dojem, že pasivní vzorkovače se nedají prakticky použít v hodnocení rizik mikropolutantů pro vodní organismy. Bylo by možné podrobněji specifikovat faktory a podmínky, které umožňují nebo naopak omezují „biomimetické“ použití pasivních vzorkovačů k hodnocení rizik kontaminantů pro vodní organismy?



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

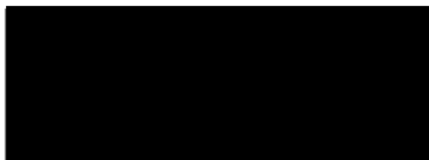
Představují koncentrace léčiv v svalovině ryb v lokalitách zatížených komunálními odpadními vodami riziko z hlediska konzumace ryb, jak je to např. u POPs nebo rtuti?

### Závěr

Habilitační práce Ing. Kateřiny Grabicové, Ph.D., představuje soubor vysoce kvalitních a originálních vědeckých výsledků, které významně přispívají k rozvoji oboru analytické a environmentální chemie. Autorka prokázala vysokou míru odborné erudice, schopnost koncepčně řídit výzkum a zapojovat moderní metodické přístupy. Práci hodnotím velmi kladně a doporučuji ji k obhajobě.

Habilitační práce Ing. Kateřiny Grabicové, Ph.D., „Vliv komunálního znečištění na vodní organismy se zaměřením na bioakumulaci a metabolom“ **splňuje** požadavky standardně kladené na habilitační práce v oboru Rybnářství.

V...Brně..... dne...26/9/2025.....



.....  
podpis oponenta