

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Aplikovaná ekologie



**Hlubková distribuce juvenilních stádií perlorodky
říční v hyporeálu řeky Vltavy (NP Šumava)**

Bakalářská práce

BcA. Veronika Scholzeová

Obor Aplikované ekologie

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Veronika Scholzeová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Hloubková distribuce juvenilních stádií perlorodky říční v hyporeálu řeky Vltavy (NP Šumava)

Název anglicky

Within Hyporheal Depth Distribution of Freshwater Pearl Mussel Juvenile Stages in Vltava River (Sumava National Park)

Cíle práce

Porovnat a vyhodnotit výsledky experimentů zaměřených na hloubkovou distribuci juvenilních perlorodek říčních, prováděných v NP Šumava v letech 2014 – 2016 a 2019 -2022.

Metodika

2022 -účast na terénních pracích

2023 -vypracování literární rešerše, vyhodnocení dat

2024 – sepsání a odevzdání práce

V rámci terénních prací se studentka zúčastní letního experimentu, uzavírajícího 4 letou řadu výzkumů testujících hloubkovou pozici mladých perlorodek v hyporeální vrstvě.

Po té bude následovat kompletace a první pracovní vyhodnocení dat za celé 4 roky experimentu a jejich porovnání s již publikovanými výsledky pilotního experimentu z let 2014-15 a s dosud nepublikovanými výsledky z roku 2016, pořízenými v téže oblasti.

Primárním cílem bude graficky vizualizovat hloubkovou distribuci juvenilů v jednotlivých experimentálních jednotkách a vyhodnotit její případnou závislost na sezóně. Následovat bude porovnání s vybranými faktory prostředí.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

hyporeál, perlorodka říční, Vltava, NP Šumava

Doporučené zdroje informací

- BAUER, G. a WÄCHTLER, K. Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. New York: Springer, 2001. ISBN 3540672680.
- Bílý, M., Němčíková, S., Simon, O. P., Douda, K., Barák, V., & Dort, B. (2018). Bioindication testing of stream environment suitability for young freshwater pearl mussels using in situ exposure methods. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (139), e57446.
- Černá, M., Simon, O. P., Bílý, M., Douda, K., Dort, B., Galová, M., & Volfová, M. (2018). Within-river variation in growth and survival of juvenile freshwater pearl mussels assessed by in situ exposure methods. *Hydrobiologia*, 810, 393-414.
- LELLÁK, Jan; KUBÍČEK, František. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1992. ISBN 80-7066-530-0.
- SIMON, Ondřej, Kamila TICHÁ a Kateřina RAMBOUSKOVÁ a kol.. *Metodika podpory perlorodky říční (Margaritifera margaritifera)*. MŽP ČR, VÚV TGM. 2017, 288.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

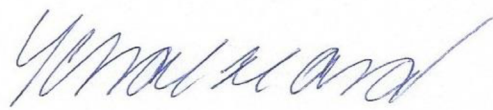
Děkan

V Praze dne 22. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hlubková distribuce juvenilních stádií perlorodky říční v lokalitách NP Šumava" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 27.03.2024



Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za odborné vedení mé práce, za jeho čas, cenné poznámky a možnost konzultací na dálku. Dále bych tímto chtěla vyjádřit poděkování všem lidem, kterých vzpomínky, zkušenosti a poznámky přispěli nosnými informacemi pro tuto bakalářskou práci. Psychickou podporu mi dělali moji dlouholetí kamarádi Bořivoj Trávníček a Vojtěch Zástava.

Hlubková distribuce juvenilních stádií perlorodky říční v hyporeálu řeky Vltavy (NP Šumava)

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá hloubkovou distribucí juvenilních stádií perlorodky říční v hyporeálu řeky Vltavy na území Národního Parku Šumavy. Práce shrnuje experimenty z let 2014 až 2022 a analyzuje jejich data hloubkové distribuce, s cílem definovat nejvhodnější prostředí pro život juvenilních jedinců perlorodky říční.

Klíčová slova: hyporeál, perlorodka říční, Vltava, NP Šumava

Within Hyporheal Depth Distribution of Freshwater Pearl Mussel Juvenile Stages in Vltava River (Sumava National Park)

Summary

The bachelor thesis deals with the deep distribution of juvenile stages of the pearl mussel in the Vltava River hyporheic zone in the Šumava National Park. The thesis summarizes experiments from 2014 to 2022 and analyses their depth distribution data in order to define the most suitable environment for juvenile river pearl mussel.

Keywords: hyporeal, Freshwater pearl mussel, Vltava, Sumava National Park

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce.....	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Mlži v České republice	11
3.2 Perlorodka říční.....	12
3.2.1 Historie výskytu	12
3.2.2 Rozmnožovací cyklus	13
3.2.3 Juvenilní jedinci	15
3.2.4 Potrava.....	15
3.2.5 Výskyt perlorodek říčních v NP Šumava	15
3.3 Biotopy tekoucích vod	16
3.4 Vlivy na prostředí vodního toku	17
3.5 Faktory ovlivňující biohabitat perlorodky říční.....	18
3.5.1 Teplota vody – průběh teplotní křivky	18
3.5.2 Rychlost toku – proudové poměry	19
3.5.3 Nasycenost vody v hyporeálu kyslíkem.....	19
3.5.4 Kvalita vody – kyselost (pH)	19
3.5.5 Struktura dnového substrátu.....	20
3.5.6 Hlubková distribuce juvenilních perlorodek v korytě řeky	20
4 Metodika.....	21
4.1 Etapa 1 (2014-2015).....	21
4.1.1 Experimentální zařízení.....	22
4.1.2 Laboratorní zakončení experimentu.....	23
4.1.3 Další měření v rámci etapy 1.....	24
4.2 Etapa 2 (2016)	24
4.3 Etapa 3 (2019-2022).....	24
4.3.1 Měření v roce 2019	25
4.3.2 Měření v roce 2020	25
4.3.3 Měření v roce 2021	26
4.3.4 Měření v roce 2022	26
5 Výsledky.....	28
5.1 Analýza etapy 1.....	28
5.2 Analýza etapy 2.....	31
5.3 Analýza etapy 3.....	34
5.3.1 Analýza z dat roku 2019.....	34
5.3.2 Analýza z dat roku 2020.....	37
5.3.3 Analýza z dat roku 2021.....	40

5.3.4	Analýza z dat roku 2022.....	42
6	Diskuze.....	44
7	Závěr.....	46
8	Literatura.....	47
9	Seznam obrázků.....	50
10	Seznam tabulek.....	51

1 Úvod

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) patří mezi ohrožené druhy sladkovodních měkkýšů a její ochrana a monitoring jsou klíčové pro zachování biodiverzity v evropských vodních tocích. V rámci ochrany tohoto druhu je nezbytné porozumět jeho ekologii v různých stádiích života, včetně juvenilních jedinců. Tato bakalářská práce se zaměřuje na hloubkovou distribuci juvenilních stádií perlorodky říční v říčním hyporeálu, což je klíčové prostředí pro vývoj tohoto druhu. Cílem práce je zkoumat, jak se juvenilní jedinci perlorodky říční distribuují v různých hloubkách hyporeálu, a analyzovat faktory ovlivňující tuto distribuci.

Teoretická část bakalářské práce se věnuje perlorodce říční, s důrazem na její životní cyklus a význam hyporeálu jako prostředí pro její vývoj. Dále se práce zaměřuje na faktory ovlivňující biohabitat perlorodky říční a jejich vliv na hloubkovou distribuci perlorodky říční.

Dále bude popsána metodika výzkumu, včetně popisu prostředí a postupu založení, průběhu a ukončení experimentu a sběru dat. Poté bude provedena analýza a interpretace získaných dat, která bude sloužit k porozumění distribuce juvenilních stádií perlorodky říční v říčním hyporeálu. Na závěr práce budou diskutovány výsledky v kontextu současného stavu poznání a možností ochrany tohoto ohroženého druhu, kde nejdůležitější faktorem k této problematice je samotná osvěta lidstva.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce „Hloubková distribuce juvenilních stádiích perlorodky říční v hyporeálu řeky Vltavy (NP Šumava)“ bylo porovnat a vyhodnotit výsledky experimentů zaměřených na hloubkovou distribuci juvenilních perlorodek říčních, prováděných na území Národního Parku Šumavy v letech 2014–2016 a 2019–2022.

Součástí bakalářské práce byla v roce 2022 účast na terénních pracech na experimentálním meandru Teplé Vltavy, kdy se zjišťovala hloubková pozice mladých juvenilních perlorodek říčních v hyporeální vrstvě. Tento experiment uzavíral souvislou čtyřletou řadu výzkumů, které začaly v roce 2019.

Následující rok 2023 pokračovala kompletace a první pracovní vyhodnocení dat za celé 4 roky experimentu a jejich porovnání s již publikovanými výsledky pilotního experimentu z let 2014 až 2015 a s dosud nepublikovanými výsledky z roku 2016, pořízenými v téže oblasti.

Poslední rok 2024 probíhalo sepsání a odevzdání bakalářské práce. Primárním cílem bylo graficky vizualizovat hloubkovou distribuci juvenilů v jednotlivých experimentálních jednotkách a vyhodnotit její případnou závislost na sezóně.

3 Literární rešerše

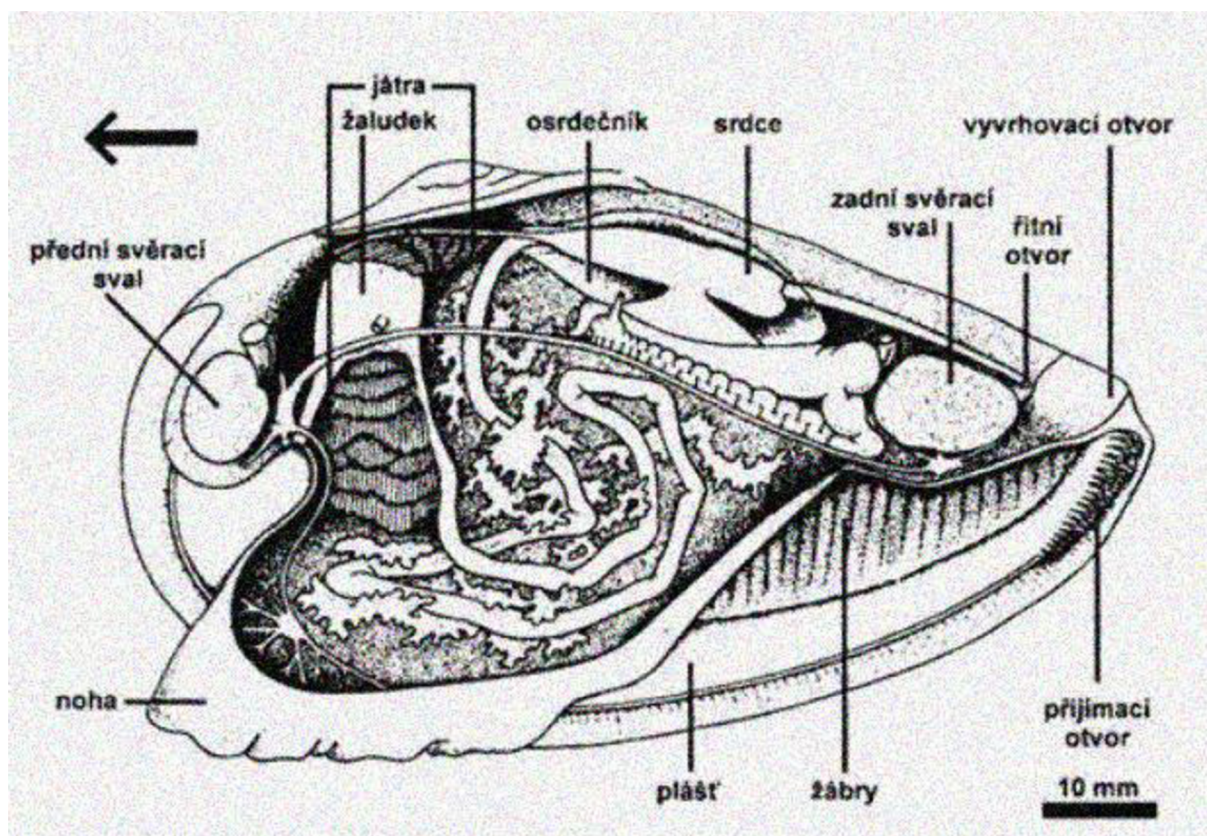
3.1 Mlži v České republice

Mlži (*Bivalvia*) patří do kmene měkkýšů (*Mollusca*) a jsou to vodní živočichové mořského i sladkovodního světa. Mezi sladkovodní druhy měkkýše žijící v České republice se řadí například perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*, Liné 1758), velevrub malířský (*Unio pictorum*), škeble rybníčná (*Anodonta ceygnea*) a slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*). (BioLib, 2024)

Vyznačují se bilaterální symetrií a jejich tělo je tvořeno nohou, která slouží k pohybu a hrabání a útrobním vakem, ve kterém jsou uloženy orgány. Byssová žláza ve svalnaté noze vytváří byssová vlákna, pomocí kterých se mlži přichycují k podkladu. Původní lupínkovité žábry jsou u mnoha druhů nahrazeny nitkovitými nebo lamelovitými žábrami, které kromě okysličovací funkce slouží také k filtraci potravy z vody – detrit (=jakákoliv forma rostlinných tkání, neživé organické hmoty, odumřelých mikroorganismů, živočišných tkání, extracelulárního matrixu a fekálií) a plankton (=soubor mikroorganismů pasivně se vznášejících v prostředí). Inhalantním otvorem, při zadním okraji mlže, se voda dostává do plášťové dutiny, naopak exhalantním otvorem voda opouští plášťovou dutinu – oba otvory jsou převážně protažené do sifonů (viz Obr. 1). Útrobní vak je chráněn dvouchlopňovým pláštěm vylučujícím pravou a levou lasturu, které jsou spojeny pružným vazem, svěračem a zámkem. Aduktory (=svěrače) působí proti rozevirání a jsou přirostlé ke stěnám lastur v přední i zadní části. Obě lastury spojuje zámek, což je útvar složený ze zubů a jamek. Mlži mohou mít zámky taxodontní, heterodontní, dysodontní, isodontní nebo pachyodontní, jenž se liší počtem zubů či jejich velikostí. Lastury mlžů jsou třívrstevnaté a rozlišují se na levou a pravou. Hřbetní okraj obvodu lastur se rozkládá kolem jejich vrcholu, naopak břišní okraj je část protilehlá k hřbetnímu okraji. Lastury mohou mít hladký či skulpturovaný povrch, který se vyznačuje přírůstkovými liniemi, žebry nebo radiální ozdobou. Může však dojít ke kombinaci těchto povrchů a vzniká tak síťová skulptura. (Skupien, 2024)

Ze stratigrafického hlediska pocházejí první mlži ze středního kambria. Ve sladkovodním prostředí se objevují až na počátku karbonu. V období křídý můžeme vysledovat čeledě a rody žijící dodnes. Jsou zde patrné tvarové a funkční konvergence. Naopak některé druhy mlžů jako například v karbonu hřebenatky a v juře ústřice přežívají v nezměněné formě do dnešních dob. (Skupien, 2024)

Mlži žijí převážně v moři s normální salinitou, ale mohou se nacházet i ve vodách se sníženou salinitou nebo v brakických a sladkých vodách. Nejčastěji žijí zahrabáni do měkkého písčitého či jílovitého sedimentu a sifony mají vysunuté nade dno. Přisedlý způsob života vedl k tvorbě přichycovacích orgánů a k cementaci schránky. (Skupien, 2024)



Obr. 1: Schéma anatomie mlže (Lang et al., 1971 in Kvaček et al., 2000)

3.2 Perlorodka říční

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) je velkým mlžem, jehož lastura dosahuje délky 95–140 mm. Schránka je fazolovitého tvaru s větší zadní částí. Velikost a dlouhověkost jedinců perlorodek závisí na zeměpisné šířce, například populace v Jižní Evropě jsou krátkověké okolo 35let, zatímco severní a ruské perlorodky žijí déle, mohou se dožít až 190let.

Populace perlorodky říční zažívá od počátku 20. století výrazný pokles, důsledkem historické kořistnické exploatace pro získávání sladkovodních perel, změny povodí a vodního prostředí vlivem lidské aktivity a změny klimatu. V současnosti je lov zakázán, avšak existují i případy nelegálního sběru. (Švanyga, 2013)

3.2.1 Historie výskytu

Pravděpodobně se perlorodka říční rozšířila z refugii (=místo, na kterém se zachoval druh rostliny nebo živočicha z předcházejícího období) v blízkosti břehů Anglie po postglaciální době, a má proto holarktické (severní polokoule) rozšíření. V Evropě se vyskytuje v oblastech od severního Portugalska až po sever kontinentu. V posledních letech došlo k výraznému poklesu četnosti tohoto mlže, v některých oblastech výskytu došlo k úbytku populace o více než 90 %. V Polsku nebo ve

některých částech Skotska byla perlorodka říční dokonce zcela vyhubena. (Švanyga, 2013)

Výskyt není ovlivňován pouze geografickou polohou, nýbrž i nadmořskou výškou. Nachází se ve vyhovujících oblastech s vhodnými fyzikálně-chemickými parametry vody s malým osídlením, kde však může být problematickým prvkem teplotní režim. Perlorodka říční historicky obývala oligotrofní až mezotrofní vodní toky a její habitaty byly ovlivněny středověkou kolonizací a cíleným šířením pro perlovou produkci. Začátkem 20.století začala kvalita vody výrazně klesat kvůli průmyslovému rozvoji a lidskému osídlení. S časem došlo k postupnému ústupu perlorodky z většiny lokalit v důsledku změn vodního prostředí.

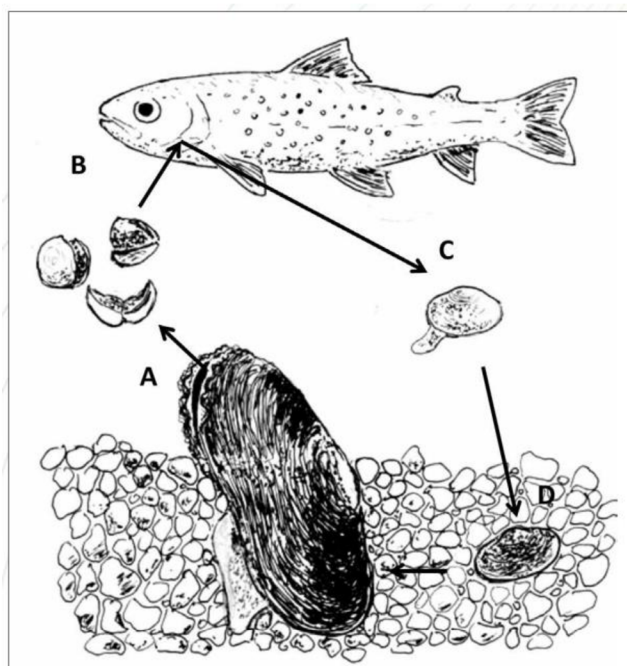
Nyní osídluje volnou ekologickou niku (*=souhrn životních podmínek, které umožňují životaschopnou existenci populace určitého druhu*) oligotrofních toků s nízkým obsahem živin. Charakteristické jsou chladné, málo úživné a vápníkem chudé vodní toky ve vyšších polohách. Struktura a zrnitost dna jsou důležitými faktory pro její přežití. Eutrofizace vody (*=proces obohacování vod o živiny, zejména dusík a fosfor*) může vést k vzniku kyslíkových deficitů v substrátu dna. Neopominutelným faktorem výskytu perlorodky je úzká vazba na hostitelské druhy lososovitých ryb (viz kapitola 3.2.2), což omezuje její výskyt na vody pstruhového pásma, jelikož je potřebují k rozmnožování. (Galová, 2017)

3.2.2 Rozmnožovací cyklus

Pro úspěšné dokončení reprodukčního cyklu vyžadují perlorodky dostatečnou teplotu vody, která činí 15 °C (Švanyga, Simon a spol, 2013). Zalesňování povodí, nevhodná těžba dřeva a další lidské aktivity však způsobují ochlazování toků, zvýšení zákalu a koncentrace huminových kyselin (*=přírodní organické látky vznikající rozkladem převážně rostlinných zbytků*), což perlorodkám brání v následném rozmnožování.

Perlorodka říční je gonochoristická (jednopohlavní), ale jedinci, kteří žijí v toku roztroušeně se mohou stát hermafrodity (oboupohlavní). Tato proměna je však omezena pouze na samice. (Bauer & Wächtler, 2001)

Rozmnožovací cyklus perlorodky říční je velice komplexní a je zobrazen na Obr. 2. Zahrnuje pohlavně dospělého jedince perlorodky (A) vyvrhující parazitické juvenilní stadium – glochidii (B), která se přichycuje na žábry či jinou část těla hostitelské ryby, kde metamorfuje. Po několika týdnech až měsících dochází k odpadnutí juvenilní perlorodky (C) z hostitele a následně k zahrabání do substrátu dna (D). (Simon, 2017)



Obr. 2: Rozmnožovací cyklus perlodky říční (orig. M. Bílý, převzato z: Simon, Tichá, Rambousková a kol., 2017)

Glochidie se vyvíjejí v mezižaberním prostoru samičky, a po dokončení vývoje jsou vyvrženy do vody. Následně jsou pasivně unášeny proudem a přežívají od 6 do 8 dní v závislosti na teplotě. Unášení optimálně končí setkáním s hostitelem, kde se glochidie uchytí nejčastěji v žaberním aparátu. Tato fáze reprodukčního cyklu je kritická s vysokou mortalitou, až 99%. Pouze malý podíl glochidií se setká s vhodným hostitelem. Po uchycení na hostitele probíhá metamorfóza (= *přeměna*) na juvenilní podobu perlodky. (Buddensiek, 1993)

Mladé perlodky ve fázi na hostiteli jsou endoparaziti. Z hostitelské ryby získávají potravu, jako jsou cukry, tuky a bílkoviny, skrze krev a okolní buňky (není doloženo, ale je to vysoce pravděpodobné, jelikož se nacházejí mezi žabrami, které jsou nejvíce prokrvenou částí těla ryby). Tento parazitismus ryby oslabuje, ale zároveň proti perlodkám získávají imunitu a mohou pak další glochidie perlodek tzv. odhodit. Z toho vyplývá, že je pro perlodky výhodnější nalézt mladou neimunní hostitelskou rybu.

Z historického hlediska byl hlavním hostitelem losos obecný, který však byl na mnoha místech vyhuben a perlodky si tak musely najít vhodnou náhradu. Na území ČR se jím stal pstruh obecný. (Švanyga, 2013)

Po metamorfóze perlodky říční, opouští juvenilní jedinec hostitelskou rybu – prořízne se ven z cysty a klesá na dno toku. Juvenilní perlodky opouštějí hostitelské ryby při velikosti 0,3 - 0,5 mm a následně se zahrabávají do substrátu dna. Během prvního roku života mohou dosáhnout až 250 % své velikosti při prořezání

cysty. Mladé perlorodky žijí zahrabané ve dně po dobu 5 až 10 let, kdy postupně zaujmou stabilní pozici na povrchu. Pohlavní dospělost nastává mezi 15 a 20 rokem života. (Švanyga, 2013)

3.2.3 Juvenilní jedinci

Juvenilní jedinec perlorodky říční představuje důležité stádium, které následuje po fázi glochidie, bezprostředně po opuštění hostitelské ryby a končí pohlavní dospělostí. Studie juvenilních jedinců této perlorodky poskytují cenné poznatky o dynamice populace a zdraví vodních ekosystémů. Juvenilní fáze života perlorodky je klíčová pro jeho dlouhodobé přežití a reprodukční úspěch. Během této fáze jsou mladé perlorodky vystaveny různým environmentálním vlivům, včetně změn kvality vody, dostupnosti potravy a změn v habitatových podmínkách. Zranitelnost mladých jedinců zvyšuje jejich omezená pohyblivost a velikost, což je činí náchylnými k predaci a konkurenci. S ohledem na rizika ohrožení a úbytek populací perlorodek je nezbytné provádět průzkumy a ochranná opatření zaměřená na podporu juvenilních jedinců a jejich přirozeného prostředí. Tyto snahy přispívají nejen k zachování druhu, ale také k udržení biodiverzity a ekologické stability ve sladkovodních systémech. Proto se veškeré výzkumy dělají na perlorodkách starších 1 roku, jelikož je experiment více vypovídající a hodnoty relevantnější. (Galová, 2017)

3.2.4 Potrava

Potrava juvenilních perlorodek zahrnuje filtraci vody, kde v intersticiálu dna získávají výživu z detritu (= *neživá organická hmota*) a také kyslík. Detrit s adekvátním obsahem vápníku podporuje intenzivní růst schránek malých mlžů. Mladé perlorodky bez filtračního aparátu získávají potravu buď nasáváním organominerální suspenze pomocí vířivých brv, nebo aktivním hledáním potravy v okolí. Jsou citlivé na změny fyzikálně-chemických parametrů vody a kvalitu organického detritu. Adultní perlorodky po nástupu pohlavní dospělosti nejsou tak náročné na kvalitu detritu jako juvenilní jedinci. (Simon, 2017)

3.2.5 Výskyt perlorodek říčních v NP Šumava

Národní park Šumava představuje významnou lokalitu pro výskyt říční perlorodky v České republice. Tento druh ohroženého sladkovodního měkkýše je důležitým indikátorem kvality vodních toků a mokřadních biotopů. V NP Šumava se perlorodka vyskytuje v různých typech vodních prostředí, včetně čistých horských potoků, řek a pramenišť, které poskytují vhodné podmínky pro jeho životní cyklus. Studie a monitorování populace říční perlorodky v NP Šumava jsou důležitými nástroji pro ochranu tohoto ohroženého druhu a zachování biodiverzity sladkovodních ekosystémů. Provozování ochranných opatření, jako je udržování čistoty vody, revitalizace toků a ochrana přirozených biotopů, jsou klíčové pro udržení a obnovu populací perlorodek v této oblasti. Spolupráce mezi ochrannými organizacemi,

vědeckými institucemi a správou NP Šumava je nezbytná pro dlouhodobou ochranu a udržitelné hospodaření s tímto významným druhem sladkovodní fauny.

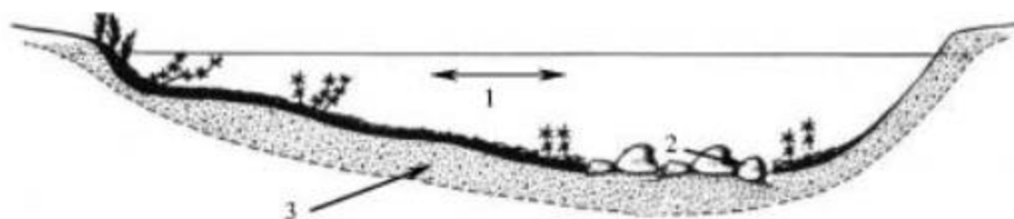
Konkrétní části parku, kde lze nalézt populaci perlorodek, zahrnují především horní a střední části říčních toků, ale také prameniště a okolí horských jezer či rybníků, kde jsou dostatečné zdroje potravy a vhodné podmínky pro reprodukci. Perlorodky mohou být také přítomny v různých přítocích a menších tocích, které se nacházejí v širším okolí Národního parku Šumava. Oficiální webové stránky NP Šumava uvádí: „*V současnosti je Teplá Vltava v úseku od Soumarského Mostu až po Lipno územím, s významným výskytem perlorodky a úsek mezi Soumarským mostem a ústím Volarského potoka je z pohledu vhodnosti říčního prostředí považován dokonce za nejcennější v České republice.*“ (Dvořák, 2022)

3.3 Biotopy tekoucích vod

Mezi biotopy tekoucích vod se řadí reopelagiál, bentál a hyporeál (Obr. 3). Každý biotop má různé fyzikálně chemické parametry. Jsou definovány relativní vzdáleností od hladiny vody a nacházejí se v nich různá společenstva živočichů.

Reopelagiál se vyznačuje turbulentním prouděním vody a při nízkém zákalu dobrými světelnými podmínkami a výměnou plynu s okolním prostředím. Je to oblast volně tekoucí vody. V tomto biotopu se nachází největší počet druhů živočichů žijící ve vodních tocích. Jedná se zejména o reaktoplankton (mikroorganismy, fytoplankton, zooplankton), tedy o organismy, které se pasivně vznášejí ve vodním toku nebo mohou používat jednoduché pohybové orgány. Dále o takzvaný drift, což jsou bentické organismy, které jsou dočasně unášeny proudící vodou a nemohou se v ní rozmnožovat. Třetím typem živočichů je nekton, který zahrnuje organismy schopné překonávat silné proudění vody jako jsou například ryby, kruhoústé, obojživelníci, kraby a další. (Ambrožová, 2003)

Dalším biotopem tekoucích vod je bentál, pro který je charakteristická nižší rychlost proudu vody a v hlubších tocích špatné světelné podmínky. Jedná se o povrchovou vrstvu dna sahající do hloubky několika cm. Podoba dna vodního toku je závislá na rychlosti průtoku vody. V případě prudce tekoucích toků bude dno tvořeno kameny se šterko-pískovými usazeninami. Mírně tekoucích toky se vyznačují šterko-pískovitými a písčnými usazeninami. U lentických neboli stojatých vod se tvoří písčité až písčito bahnité sedimenty. Bentos řeky je tvořen mikroorganismy, fyto-bentos (sinice, řasy, mechorosty a makrovegetace) a zoobentos (prvoci, ploštěnky, háďátka).



Obr. 3: Schéma příčného profilu horního a dolního úseku toku - 1 reopelagiál, 2 bentál, 3 hyporeál (Ambrožová, 2003)

Třetím biotopem je hyporeál. Je tvořen mikroorganismy, řasami, sinicemi, prvoky, hlísticemi, měkkýši, koryši a hmyzem. Hyporeál neboli hyporální zóna je podpovrchová oblast podél a pod tekoucím tělem (řeka, potok). Je charakterizována pohybem vody mezi povrchovou vodou a mělce podpovrchovým prostředím, obvykle prostřednictvím sedimentů a štěrků. Přesná horní hranice hyporeálu není jednoznačně definovatelná a závisí na charakteristikách sedimentu na dně toku. Spodní hranice hyporeálu je také variabilní a je ovlivněna pohybem vody v říčním korytu. Hyporeál hraje klíčovou roli v ekologických biogeochemických procesech, ovlivňuje koloběh živin, dostupnost prostředí a kvalitu vody. V této zóně dochází k interakci povrchové vody s vodou podzemní. Tyto jedinečné podmínky tohoto ekosystému vytvářejí vhodné prostředí pro život perlorodech říčních. Celkově je hyporeál perlorodky říční komplexním a dynamickým prostředím, které ovlivňuje ekosystém toku a přispívá k samočisticím procesům vodního systému. Jak již bylo řečeno, toto prostředí je ovlivněno mnoha faktory, které mohou být jak interní (teplota, rychlost toku, čistota, obsah kyslíku, intenzita světla, aj.), tak externí (vliv člověka, klima apod). (Ambrožová, 2003)

3.4 Vlivy na prostředí vodního toku

Vodní toky jsou klíčovým prvkem vodního cyklu, a proto hrají důležitou roli v celém ekosystému. Vodní toky lze rozdělit na ultra-oligotrofní, oligotrofní, dystrofní, mesotrofní, eutrofní, polytrofní a hypertrofní, které se liší zejména obsahem živin, kyslíku a minerálů. Jak již bylo zmíněno, perlorodky říční se vyskytují výhradně v oligotrofních tocích. (Novotná, 2015)

Oligotrofní tok je termín, popisující vodní tok s nízkou koncentrací živin a minerálů, zejména dusíku a fosforu. Tento nedostatek živin může mít za následek nižší koncentraci organismů, které jsou závislé na živinách (například fytoplankton). Pro oligotrofní typy vod je typická průhledná voda a vysoká koncentrace kyslíku u dna. Tento ekosystém může být negativně ovlivněn množstvím faktorů. Mezi hlavní faktory se řadí:

- Lidské aktivity: Zemědělství, odlesňování, úpravy krajiny a odpady z obydlených oblastí mohou zvýšit přísun živin do toku. Správa půdy a území je klíčovým faktorem pro udržení oligotrofního stavu.
- Geologické a vegetační podmínky: Geologické charakteristiky povodí (typy půdy, skály) a vegetační pokryv mohou ovlivnit obsah živin říčního toku. Některé typy půd a hornin mohou mít funkci přírodních filtrů, které minimalizují odtok živin.
- Průtok vody: Rychlost a pravidelnost průtoku vody mohou také ovlivnit stav oligotrofního toku. Stabilní průtok může pomoci udržet rovnováhu v ekosystému a minimalizovat erozi.
- Změna klimatu: Klimatické podmínky mohou ovlivnit srážky, teplotu vody a celkový hydrologický cyklus, což má dopad na ekosystém a obsah živin ve vodě.

Důsledkem těchto vlivů mohou být změny ve fyzikálních parametrech vodního toku, jako je například teplota vody, rychlost toku, obsah kyslíku ve vodě aj. Zároveň také změny ve kvalitě vody či materiálu a složení říčního dna. Všechny tyto parametry vodního toku mají významný vliv na výskyt perlorodky říční, která vyžaduje specifické podmínky pro její existenci. (Simon, 2017)

3.5 Faktory ovlivňující biohabitat perlorodky říční

Perlorodka říční obývá chladné oligotrofní vodní toky ve vyšších polohách s vysokým obsahem rozpuštěného kyslíku a nízkým obsahem živin a minerálů, např. dusíku, fosforu a vápníku. Mezi další požadavky patří vysoká kvalita vody, neutrální až slabě kyselé pH, dostatečné množství kvalitní potravy a vhodné složení a velikost substrátu dna. Vzhledem ke svému parazitickému vztahu s hostitelskými lososovitými rybami je jejich výskyt omezen pouze na vody pstruhového pásma. Pokud nejsou splněny, byť jen některé ze zmíněných podmínek, dochází k přerušení celého reprodukčního cyklu a tím úbytku dané populace.

3.5.1 Teplota vody – průběh teplotní křivky

Práce (Simon, Tichá, Rambousková, 2017) uvádí, že pro perlorodky říční je nejpříznivější teplota vody od 0 °C do 20 °C. Při dlouhodobém působení vyšších teplot se zrychluje metabolická aktivita mlžů a dochází tak ke zkrácení života populace až na 40 let. Studie dále uvádí, že pro úspěšný průběh reprodukčního cyklu je nutné, aby

teplota vody po určitou část roku překročila 15 °C, kdy dochází k dozrání larev uvnitř samic a jejich následnému vyvrhování do vodního prostředí.

Studie (Lavictoire, 2016) mimo jiné shrnuje předchozí poznatky o růstu mladistvých perlorodek při nižších teplotách. Bylo dokázáno, rychlost růstu klesá s klesající teplotou. Limitní teplota vody byla stanovena na 10 °C, kdy při nižších teplotách dochází pouze k zanedbatelnému růstu.

3.5.2 Rychlost toku – proudové poměry

Z článku (Marco, Kuehneweg, Schmidt, 2023) zabývající se hydromorfologickými preferencemi perlorodky říční v horských tocích Bavorského lesa vyplývá, že výskyt perlorodek byl omezen na části koryta řeky s hloubkou dna 0,2 – 0,4 m a rychlost proudu vody 0,2 – 0,8 m/s. Tyto poznatky jsou v souladu s prací (Simon, Tichá, Rambousková, 2017), která uvádí minimální hloubku výskytu jedinců perlorodek 0,1 m pod hladinou vody. Proudění vody je fluviatilní až mírně torrentilní s rychlostí proudu 0,2 – 0,4 m/s.

3.5.3 Nasycenost vody v hyporeálu kyslíkem

Článek (Hyvärinen, 2022) se zabývá laboratorním experimentem, při kterém byli dospívající jedinci perlorodky říční vystaveni různým koncentracím kyslíku po dobu 10 dnů. Výsledky ukázaly, že jedinci nedokáží přežít v extrémně nízkých koncentracích kyslíku, zatímco v kontrolovaných a středně nízkých koncentracích byli všichni jedinci na konci experimentu stále živí. Článek dále uvádí, že nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku (pod 15 %) mohou způsobit stresové chování a úmrtnost u dospívajících perlorodek, s důrazem na výzkum hypoxie (nízkého obsahu kyslíku) na jejich přežití, který dosud nebyl experimentálně studován. Výzkum tolerance dospívajících perlorodek vůči hypoxii by mohl přispět k pochopení potřeb tohoto kritického stádia životního cyklu perlorodky.

3.5.4 Kvalita vody – kyselost (pH)

Studie (Santos, Sanches Fernandes ad, 2015) sleduje vliv změny klimatu a fyzikálních parametrů vodního toku na výskyt perlorodky říční v řečištích severního Portugalska mezi lety 2000 až 2011. Zaměřuje se na změnu teploty vody, konduktivity, obsahu rozpuštěného kyslíku a jiných prvků ve vodě a také na kyselost vody vyjádřenou vodíkovým exponentem pH. Výsledkem pozorování byly téměř neměnné hodnoty pH v průběhu celého experimentu. V letech 2000–2009 byla průměrná hodnota pH vody rovna 6,5 (v letních měsících 6,7) a mezi lety 2009–2011 rovna 6,6. Tyto hodnoty jsou v souladu s prací (Simon, Tichá, Rambousková, 2017), která uvádí rozmezí pH vody pro výskyt jedinců perlorodky na 6,0 – 7,1.

Další studie (Reis, 2003) zabývající se výskytem perlorodky říční v oblastech severního Portugalska zjistila výskyt jedinců i ve vodních tocích s vyšší hodnotou pH než ve dříve zmíněných zdrojích. Například v řece Tuela byla v roce 2001 naměřena

hodnota pH rovna 7,63, v řece Rabaçal ve stejném období hodnota 7,45. Ostatní vodní toky v dané oblasti s výskytem společenství perlorodek již vykazovali hodnoty pH nižší, a to 6,73 – 7,07.

3.5.5 Struktura dnového substrátu

Práce (Lavictoire, 2016) řeší vliv velikosti dnového substrátu na přežití perlorodek v simulovaných laboratorních podmínkách. Ve shodě s předchozími studii (Liberty et al. 2007) došli k závěru, že přežití jedinců perlorodek bylo vyšší u hrubozrnných substrátů (1–2 mm), a to konkrétně 37–55 % po 362 dnech. Kdežto u jemnozrnnějších substrátů (0,25 – 1 mm) přežilo pouze 14–28 % jedinců. Studie uvádí, že hrubozrnný substrát podporuje lepší zásobování perlorodek kyslíkem a potravou než v případě jemnozrnného substrátu, zároveň také podporuje pohyb juvenilních jedinců a růst mladistvých perlorodek.

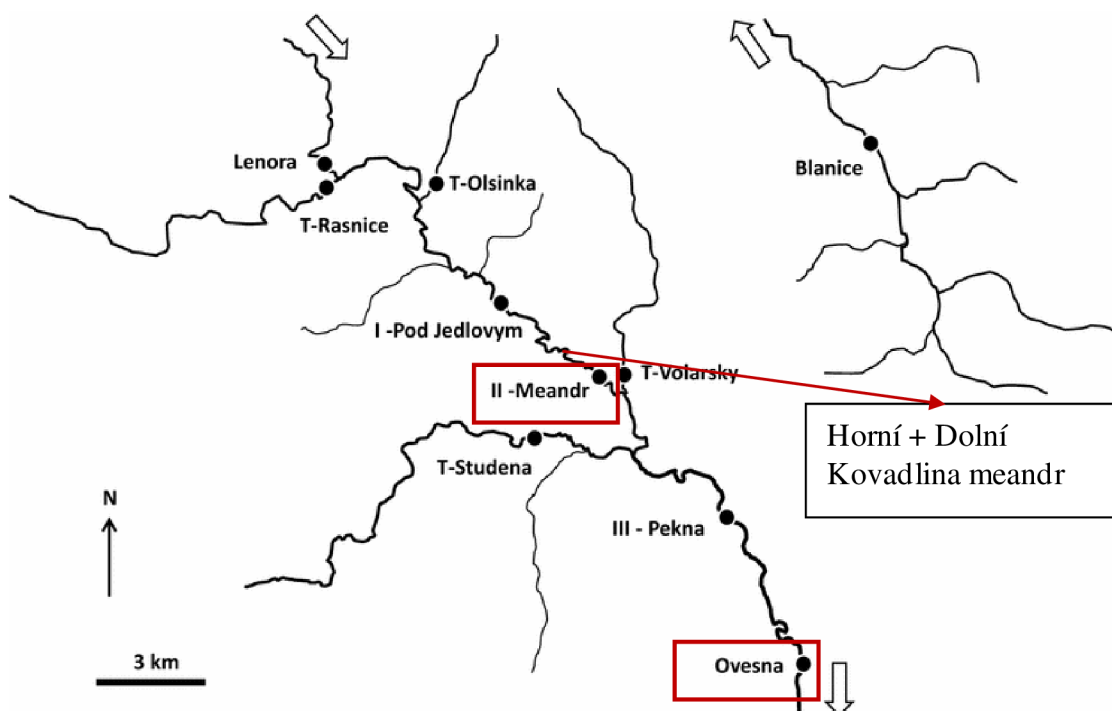
Tyto výsledky jsou v souladu s prací (Simon, Tichá, Rambousková, 2017), kde je uvedeno, že pro perlorodku říční je ideálním dnovým substrátem psammal s velikostí částic 6 μm – 2 mm, případně mikrolithal s částicemi o velikosti 2,0 – 6,3 mm. V obou případech je důležitá přítomnost volných prostor mezi jednotlivými částicemi dna bez povrchových organických sedimentů, které mohou snižovat obsah rozpuštěného kyslíku ve zvodnělé části dna.

3.5.6 Hloubková distribuce juvenilních perlorodek v korytě řeky

Autoři práce (Bílý, Simon, Barák, Jahelková, 2021) zkoumali hloubkovou distribuci juvenilních perlorodek v korytě řeky Teplá Vltava. Experiment probíhal ve vertikálně uložených propustných sondičkách naplněných substrátem ze dna řeky, do kterých byly umístěny testovací perlorodky. Vrchní část sondičky zůstala otevřená, aby z nich mohli perlorodky v průběhu experimentu uniknout. Experiment ukázal tendenci juvenilních jedinců pronikat do určité hloubky sedimentu, konkrétně nejvyšší počet přeživších jedinců byl zaznamenán v hloubce 2–3 cm v korytě řeky. Tato mělká pozice je vhodnější pro správnou koncentraci kyslíku a umožňuje také juvenilním jedincům uniknout ze sedimentu a driftovat na jiné místo, pokud se tyto podmínky zhorší. Naopak s rostoucí hloubkou roste i stabilita uchycení perlorodek na dně koryta řeky.

4 Metodika

Metodiku tohoto dlouhodobého experimentu lze rozdělit do třech hlavních etap, které probíhaly v letech 2014–2015 (Etapa 1), 2016 (Etapa 2) a 2019–2022 (Etapa 3). Experimentální oblasti jsou znázorněny na Obr. 4.



Obr. 4: Mapa lokalizace jednotlivých částí experimentu v oblasti NP Šumava (Černá, 2017)

4.1 Etapa 1 (2014-2015)

Terénní experimenty byly prováděny na 100 m dlouhém úseku ("experimentální meandr") Teplé Vltavy, který se nachází 3 km nad soutokem se Studenou Vltavou. Je součástí jádrové zóny NP Šumava v povodí Vltavy (Matasová et al., 2013; Simon et al., 2015). Předchozí studie ukázaly tuto lokalitu jako jednu z nejvýhodnějších pro přežívání a růst juvenilů v rámci povodí (Černá et al., 2018). Další studie (Matasová et al. 2013) uvádí výskyt subadultních mlžů na lokalitách v blízkosti experimentálního meandru a tato zjištění byla potvrzena i v roce 2019 (nepublikováno). Řeka je v tomto úseku široká asi 15 m a za normálních průtoků je celoročně broditelná. Složení říčního dna je velmi pestré. Vyskytují se zde kameny a štěrky, písek-štěrky a písek (ISO 14688-1:2002). Při nízkých průtocích se mohou vyskytovat malé dočasné peřeje. Jsou přítomny nesouvislé plochy makrofyt (zejména *Myriophyllum sp.* a *Batrachium sp.*). Experimentální zařízení byla umístěna v místech s nesouvislým štěrkovým substrátem (do 60 mm) s hrubou pískovou výplní (do 2 mm). Přesná lokace umístění sondiček není z článku Bílý a spol., 2021 patrná a počty jedinců se v každé sondičce lišily.

Hloubka vody na lokalitách se v době umístění zařízení pohybovala od 0,15 do 0,4 m, což umožňovalo přístupnost během instalace. Vzhledem k tomu, že koncentrace rozpuštěného kyslíku (DO) je rozhodujícím faktorem pro přežití juvenilních mlžů v hyporheických podmínkách (Chen et al., 2001, Roley & Tank, 2016), byly lokality stanoveny po předchozím zmapování kyslíkových podmínek, aby byly pro juvenilny co nejvhodnější. Hyporheická voda byla odebírána pomocí modifikace hyporheického vzorkovače (Trulleyová et al., 2003; Dahm et al., 2007; Hauer & Lamberti, 2007) a DO byla měřena v terénu pomocí kapesního oxymetru (INSA). Pro experimenty byly vybrány pouze mikrostanoviště, kde okysličení pravidelně překračovalo 70 % v 10 cm hloubce sedimentu.

K pokusům byli použiti mladí jedinci ve věku 1 roku a více (narození v roce předcházejícím pokusu) s délkou lastury od 0,5 do 1,0 mm, kteří patřili k místní ochránářské jednotce (Geist & Kuehn, 2005; Simon et al., 2015). Pocházely z Akčního plánu pro perlorodky říční v České republice (Švanyga et al., 2013). Před experimenty úspěšně absolvovaly jednoměsíční bioindikační expozici v cílové zóně Vltavy (Černá et al., 2018), čímž potvrdily svou životaschopnost. Po skončení experimentů byli všichni nalezení přeživší jedinci vráceni do chovného programu.

4.1.1 Experimentální zařízení

Experimentální zařízení (tzv. sondičky) tvořily trubky o průměru 3 cm a výšce 12 nebo 17 cm. Vnější vrstva sondičky byla vyrobena z nerezové sítě o hustotě ok 1,00 mm. Vnitřní vrstva sondičky byla vyrobena z nylonové síťoviny o hustotě 0,25 mm (Bílý et al., 2018), takže stěna sondičky byla pro experimentální jedince neprůchodná. Pouze horní ústí sondičky zůstalo otevřené, takže juvenilové mohli z pokusné sondičky uniknout. Toto opatření je pro průběh experimentu velmi důležité, a to i za cenu ztráty některých juvenilů, jelikož je stále důležitým faktorem, aby za nepříznivých podmínek mohl jedinec raději utéct než uhynout. Zkumavky byly naplněny velikostně frakcionovaným pískovým substrátem pocházejícím z povrchu říčního dna v místě pokusu. Byla použita zrnitost písku 1,0-2,0 mm, která byla úspěšně vyzkoušena v rámci Akčního plánu pro FPM v ČR, zejména pro bioindikaci (Bílý et al., 2018; Černá et al., 2018) a uvádí se, že je vhodný pro juvenilny (Lavictoire et al., 2016). Tato velikost zrn navíc umožňuje relativně snadné vyhledávání juvenilů pod stereomikroskopem. Aby se minimalizovaly změny přirozených biofilmů na povrchu zrn, byl písek odebrán a zrna dané velikosti separována maximálně 48 hodin před umístěním sondičky do terénu. Předtím byl frakcionovaný písek uložen při teplotě 14 °C, ponořený v nádobě s původní říční vodou.

Sondičky byly naplněny substrátem z frakcionovaného písku až 1 cm pod horní okraj. Byly uloženy ve svislé poloze, zcela ponořené v nádobě s říční vodou a v této poloze byly přepraveny na lokalitu. Bezprostředně před instalací sondiček do terénu byl na povrch substrátu umístěn stanovený počet juvenilů. Následně byli pokryti 1 cm silnou vrstvou frakcionovaného písku, takže zbývající prostor v sondičkách byl vyplněn. Tato 1 cm silná vrstva písku chrání juvenilny před rychlým vyplavením po

instalaci sondičky do řeky. Sondičky byly do říčního dna umísťovány v sadách po 3 nebo 5 kusech. Každá sada byla umístěna do speciálního plastového koše s řídkou mřížkou a velkými otvory a stejně vysokého jako sondičky. Vnitřní prostor koše byl oddělen horizontálně umístěnými plastovými provázky, která tvořily dvouvrstvou čtvercovou síť (3-9-3 cm). Pomocí této sítě lze sondičky umístit do svislé polohy, aniž by docházelo k jejich vzájemnému kontaktu. Delší okraj koše, a tedy i řada sondiček, byl umístěn ve směru napříč říčním korytem. Nejprve byl koš umístěn do předem vyhloubeného otvoru v říčním dně. Horní okraj koše odpovídal okolnímu pokryvu dna, stejně jako horní okraj sondiček, které byly do koše umístěny následně. Při manipulaci se ukázalo být vhodným otevřené horní ústí sondiček zajistit elastickou blánou, aby se zabránilo ztrátě substrátu nebo juvenilů vlivem říčního proudu. Nakonec byl zbývající prostor koše mezi sondičkami vyplněn substrátem ze dna pocházejícím z místa instalace koše a elastická membrána na sondičkách byla odstraněna. Přestože byl substrát uvnitř trubek speciálně připraven, sondičky byly obklopeny původním substrátem dna a vystaveny v přirozeně proudící hyporheické vodě.

4.1.2 Laboratorní zakončení experimentu

Po stanovené době (týdny/měsíce) byly zkumavky z košíků vyjmuty. Sondičky byly opatřeny elastickou membránou na horním ústí trubice a převezeny do laboratoře (v nedaleké terénní výzkumné stanici), přičemž byly ponořeny do říční vody v terénním termoboxu. Přeprava trvala maximálně 45 minut.

V laboratoři byl sloupec substrátu z každé sondičky ihned rozdělen do vrstev o hloubce cca 0,75 cm. Zkumavka byla umístěna vertikálně, horním (otevřeným) ústím dolů a položena na malou Petriho misku. Plný objem této Petriho misky představoval přibližně 0,75 cm sloupce substrátu. Jednotlivé vrstvy byly postupně odsypávány. Mezi odsypáním jednotlivých vrstev bylo ústí zkumavky vždy uzavřeno tenkou plastovou destičkou.

Vlhký písek se stává kompaktní, přilnavou hmotou, která zabraňuje pohybu mezi zrny, tudíž nedocházelo k propadu juvenilů mezi hloubkovými horizonty během procesu separace. Nakonec byla připravena sada malých Petriho misek obsahujících separovaný substrát o tloušťce vrstvy asi 0,75 cm. Každá separovaná vrstva byla přesunuta do větší Petriho misky (o průměru 10 cm), což umožnilo rozprostření zrn substrátu. Misky byly naplněny říční vodou a uloženy v termoboxu až do pozorování. Následně byly vrstvy pečlivě pozorovány pod stereomikroskopem po malých částech. Juvenilové (živí i mrtví) byli spočítáni a zařazeni do kategorií podle výskytu ve sledované hloubkové vrstvě substrátu. Pro maximální přesnost výsledků hlavního experimentu byl změřen skutečný objem každé zpracované vrstvy substrátu a zpětně přepočítána skutečná výška jednotlivých vrstev s přesností na 1 mm. Pro konečné vyhodnocení hloubkového rozložení juvenilů byly z číselných výsledků vytvořeny histogramy.

4.1.3 Další měření v rámci etapy 1

Každý koš umístěný *in situ* (= *na místě experimentu*) byl vybaven dvěma teplotními dataloggery (HOBO Onset), které zaznamenávaly teplotu každou hodinu po dobu expozice v hloubce 3 a 10 cm (5 a 15 cm v úvodním experimentu). Ze stejných hloubek byly nad povrch říčního dna vedeny dvě silikonové hadice o průměru 4 mm. Ty umožnily kdykoli během experimentu kontrolovat okysličení hyporheické vody; tato metoda byla použita s ohledem na potřebu nenarušit strukturu substrátu v těsné blízkosti hadiček, a to i za cenu případných nepřesností měření DO v souvislosti s odběrem vzorku vody (Quinlan et al., 2014). Spodní (sběrný) konec hadice byl chráněn proti ucpání dvěma vrstvami sítě. Horní konec byl vysunutelný nad vodní hladinu a sloužil k odběru vzorku pomocí injekční stříkačky (Rulík et al., 2000). Po odebrání objemu hadice byl další objem vody použit k okamžitému měření DO a vodivosti vody pomocí polního oxymetru a konduktometru (INSA, WTW). DO a vodivost vody byly měřeny také ve volně tekoucí vodě. Kromě toho byla na stanovištích měřena hloubka vody a rychlost proudění.

4.2 Etapa 2 (2016)

Druhá etapa měření začala v roce 2016, ale skončila předčasně v roce 2017. Celý výzkum byl neplánovaně pozastaven z personálních důvodů členů výzkumného týmu. Měla ale následovat na řece Blanice a Malše.

Jediný experiment v druhé etapě probíhal na dvou lokalitách. Konkrétně na Ovesné, což je 3 km od soutoku Studené a Teplé Vltavy a dále na již zmiňovaném **experimentálním meandru**. Mezi tím, co v předchozích letech experimentu se separovalo 12 cm substrátu po 1 cm, v roce 2016 se bral substrát pouze do hloubky 8 cm, ale opět separovaný po 1 cm, jelikož pilotní experiment dokázal, že juvenilní perlorodky se nevyskytují ve hloubce vyšší než 8 cm.

Výzkumná expedice se rozhodla v tomto roce založit sondičky jiným způsobem, a to konkrétně ne v košíčkách pro řadu perlorodek, nýbrž pro každou perlorodku zvlášť. U každé sondičky tak bylo celkem 13 perlorodek říčních ve vlastním košíčku. Košíčky nyní měly rozměry cca 10x6 cm. Vše probíhalo na 150 m dlouhém úseku Vltavy. Na experimentálním meandru bylo založeno sedm sondiček po 13 juvenilních jedincích. Na Ovesné bylo založeno také 7 sondiček, jedna však byla zničena. Veškeré hodnoty byly důkladně zaznamenávány a zapisovány do excelových tabulek.

4.3 Etapa 3 (2019-2022)

Z již zmíněných důvodů následovaly experimenty až v roce 2019. Jelikož uplynulo tolik let, rozhodli se výzkumníci udělat několik změn. Jednou z nich je návrat ke košíčkům, kde bylo více perlorodek pospolu, z důvodu předchozích zkušeností z etapy 2.

4.3.1 Měření v roce 2019

V roce 2019 byly hyporeálové systémy nainstalovány na více místech do společných "hnízd", kde byly testovány sondičky s různými vlastnostmi, včetně nerezové síťoviny s otvory o průměru 1 mm (otevřené nahoře) a lisované síťoviny se zinkovanými otvory o průměru 0,75 mm (uzavřené víčkem). Substrát byl měřen po 3 cm, nikoli po 1 cm, jako v předešlých letech. Lokality byly zvoleny takovým způsobem, aby se co nejvíce podobaly biohabitatům, v kterých se perlorodky v dané oblasti reálně nacházejí.

Vybraly se 3 lokace v okolí města Volary s názvy **A** neboli **experimentální meandr** se souřadnicemi cca 48.8758653 N, 13.8830622 E, **B** neboli **nátok** se souřadnicemi 48.8750889 N, 13.8842156 E a **C** neboli **odtok** se souřadnicemi 48.8742706 N, 13.8843228 E.

Bylo použito celkem 5 typů sondiček – rohová, s víčkem naspođu, rohová s ochrannou membránou, s uhelonem a s hadičkou. Odlišnosti v konstrukci sondiček byly zvoleny tak, aby se mohl zkoumat jejich vliv na jedince MM.

V každé experimentální lokaci bylo založeno 6 sondiček vždy po 10 či 20 jedincích – tento rozdíl je dán velikostí sondičky a vhodností lokace pro růst juvenilních perlorodek na základě rozhodnutí vedoucího experimentu. U každé ze sondiček č. 2 až 6 probíhala metodika opakovaných „šplouchů“, neboli po kolikátém šplouchu čili výplachu, se objevilo, kolik dalších dosud neobjevených juvenilů. Vždy 5 výplachů. Ve všech sondičkách č. 1 tento test neprobíhal a počet byl normálně vyhodnocen po prvním šplouchu.

4.3.2 Měření v roce 2020

V roce 2020 byly testovány trubicové síťové systémy na čtyřech lokalitách hyporeálu Teplé Vltavy. Konkrétně se jednalo o **nátok perlomeandru (NAT** – cca souřadnice 48.8751136 N, 13.8841956E), **experimentální meandr (EXP** – cca souřadnice 48.8758122 N, 13.8831011 E), **dolní kovadlinový meandr (KOVD** – cca souřadnice 48.8770647 N, 13.8758806 E) a **horní kovadlinový meandr (KOVH** – cca souřadnice 48.8787333 N, 13.8751297 E). Systémy byly tvořeny 8, 7, 13 a 9 sondičkami na každé lokalitě. Do každé sondičky bylo na počátku experimentu založeno 12 jedinců. Sondičky nebyly tentokrát instalovány do společných ploch, ale jednotlivě do vybraných mikrohabitatů s různými podmínkami. V každém místě založení sondičky byly den před instalací měřeny všechny následující parametry prostředí: rychlost proudění u dna řeky (m/s), 25/50/75 cm ode dna, rychlost proudění těsně pod hladinou, kyslík z hadičky v mg/l, kyslík z hadičky v %, teplota vody, teplota volné vody a kyslík ve volné vodě (%; mg/l). Důležitým faktorem je, že sondičky byly 8 cm dlouhé z pozinkovaného kovu bez uhelonové výstelky (= *tkanina, z níž se dělala vnitřní výstelka některých sondiček*).

4.3.3 Měření v roce 2021

V roce 2021 bylo instalováno 30 drátěných nerezových sondiček o délce 10 cm s vnitřní vrstvou uhelonu typ 25 S do hyporeálu Teplé Vltavy – souřadnice byly velmi podobné jako v roce 2020 (**EXP** – úsek od 48.8757678 N, 13.8831144 E do 48.8763853 N, 13.8828758 E). Pouze však na území **experimentálního meandru**, jelikož na lokalitách z předchozích let byly provedeny výsadky. Podmínky mikrohabitatu byly podobné jako v předchozím roce.

Na bioindikace byli využiti 1+ MM jedinci o velikosti cca 1 mm. Do každé hyporeálové sondičky bylo umístěno 12 perlorodek, byl instalován HOBO teploměr a všechny sondičky byly nahoře otevřené s možností úniku perlorodky. Žádné nebyly shora zasíťovány.

Na 1 m² (do tzv. superčtverce) bylo založeno 8 kyslíkových sond. V každém rohu „superčtverce“ byly 2 kyslíkové sondy v hloubkách 3 a 13 cm pod sebou, s hadičkami pro měření kyslíku z obou hloubek. Mimo kyslíkové sondy byly do jednotlivých rohů instalovány i 4 ks bioindikačních destiček vždy s 11 jedinci 1+ MM.

V každém mikrohabitatu založení sondičky byly každý den před pokusem měřeny všechny následující parametry prostředí: redox potenciál, kyslík nasáváním ze dna, penetrometrie ve dvou hloubkách (ca 3 a 13 cm), hloubka, resp. výška vodního sloupce a rychlost proudění vodoměrnou vrtulí typu SEBA od NPŠ.

Extrakce instalací proběhla rozsortováním sondiček přímo v terénu po 2 cm (vnitřní rozsah sondiček byl cca 8 cm). Do laboratoře byly odneseny z každé sondičky 4 vrstvy a z těch poté postupně flotací získávány 1+ MM. Každé promísění s vodou a vyšplouchnutí na bílou misku v zápisu jako 1 „šplouch“. Zapisováno bylo 5 dílčích „šplouchů“ a dalších 5 v celku (6-10) – pro jistotu, kdyby byla nějaká MM přichycena pevněji k substrátu, aby nebyly zbytečné ztráty živých jedinců.

Při flotaci bylo zapisováno množství detritu: 0 – čirá, 1 - trochu detritu, 2 - středně detritu (na misce už dost hnědého materiálu) a 3 - mnoho detritu (tolik detritu, že není vidět vyflotovaný materiál a bylo nutno přes sítko přecedit a propláchnout).

Při flotaci zapisován i údaj o substrátu. Písek je o velikosti zrna 1-2 mm, který byl dán do sondiček. Přítomnost jiného typu substrátu, jako jsou kamínky a větší zrna, která svědčí o tom, že část materiálu ze sondiček byla vymyta a nahrazena v průběhu experimentu.

4.3.4 Měření v roce 2022

V roce 2022 byl cílem otestovat stejné mikrohabitaty jako v předchozím roce, ale kvůli změnám v prostředí nebylo možné všechny znovu otestovat. Několik mikrohabitatu bylo zničeno, a tak byly založeny nové, pod jinými názvy. Dále byly založeny sondičky tzv. trvalky (TR/TRVA), které jsou nyní nainstalované na neurčitou

dobu. Drátěné nerezové sondičky byly shodné jako v roce 2021. Celkový počet sondiček v roce 2022 byl 28.

Na každém mikrohabitatu při jednotlivých kontrolách byl měřen: kyslík a pH (nasáváním hyporeálové vody z hadiček vycházejících od sondiček), teplota hyporeálové vody, hloubka, resp. výška vodního sloupce a redox potenciál na 6 bodech kolem sondičky. Při poslední kontrole proběhlo hydrometrování, neboli měření rychlosti proudění na jednotlivých mikrohabitatech cca 5 cm u dna, po 25 cm vodního sloupce a cca 5 cm pod hladinou řeky. Při každé návštěvě zapisovány průtoky v m³/s na Chlumu (Teplá Vltava) a každá sondička měla na sobě teploměr. Po měření v tomto roce byly sondičky zrušeny a vyndány z řeky. Ponechaly se pouze tzv. trvalky.

5 Výsledky

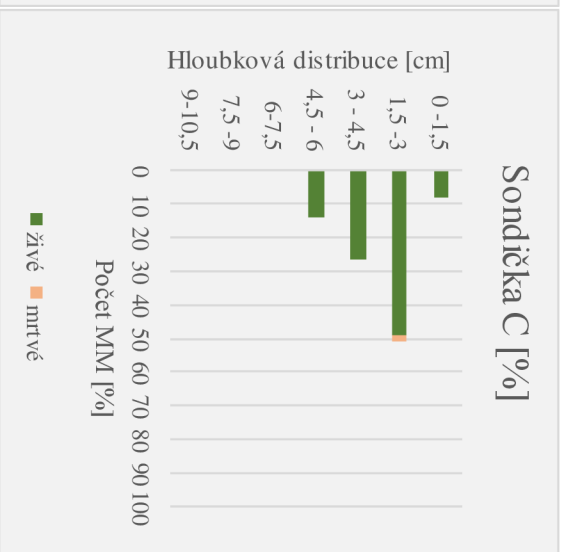
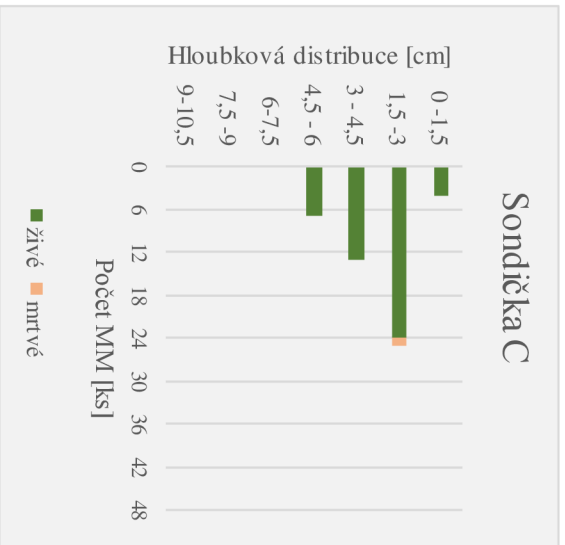
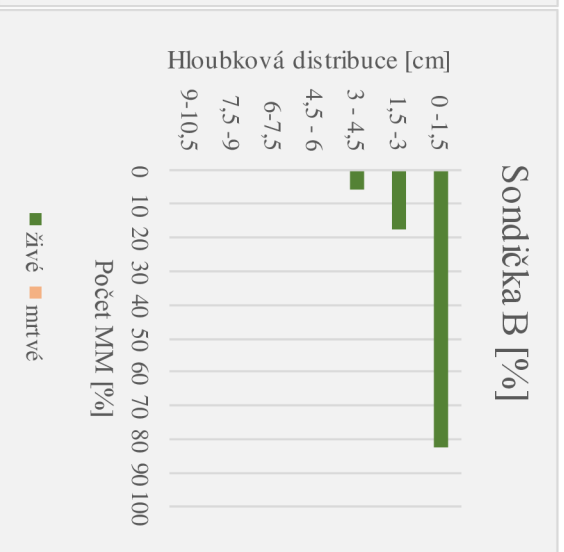
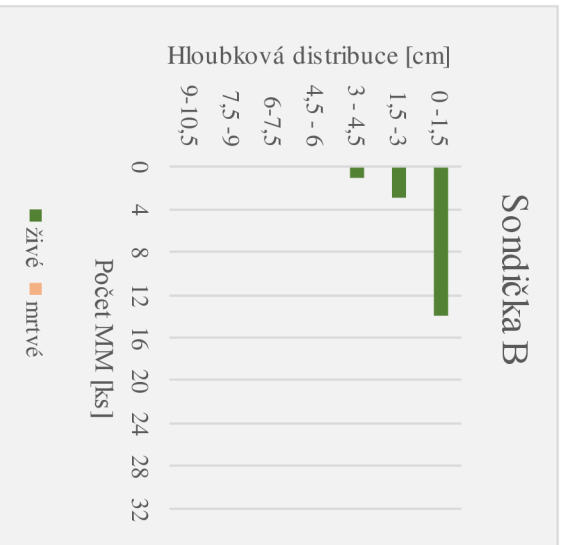
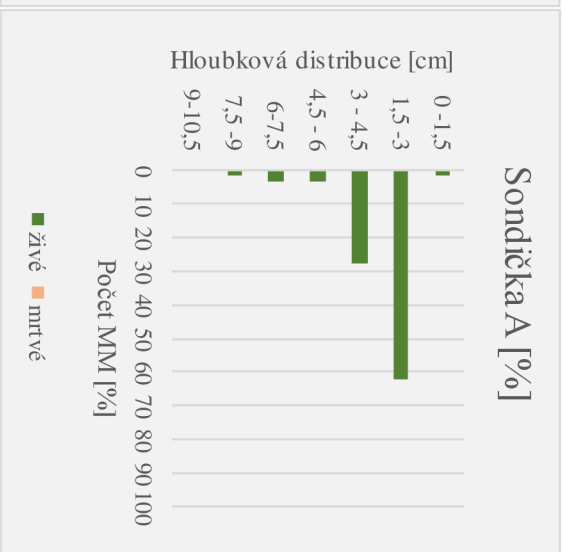
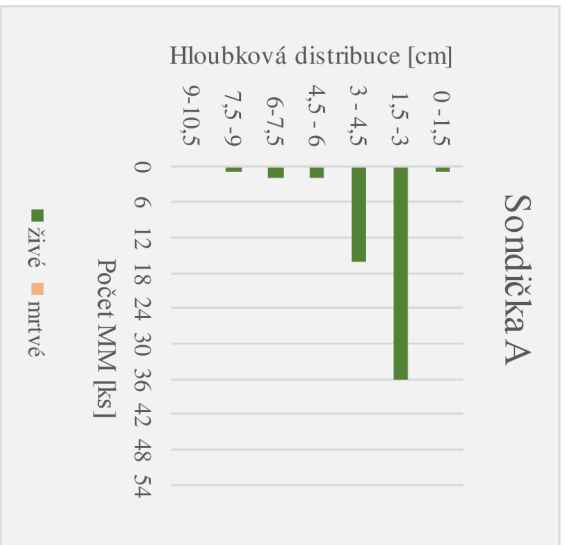
V této kapitole budou podrobně analyzována data získaná z dlouhodobých experimentů popsaných v předchozí kapitole. Data z etapy 1, však byla v minulých letech již zpracována a publikována v článku Bílý a spol., 2020. Tab. 1 shrnuje vybrané informace o jednotlivých etapách v průběhu experimentu.

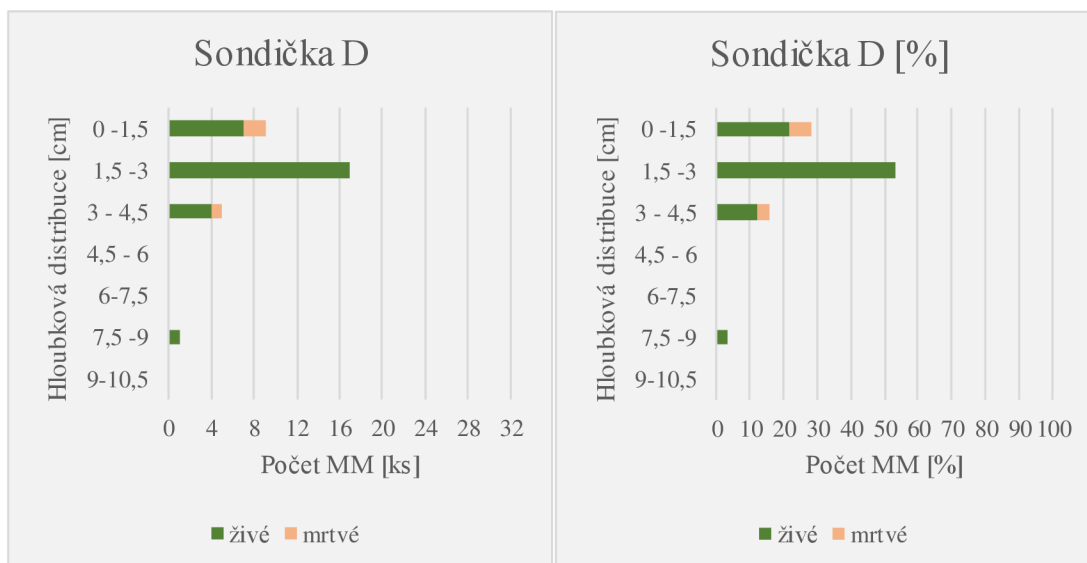
Tab. 1: Přehled vybraných informací o jednotlivých etapách v průběhu experimentu

Etapa	Roky	Lokace	Místo experimentu	Počet sondiček	Počet jedinců v sondičce
1	2015	Teplá Vltava	Experimentální meandr	4	58, 17, 49, 32
2	2016	soutok Studené a Teplé Vltavy	Exp. meandr, Ovesná	7, 7	13
3	2019	Pod Volary	Exp. meandr, nátok perlomeandru a odtok perlomeandru	6, 6, 6	10, 20
	2020	hyporeál Teplé Vltavy	Nátok perlom., exp. meandr, dolní kovářlinový meandr, horní kovářlinový meandr	9, 13, 8, 7	12
	2021	Chlum	Experimentální meandr	30	12 (30*12)
	2022	Chlum	Experimentální meandr	28	12 (28*12)

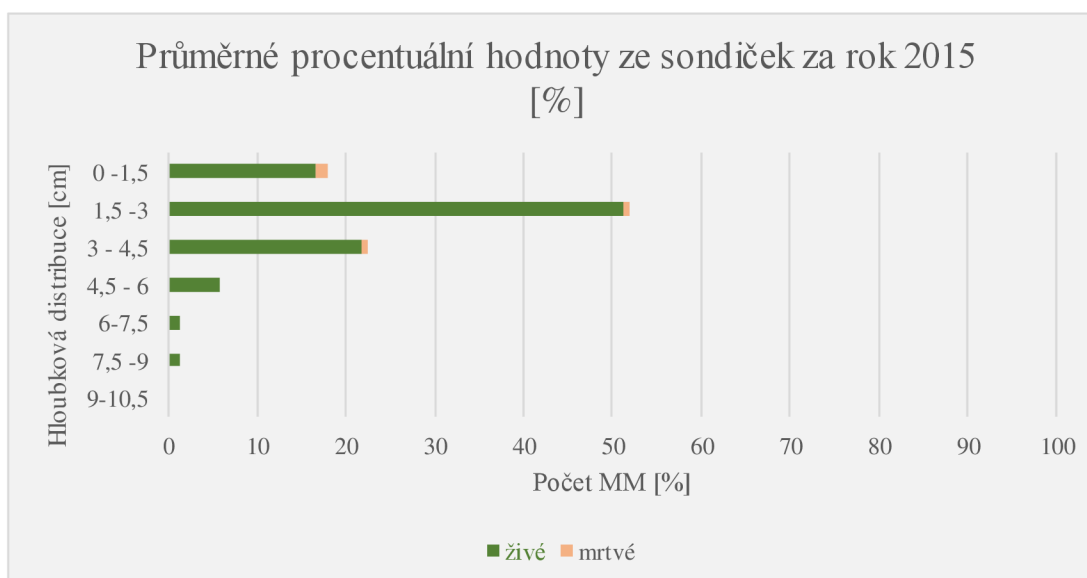
5.1 Analýza etapy 1

Jednalo se vždy o vysoký počet jedinců v každé sondičce, a to 58, 17, 49 a 32. Jak již bylo zmíněno, lokace sondiček A, B, C a D nejsou přesně pojmenovány. Vyhodnocení počtu nalezených MM probíhalo v laboratoři vždy po 1,5 cm odebraného substrátu. Na Obr. 5 a 6 jsou uvedeny údaje jak vzhledem k samotnému počtu jedinců, tak jejich procentuální zastoupení.





Obr. 5: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, Sondičky A–D



Obr. 6: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2015

Na Obr. 5 je zobrazeno vyhodnocení sondiček A, B, C a D, kde v každé ze sondiček byl nalezen plný počet jedinců, kteří byli do sondiček vloženy. V sondičce B bylo dokonce o 1 jedince více. Dále byl nalezen vysoký počet živých jedinců a velmi nízký počet mrtvých v každé ze sondiček. Pouze v sondičce C a D byli nalezeni mrtví jedinci. Nejvyšší počet nalezených jedinců byl do hloubky 3 cm (konkrétně 1,5-3 cm).

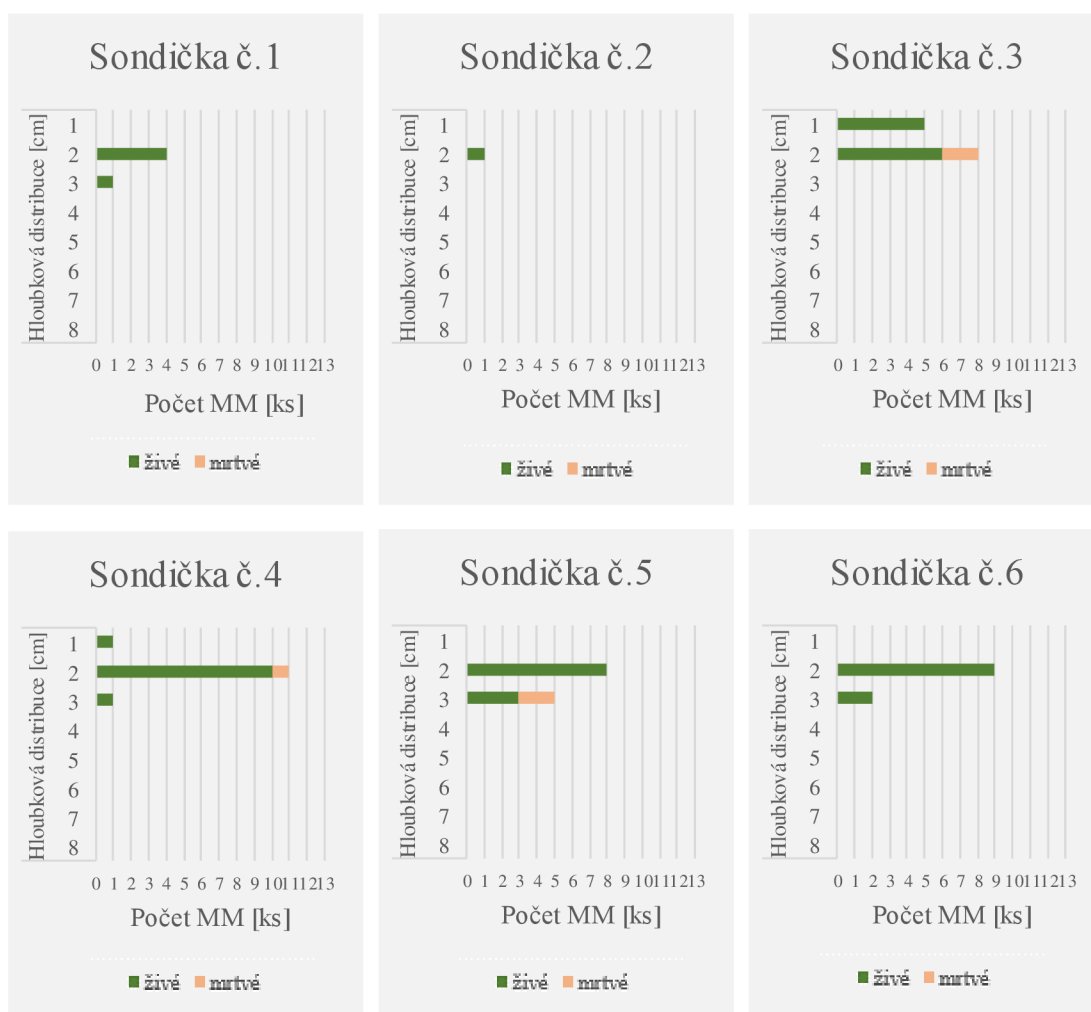
Obr. 6 ukazuje celkový počet všech nalezených MM v sondičkách A-D za rok 2015. Z průměrného procentuálního grafu lze říci, že se perlorodky nejčastěji nacházejí v hloubce 1,5-3 cm od povrchu. Následují hloubkové rozpětí 0-1,5 a 3-4,5

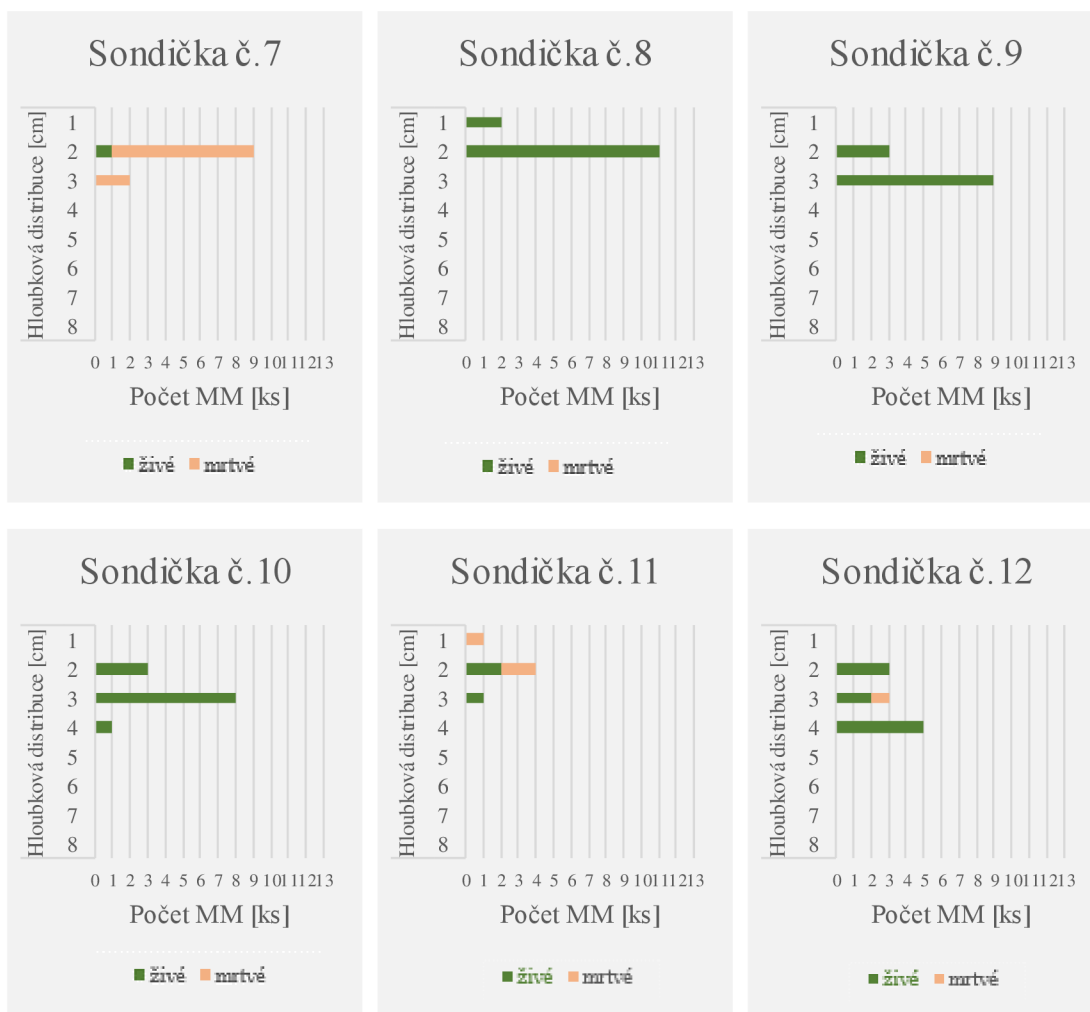
cm. Hloubka, kde se jedinci v tomto případě vůbec nevyskytují je 9-10,5 cm. Počet přeživších vyjádřený v procentech je 98 %, jejich procentuální úmrtnost je 2,6 %.

5.2 Analýza etapy 2

Sondičky č. 1-7 byly založeny na experimentálním meandru, sondičky č. 8-13 na Ovesné. V sondičce č. 13 nebyl po ukončení experimentu objeven žádný juvenilní jedinec. Zároveň byla sondička č. 14 během experimentu zničena, a tudíž k ní nejsou žádná data.

První skupina grafů (Obr. 7) udává počet nalezených živých a mrtvých MM pro každou sondičku po skončení experimentu. Na Obr. 8 jsou zobrazeny shrnující grafy průměrných hodnot pro sondičky 1-7, 8-13 a celkový průměr za rok 2016 značící procentuální zastoupení živých a mrtvých jedinců na celé oblasti experimentálního meandru a Ovesné.

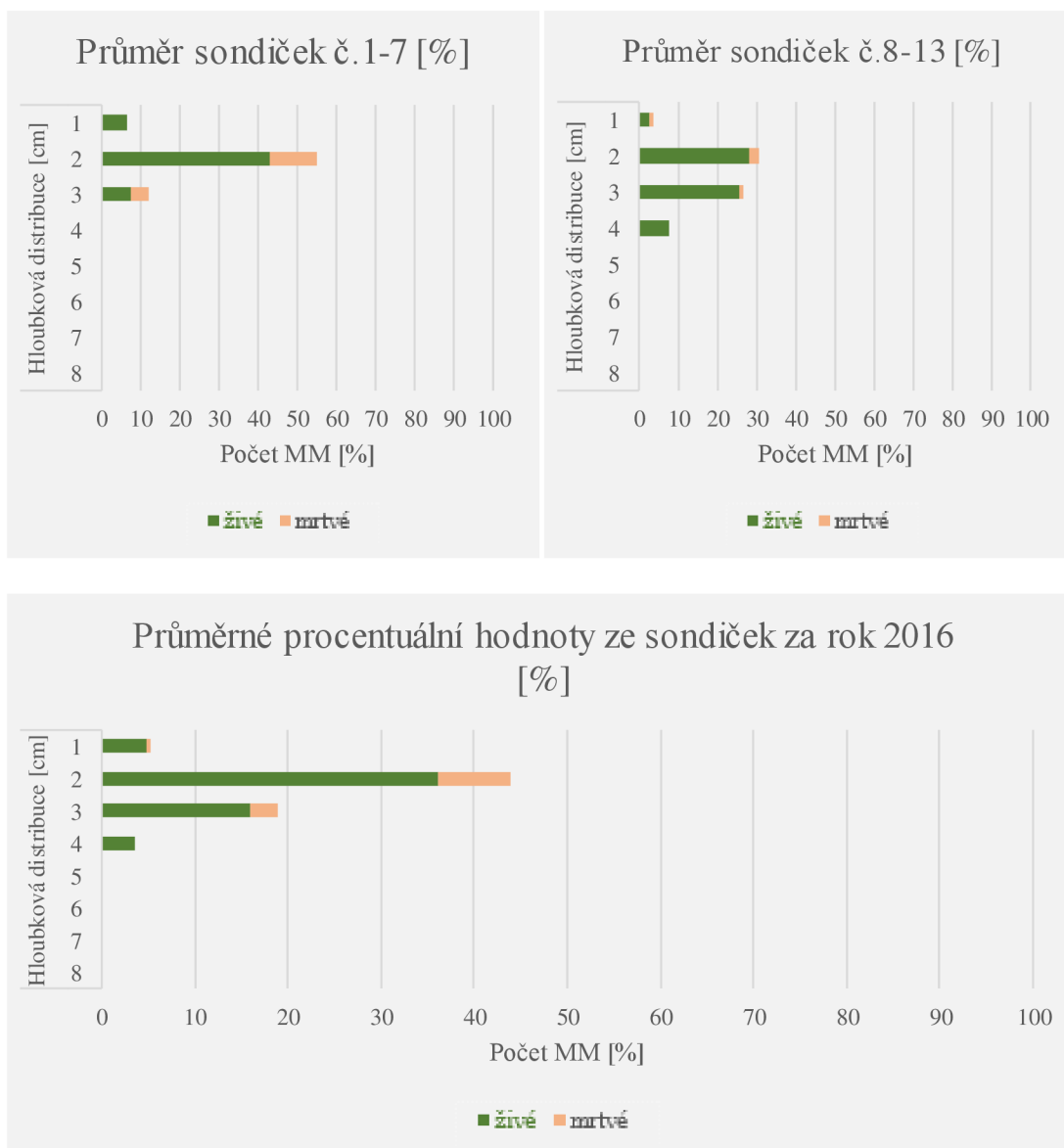




Obr. 7: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, Sondičky č. 1-12

Na Obr. 7 je zobrazeno celkem 13 grafů reprezentující jednotlivé sondičky. Každý graf je závislostí počtu nalezených MM (živých či mrtvých) na vzdálenosti od horního otvoru sondičky (hloubková distribuce).

Grafy č. 2 a 13 mají téměř nulové a nulové hodnoty, v sondičkách č. 3, 4, 5 a 8 byli nalezeni všichni juvenilní jedinci z původního počtu (13). U těchto sondiček počet přeživších jedinců výrazně převyšoval počet juvenilů, kteří během experimentu uhynuli. Sondičky č. 6, 8, 9 a 10 obsahovaly pouze živé jedince. Vybočuje však graf č. 7, kde téměř všechny perlorodky z neznámého důvodu uhynuly.



Obr. 8: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2016

Z průměrných hodnot grafu na Obr. 8 vyplývá, že chování juvenilních jedinců bylo na obou lokalitách srovnatelné. V obou případech se procentuální počet živých nalezených jedinců pohybuje kolem 60 %. Na lokalitě experimentálního meandru se jedinci vyskytovali nejčastěji v hloubce 2 cm, méně pak v hloubce 1 a 3 cm, byl zde však nalezen i nejvyšší počet mrtvých juvenilů. Data získaná v druhé lokalitě Ovesná vykazují podobnou hloubkovou distribuci perlorodek jako na experimentálním meandru. Nejvyšší počet perlorodek byl nalezen v hloubce 2 cm, jen o něco méně jedinců v hloubce 3 cm. Na rozdíl od první lokace se na Ovesné nacházeli juvenilové i v hloubce 4 cm.

Z průměrných dat experimentu roku 2016 vyplývá, že se největší procento nalezených živých i mrtvých juvenilních jedinců perlorodky říční nachází v hloubce 2 cm od ústí sondičky. Juvenilové se nacházeli pouze v hloubce do 4 cm. Počet

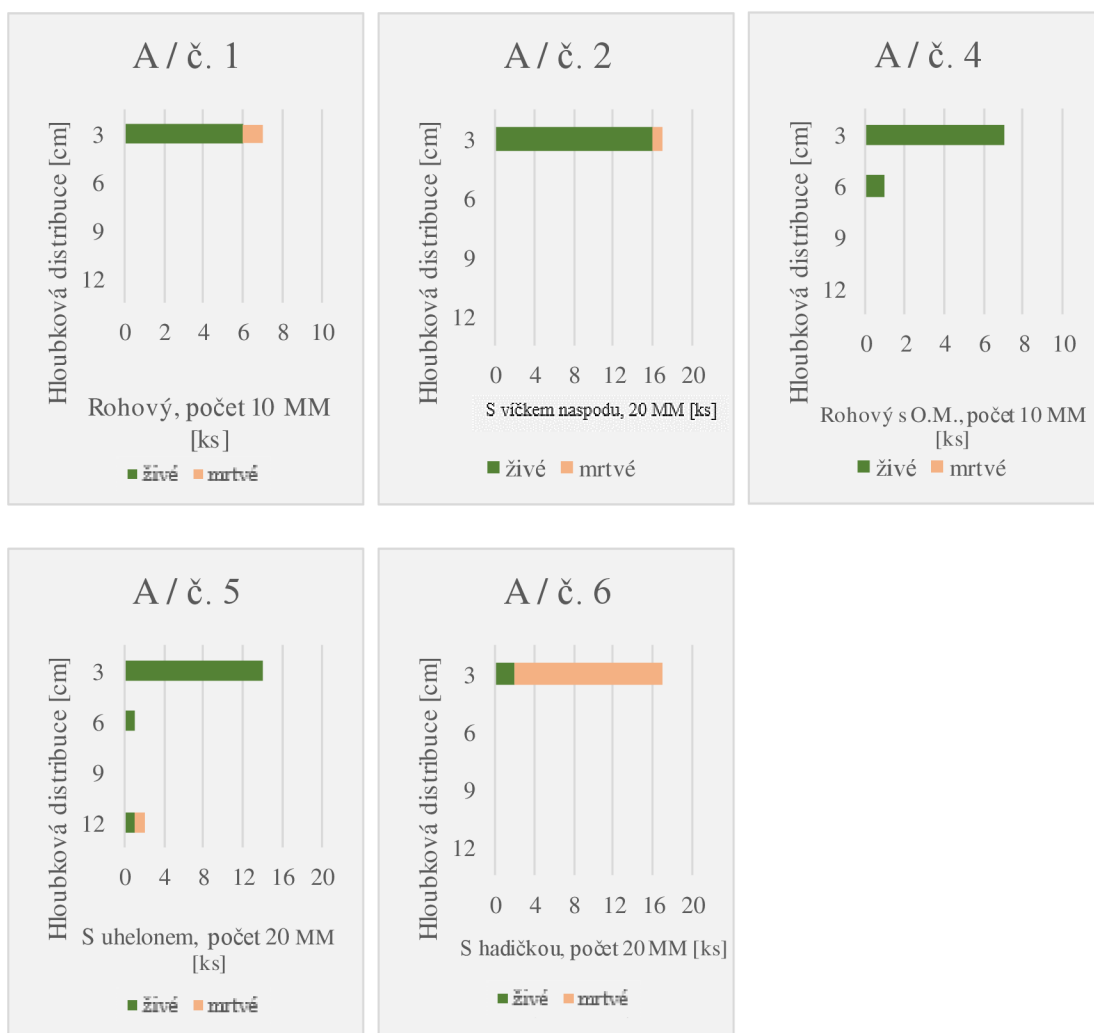
přeživších vyjádřený v procentech je 60,3 %, jejich procentuální úmrtnost je 11,2 % a zbylé perlorodky během experimentu unikly do říčního toku.

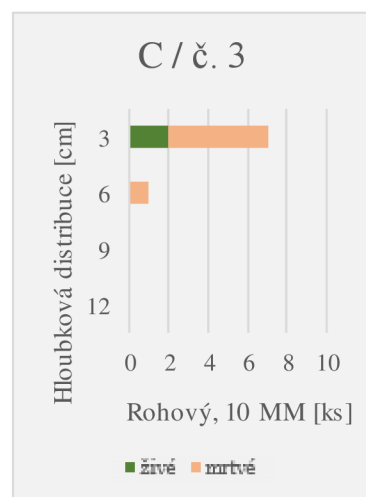
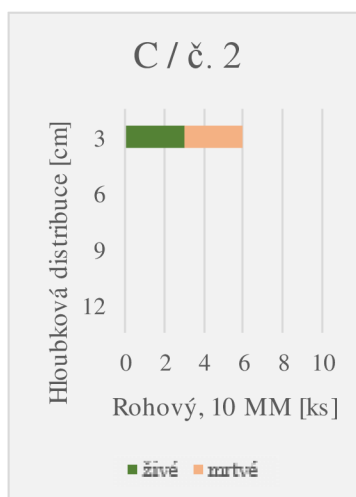
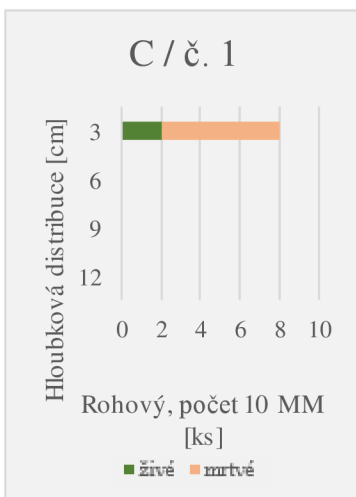
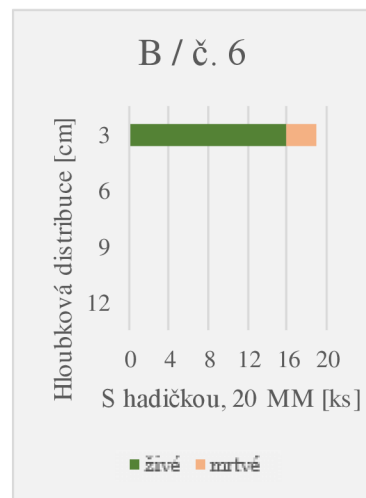
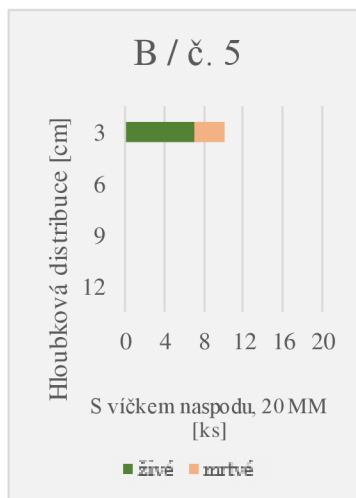
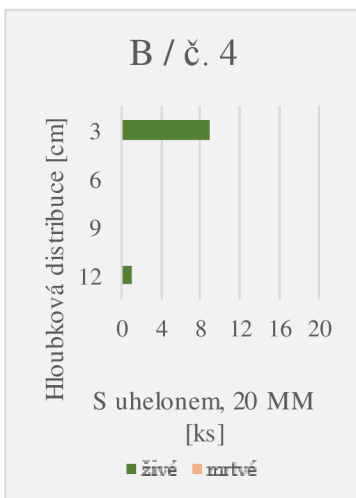
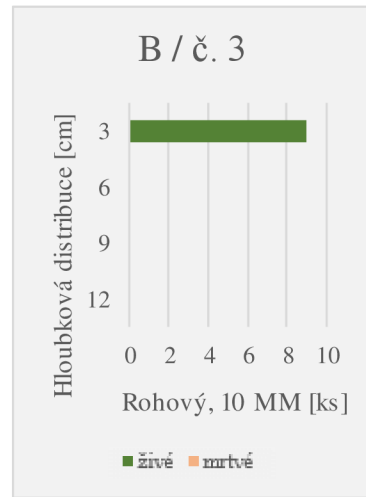
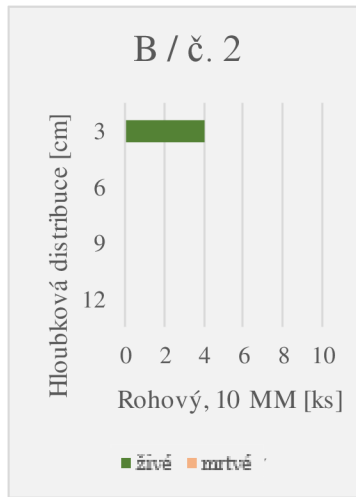
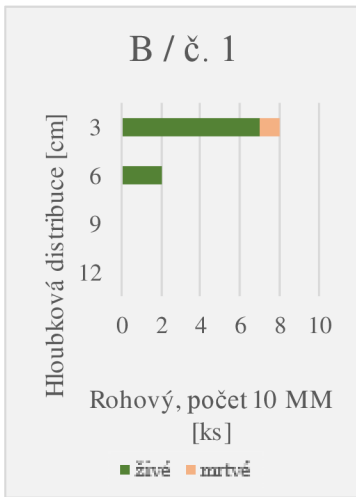
5.3 Analýza etapy 3

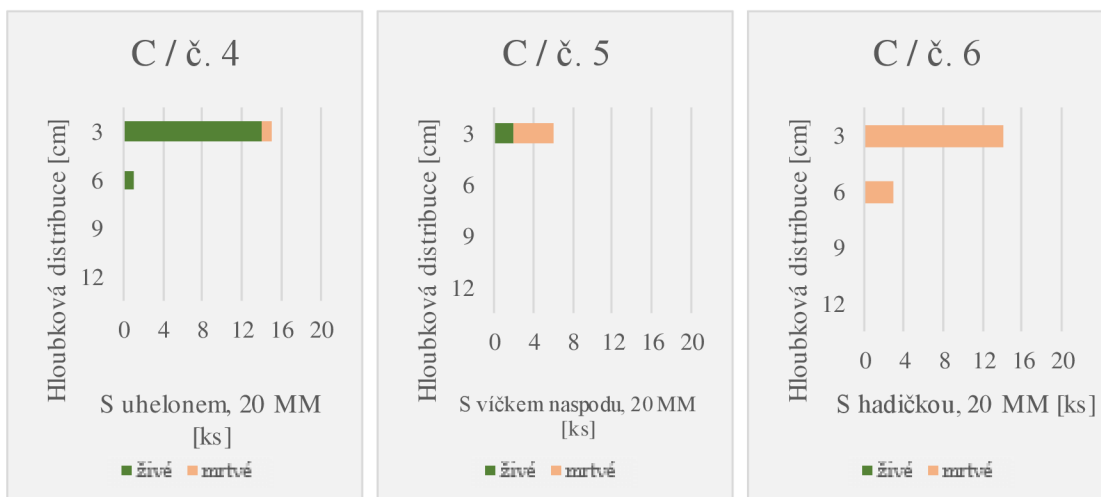
Výsledky této etapy jsou rozděleny do 3 podkapitol dle roku provedení experimentu – 2019, 2020 a 2021. Toto rozdělení je z důvodu odlišnosti provedení experimentu a analýzy získaných dat.

5.3.1 Analýza z dat roku 2019

V sondičce A č. 3 nebyli nalezeni žádní juvenilové – horní hrana sondičky byla zasypaná cca 4 cm pod úroveň terénu říčním substrátem. Na sondičce B č. 6 se nacházelo 9 jedinců na uhelonu, uzavírajícím hadičku sondičky s růžovým víčkem. Perlorodky v sondičce C č. 6 měly otevřené lastury ve fázi 5+, což značí jejich úmrtí.



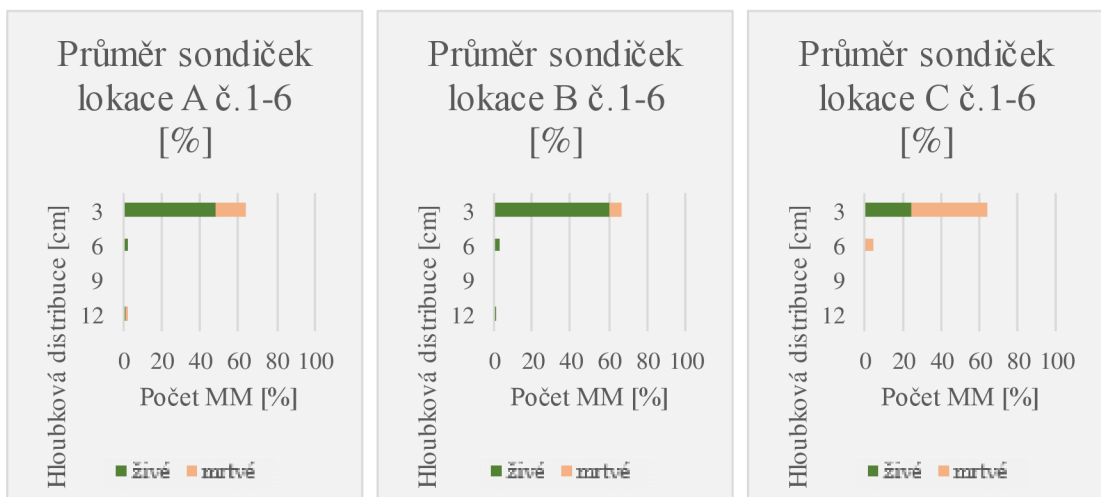


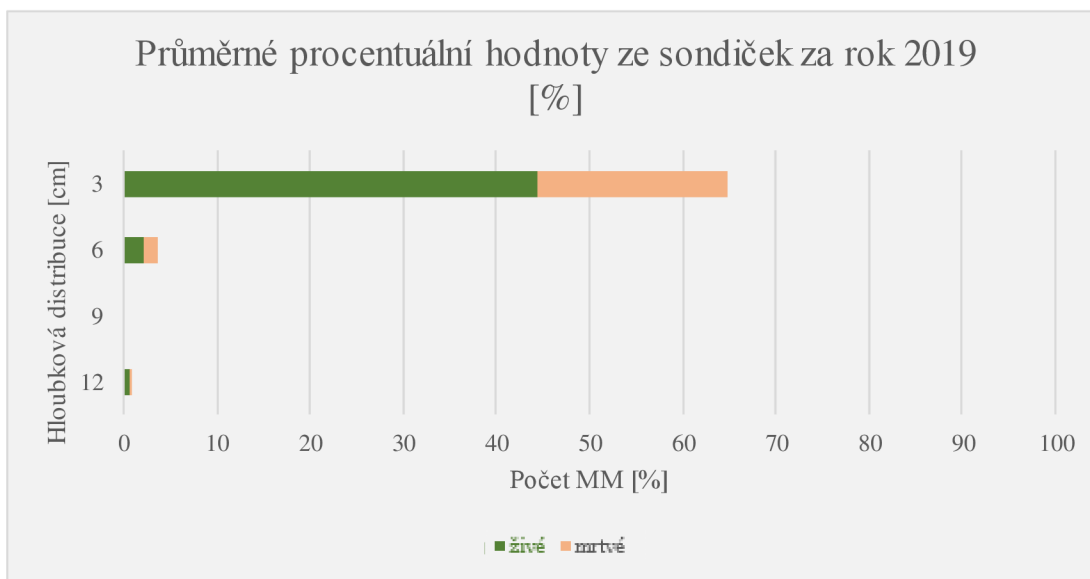


Obr. 9: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, Sondičky A–C, č. 1-6

Z grafů v Obr. 9 je patrné, že v ani jedné sondičce nebyli nalezeni všichni původní jedinci perlorodky. Stejně jako v předchozích letech u většiny sondiček počet přeživších jedinců výrazně převyšoval počet juvenilů, kteří během experimentu uhynuli. Výjimkou však byly sondičky A č. 6, C č. 1, C č. 3, C č. 5 a C č. 6. V jedné z nich (C č. 6) se našli všichni jedinci mrtví.

Mrtví jedinci byli převážně ve fázi 1, z nichž 3 jedinci byli jen ve fázi periostrika (= *na ochranu, pružná, tenká, nejsvrchnější vrstva schránky*). Horní úroveň písku v růžovém šikmém válečku byla cca 3 cm pod horním okrajem trubice.





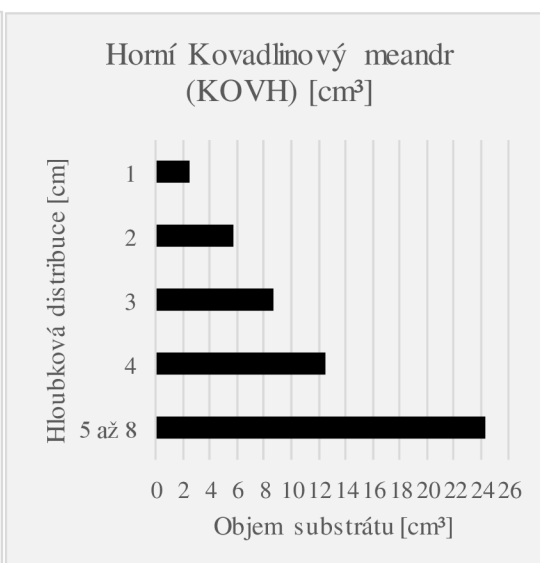
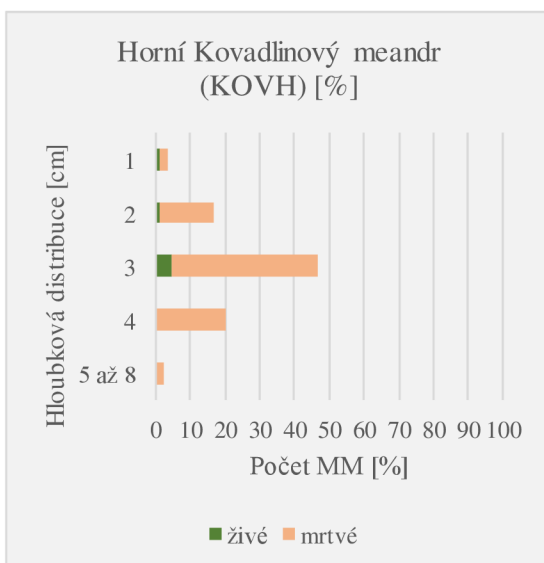
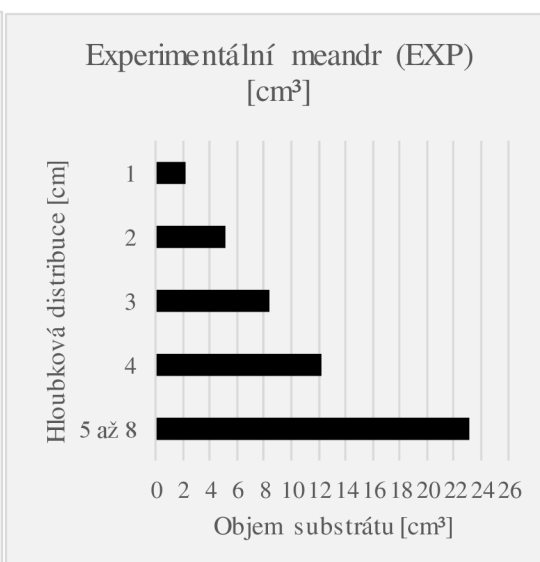
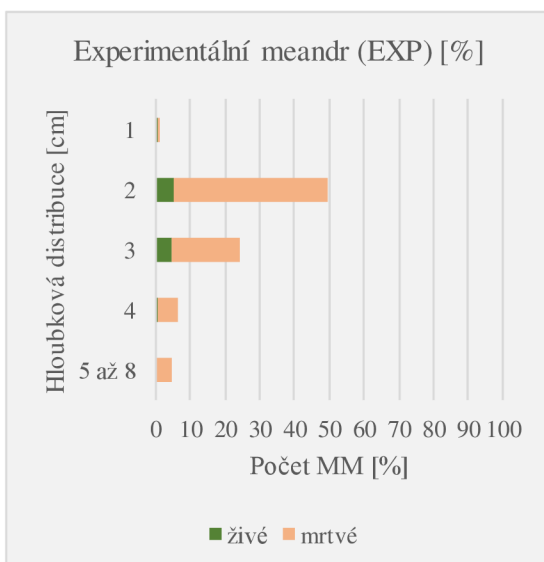
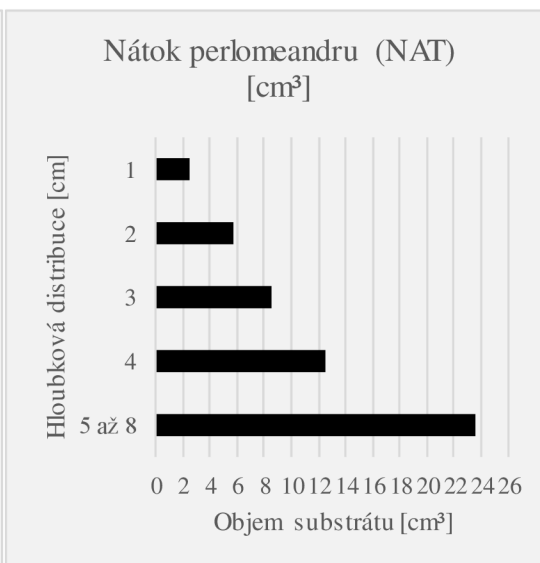
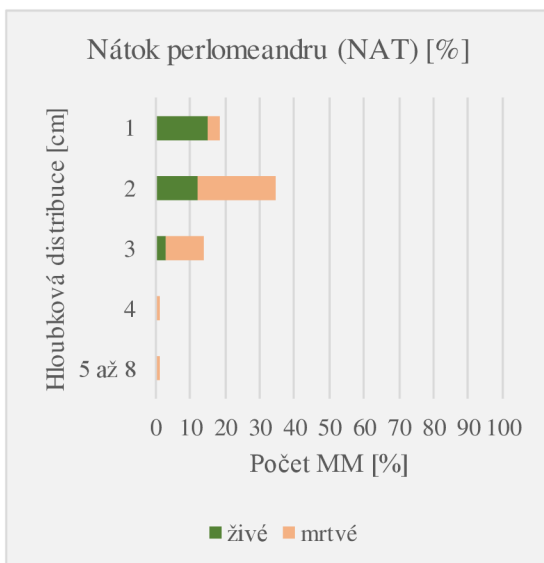
Obr. 10: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2019

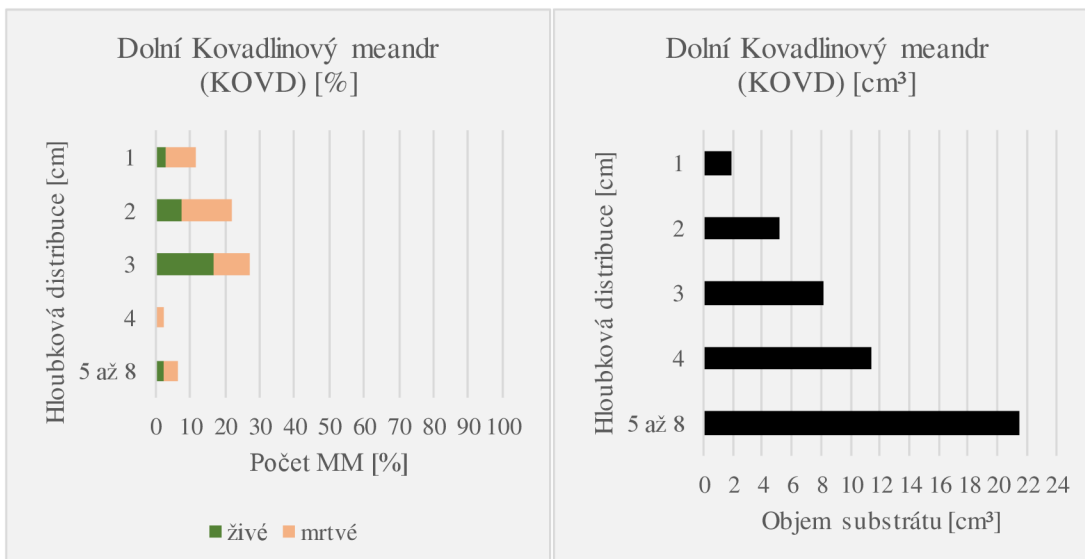
Porovnání průměrných hodnot sondiček pro jednotlivé lokace (viz Obr. 10) vykazuje srovnatelné procento přeživších jedinců. Na rozdíl od lokace C, kde mortalita výrazně přesahovala počet nalezených přeživších jedinců. Avšak hloubková distribuce byla pro všechny lokace téměř totožná, kde většina nalezených jedinců byla do hloubky 3 cm od ústí sondičky. Zanedbatelné množství juvenilů bylo také nalezeno v 6 a 12 cm, pouze v hloubce 9 cm nebyl nalezen ani jediný jedinec MM. Celkový počet přeživších vyjádřený v procentech je 47,1 %, jejich procentuální úmrtnost je 22 % a zbylé perlorodky během experimentu pravděpodobně unikly do říčního toku.

5.3.2 Analýza z dat roku 2020

Tato analýza probíhala zásadně rozdílně než v předchozích letech – metoda byla výrazně méně pracná, jak při samotné instalaci, tak při extrakci *in situ*. Sondičky se nevyjímaly a nepřevážely do laboratoře, tudíž zde byla nižší pravděpodobnost, že by při manipulaci se sondičkami mohlo dojít k ovlivnění polohy juvenilních jedinců ve svislém směru.

Jsou zde proto i znázorněny grafy objemu substrátu, který byl při získávání dat o nalezených juvenilech vybrán na povrch. Detailní složení substrátu je zanalyzováno v projektové zprávě Simon a spol, 2022. Jedná se o data, která byla nedílnou součástí experimentu 2020, nejsou však nutné k vyhodnocení hloubkové distribuce v této práci.

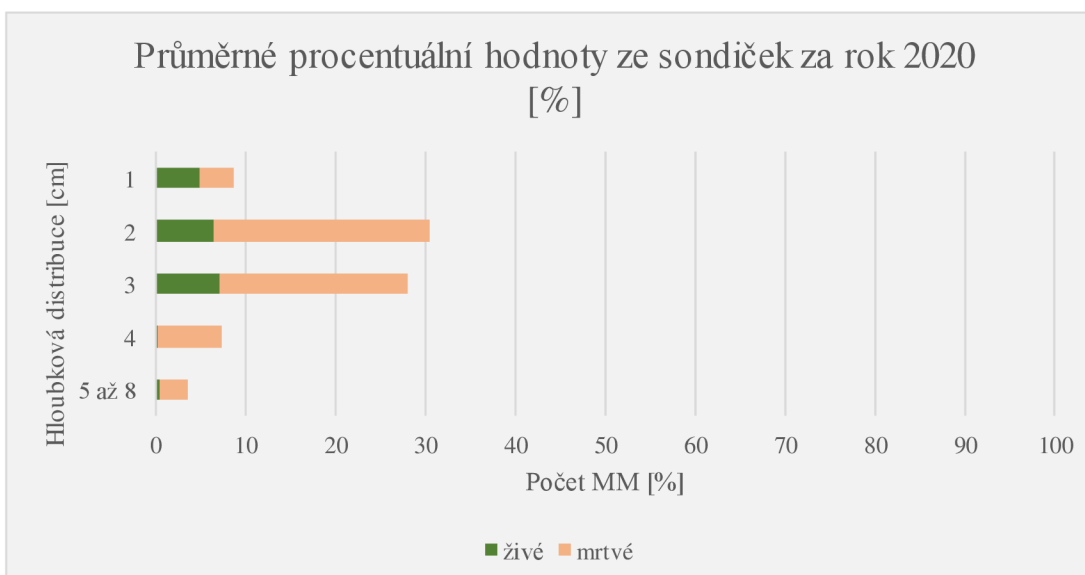




Obr. 11: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, lokace NAT, EXP, KOVH, KOVD

Jelikož byly v tomto roce použity na sondičky víčka, je zde vidět značně vysoký počet nalezených jedinců.

Na Obr. 11 lze vidět, že byl nalezen největší počet živých jedinců na lokalitě NAT a KOVD. Obě lokality měly největší nalezený počet živých v jiné vrstvě. Na lokaci NAT se jednalo o hloubku 1 cm, kdežto na lokaci KOVD byl nevyšší počet jedinců nalezen v hloubce 3 cm. Objem odebíraného substrátu byl pro každou vrstvu v každé lokalitě srovnatelný a zvyšoval se s rostoucí hloubkou.



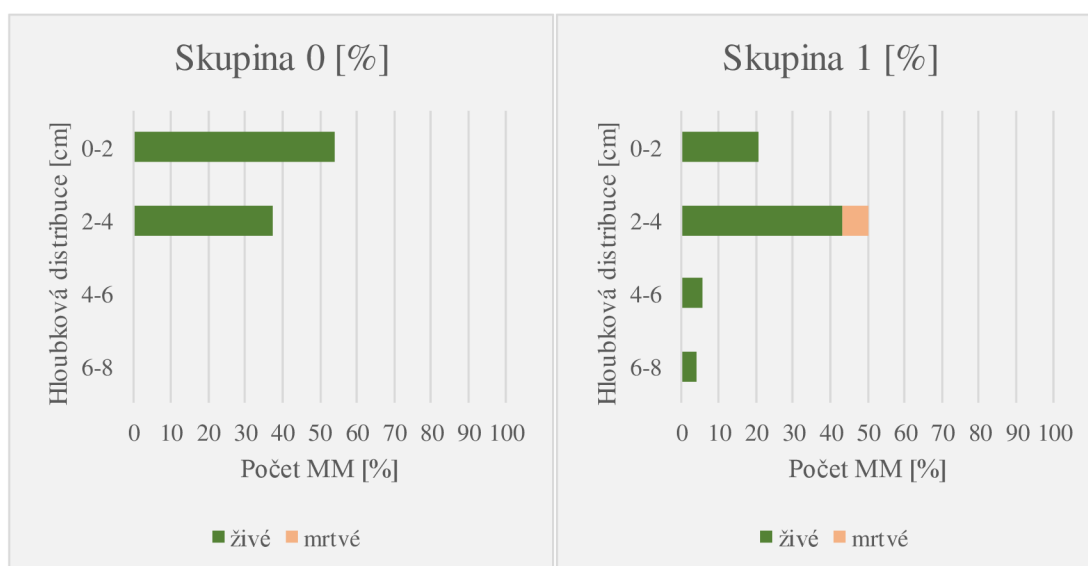
Obr. 12: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2020

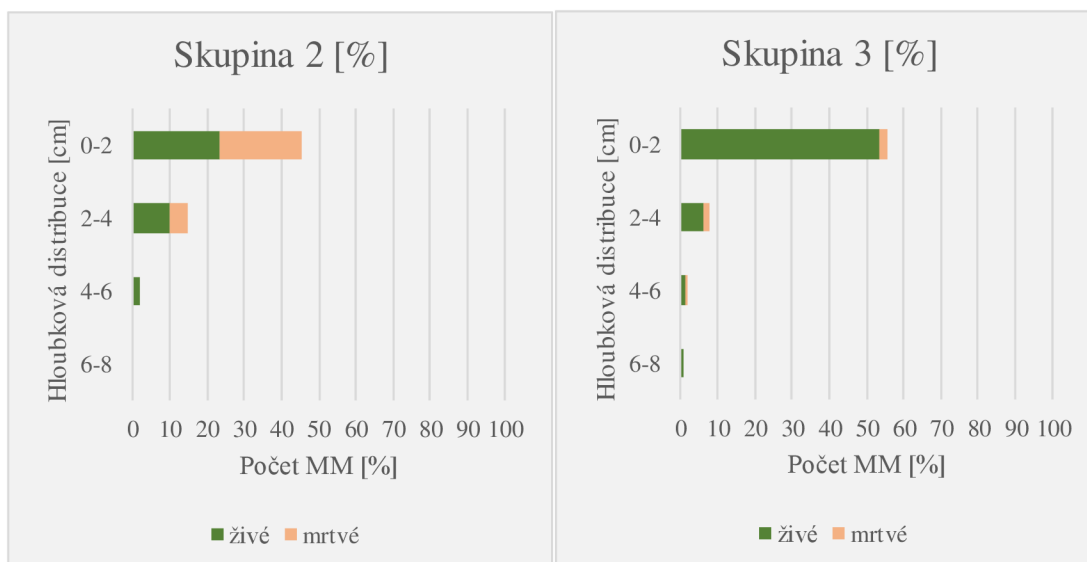
Průměrné procentuální hodnoty za rok 2020 (Obr. 12) ukazují, že se jedinci poprvé v rámci experimentu objevovali ve větším počtu i hloubkách 4-8 cm. Oproti experimentům z předchozích let byla mortalita jedinců MM výrazně vyšší napříč celou hloubkovou distribucí. Celkový počet přeživších vyjádřený v procentech je 19,2 %, jejich procentuální úmrtnost je 58,9 %.

5.3.3 Analýza z dat roku 2021

V tomto roce se pracovalo s nejvíce sondičkami a jedinci od počátku těchto experimentů. Ze všech 30 založených sondiček byla při vyndávání vysypána pouze jedna (sondička S20), tudíž došlo k znehodnocení dat. K sondičkám E5 a N12 nebyla zaznamenána všechna data, počítáno tedy s hodnotou 0 (jednalo se o nižší hloubky, kde se jedinci zřídka vyskytují). Z analýzy dat bylo zjištěno, že až na sondičku F6 u všech ostatních byl flotační materiál v hloubce 0-2 cm, případně 0-4 cm jiný než písek (od hloubky 4 cm se už jednalo o substrát písku). Oproti tomu sondička F6 měla od hloubky 0 cm flotační substrát písek.

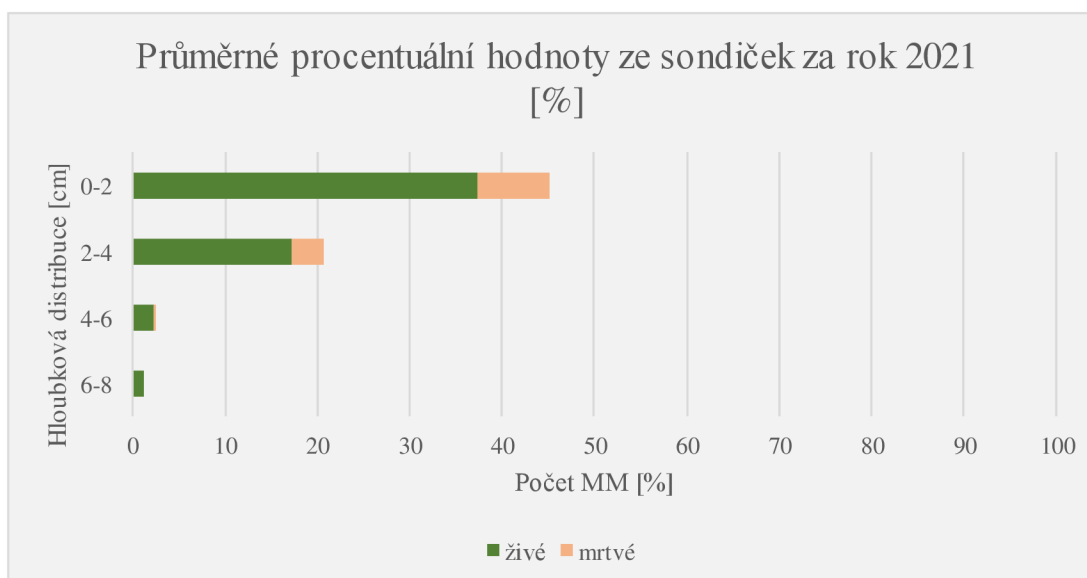
Jednotlivé „šplouchy“ se do analyzovaných dat sčítají. Na Obr. 13 jsou grafy skupiny 0, 1, 2 a 3. Všechny tyto skupiny jsou rozděleny dle zapisovaného množství detritu při flotaci od hloubky 0 cm. Jelikož množství detritu exponenciálně klesalo s narůstající hloubkou. Měření probíhalo po 2 cm do maximální hloubky 8 cm.





Obr. 13: Procentuální hodnoty počtu MM v sondičkách rozdělených dle množství detritu (0 – čiré; 3 – mnoho detritu)

Z výše uvedených grafů v Obr. 13 lze vidět, že se skupiny 0–3 liší, není však v odlišnostech žádná závislost. Společnou charakteristikou pro skupiny 0, 2, 3 je nejčetnější výskyt jedinců MM ve vrstvě 0-2 cm s nižším počtem nalezených jedinců ve vrstvě 2-4 cm. Ve větších hloubkách byly nalezeny pouze zanedbatelná množství perlorodek. Výjimkou byla skupina 1, kde se nejvyšší počet vyskytoval v hloubce 2-4 cm. Další společnou charakteristikou byla nízká mortalita (v jednotkách procent), vyjma skupiny 2, kdy počet mrtvých jedinců převyšoval 50 % z celkového počtu nalezených MM.



Obr. 14: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2021

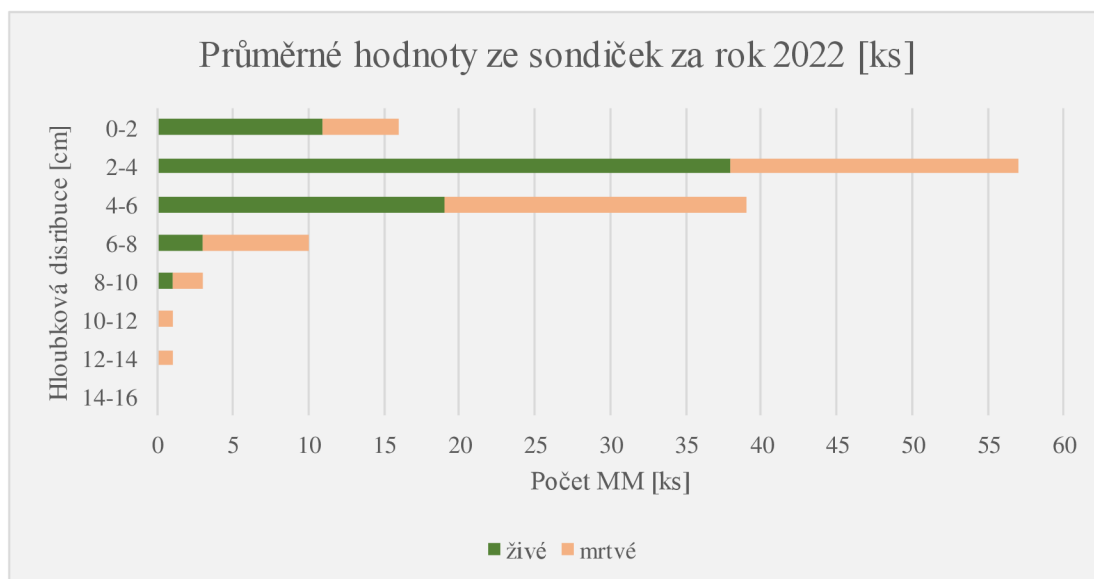
Na Obr. 14 je znázorněné celkové procentuální zastoupení nalezených jedinců MM za rok 2021. Je patrné, že se jedinci v tomto roce vyskytovali častěji i hloubkách od 4 cm, stále se však jednalo o jednotky procent z celkového počtu. Nejvíce se perlorodky podle očekávání vyskytují v hloubce 0-2 cm a jejich počet jde exponenciálně s hloubkou dolů. Celkový počet přeživších vyjádřený v procentech je 58 %, jejich procentuální úmrtnost je 11,5 %.

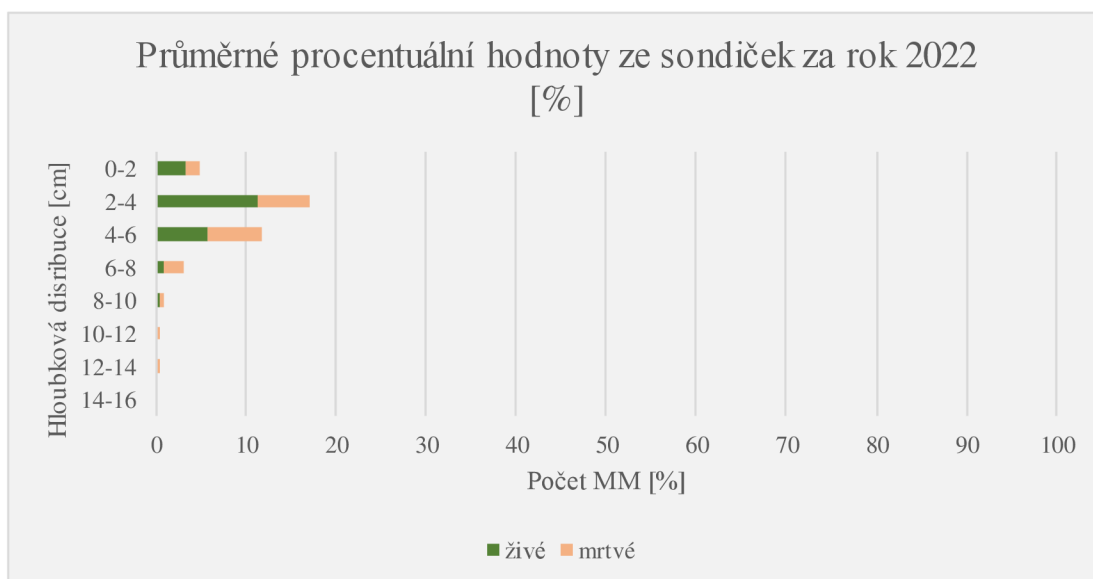
5.3.4 Analýza z dat roku 2022

V tomto roce probíhala analýza dat odlišně než v předcházející letech. V průběhu experimentu vznikly na sondičkách písečné návěje a perlorodky byly zaváté v písku. Jedinci proto byli v odlišných hloubkách, než by se za normálních okolností vyskytovali. Od skutečné hloubky se tak musela odečíst hloubka navátého písku.

Hloubky na Obr. 15 jsou již korigovány dle skutečné hloubky sondičky při vyndávání ze dna. Jednotlivé sondičky byly většinou 2-3 cm pod hladinou dna.

Ve dvou sondičkách C3 a V23 nebyli nalezeni žádní jedinci perlorodky. Také sondičky TRVA 005 a TRVA 135 měly nulové hodnoty, jelikož byly znehodnoceny povodněmi.





Obr. 15: Procentuální a početní zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2022

Po vyhodnocení dat na Obr. 15 je vidět odlišná hloubková distribuce juvenilních jedinců MM oproti experimentům z minulých let. Nejvyšší počet jedinců byl nalezen v hloubce 2-4 cm, nižší počet pak v hloubce 4-6 cm, dále v 0-2 cm a nejnižší počty od 6 cm. V tomto roce je znatelná vysoká mortalita a ztráta jedinců během experimentu. Celkový počet přeživších vyjádřený v procentech je 21,4 %, jejich procentuální úmrtnost je 16,4 %. Vysoké počty mrtvých a nenalezených jedinců jsou zapříčiněny povodněmi, které se v roce 2022 v dané lokalitě vyskytovaly. Důsledkem je zkreslení dat, které výrazně ovlivnilo hloubkovou distribuci juvenilních jedinců MM.

6 Diskuze

Cílem této práce bylo porovnat a vyhodnotit výsledky experimentů zaměřených na hloubkovou distribuci juvenilních jedinců perlorodky říční, prováděných na území Národního Parku Šumavy v letech 2014-2016 a 2019-2022. Práce má sloužit jako souhrn informací a dat získaných během těchto let a vytvořit přehled hloubkové distribuce juvenilních jedinců MM v rámci 5 lokalit.

Vzhledem k dlouhodobému průběhu experimentů došlo v některých letech k neočekávaným událostem, jako jsou znehodnocení některých sondiček neopatrnými „vodáky“, náhlému novému přirozenému výskytu v oblasti experimentu a následnému nutnému přemístění, povodním aj. Dále se během let měnila i podoba sondiček, ať už z důvodu použití nového materiálu nebo vylepšení jejich konstrukce na základě předchozích zkušeností. Všechny tyto skutečnosti mohly neznámou měrou ovlivnit výsledné hodnoty hloubkové distribuce a zkreslit její výsledky.

Z porovnání průměrných dat výsledků pro každý rok a každou lokaci lze však říci, že tyto skutečnosti nemají výrazný vliv na jejich hloubkovou distribuci. Avšak mezi faktory, které byly významně ovlivněny těmito změnami patří zejména celková mortalita a počet nalezených jedinců, jak lze vidět např. v roce 2022, kdy po povodních byl procentuální počet nenalezených jedinců roven 62,2 % z celkového počtu a počet mrtvých jedinců byl téměř 50 % z celkového počtu nalezených MM.

Při analýze získaných dat bylo stanoveno několik hypotéz. V rámci etapy 1 v případě sondičky B bylo po ukončení experimentu nalezeno 33 juvenilních jedinců, namísto obvyklých 32. Horní ústí sondičky bylo otevřené a volně přístupné, tudíž se jeden jedinec mohl dostat do sondičky během experimentu, nebo došlo k početní chybě při zakládání dané sondičky. Vzhledem k okolnostem nelze tyto hypotézy potvrdit ani vyvrátit.

Vysoká mortalita juvenilních jedinců MM v roce 2020 byla pravděpodobně způsobena nevhodně zvoleným materiálem sondiček, konkrétně se jednalo o použití zinku jako povrchové úpravy. Tento kov, jak uvádí souhrnná zpráva Simon a kol, 2021, může při dlouhodobé expozici vodnímu prostředí při oxidaci uvolňovat prvky, které jsou pro perlorodky toxické. Z důvodu již zmíněné vysoké mortality, se tak juvenilové objevují i ve značném množství v hloubce, kde se v předchozích letech nevyskytovali.

Společnou charakteristikou pro všechna měření byl výskyt většiny jedinců v hloubce 1,5-3 cm od horního ústí sondičky. Tato zjištění jsou v souladu s prací Bílý a spol, 2020, která uvádí, že juvenilní jedinci MM preferují mělkou substrátovou vrstvu, ale zároveň dostatečně hlubokou, aby neohrozila stabilitu jejich pozice. Mělká pozice je vhodnější díky vysoké koncentraci kyslíku a také umožňuje juvenilům uniknout ze sedimentu a nechat se unést proudem na vhodnější místo v případě zhoršení

kyslíkových podmínek. Naopak hlubší pozice představuje lepší ochranu před nechtěným unášením proudem, teplotními výkyvy a před případnými predátory.

Dalším faktorem ovlivňujícím hloubkovou distribuci juvenilních stádií perlorodky říční v hyporeálu říčního toku je tzv. „downwelling“. Jedná se o mezinárodně užívané označení pro hydrologický jev, který popisuje pohyb vody v rámci vodního tělesa směrem dolů. Při tomto jevu dochází pomocí vztlakových sil k přesunu chladnější okysličené povrchové vody do spodních vrstev vodního tělesa díky změně (zvýšení) hustoty dané vrstvy vodního sloupce. Dochází tak k obohacení říčního dna kyslíkem, což může vést ke snížení či k úplnému odvrácení hypoxie pro zde žijící živočichy, a tím vytvořit vhodný mikrohabitat pro jejich výskyt. (Koweeek a spol., 2020)

7 Závěr

Byla provedena analýza a vyhodnocení dat hloubkové distribuce a mortality juvenilních jedinců perlorodky říční v řece Vltava (NP Šumava).

1. Juvenilní jedinci perlorodky říční preferují mělčí polohy v rámci hyporeálu říčního koryta, konkrétně pak hloubky od 1,5 cm do 3 cm.
2. V ojedinělých případech dochází k výskytu jedinců i v hloubkách do 1 cm, či v hloubkách 3-6 cm. Výskyt jedinců ve větších hloubkách je zanedbatelný a je způsobený spíše nevhodnými podmínkami prostředí a následným úhynem jedince.
3. Hlubší pozice v hyporeálu pro juvenilní jedince MM znamenají lepší ochranu před narušením jejich stability, teplotními výkyvy a před případnými predátory. Naopak nižší hloubky zaručují vhodnější koncentrace kyslíku a také umožňují juvenilům uniknout ze sedimentu v případě zhoršení kyslíkových podmínek aj.
4. Samotná konstrukce sondiček nemá výrazný vliv na hloubkovou distribuci juvenilních MM, avšak spolu s použitými materiály pro výrobu sondiček tyto faktory významně ovlivňují mortalitu nalezených jedinců.
5. Práce shrnuje dosavadní získaná data v rámci experimentů na řece Vltava v NP Šumava počínaje rokem 2014 až do roku 2022. Během let došlo na základě předchozích zkušeností ke změně jak konstrukce sondiček, tak jejich materiálu, zároveň se změnil způsob extrakce jedinců po skončení experimentu v daném roce a dalších podmínek experimentu. Lze tedy doporučit sjednocení průběhu experimentu a podoby testovacích sondiček pro budoucí výzkumy.

8 Literatura

BAUER, G. a WÄCHTLER, K. Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. New York: Springer, 2001. ISBN 3540672680.

BÍLÝ, Michal, Ondřej SIMON, Vojtěch BARÁK a Václava JAHELKOVÁ. Occurrence depth of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a river bed tested by experimental mesh tubes [online]. 2020, 13 [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/s10750-020-04298-8\(0123456789\(\),-volIV\)\(01234567\)](https://doi.org/10.1007/s10750-020-04298-8(0123456789(),-volIV)(01234567)).

BioLib.cz, třída mlži Bivalvia Linnaeus, 1758 [online]. 2004, 2024 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonsubtaxa/id2982/>.

BUDDENSIEK, V., Fleischauer-Rossing, S., Wächtler, K. (1993): Studies on chemistry of interstitial wate taken from define horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several northern German lowland waters. – II. Microhabitats of *Margaritifera margaritifera* L., *Unio crassus* (Philipsson) and *Unio tumidus* Phipsson. Archiv für Hydrobiologie 127, 151–166.

DAHM, C. N., H. Maurice Valett, C. V. Baxter & W. W. Woessner, 2007. Hyporheic Zones. Methods in Stream Ecology. Elsevier, London.

DVOŘÁK, Jan. Populace kriticky ohrožené perlorodky říční se na Šumavě navýší o tisíce. Npsumava [online]. 2022 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://www.npsumava.cz/populace-kriticky-ohrozene-perlorodky-ricni-se-na-sumave-navysi-o-tisice/>.

GALOVÁ, Michaela. Hodnocení habitatů a bioindikačních vlastností perlorodky říční ve Vltavském luhu s využitím juvenilních jedinců. Olomouc, 2017. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého v Olomouci.

GEIST, J. & R. Kuehn, 2005. Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: Implications for conservation and management. Molecular Ecology 14(2): 425–439.

HAUER, F. R. & G. A. Lamberti, 2007. Methods in Stream Ecology. Elsevier, London.

HYVÄRINEN, Heini S.H.; SJÖNBERG, Tuomo; MARJOMÄKI, Timo J. a TASKINEN, Jouni. Effect of low dissolved oxygen on the viability of juvenile *Margaritifera margaritifera*: Hypoxia tolerance ex situ. Online. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 2022, roč. 32, č. 8, s. 1393-1400. ISSN 1052-7613. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/aqc.3859>. [cit. 2024-02-07].

CHEN, L. Y., A. G. Heath & R. J. Neves, 2001. Comparison of oxygen consumption in freshwater mussels (Unionidae) from different habitats during declining dissolved oxygen concentration. *Hydrobiologia* 450(1–3): 209–214.

LAVICTOIRE, Louise. Juvenile biology and captive rearing of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. ResearchGate [online]. říjen 2016 [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.2.33730.38081.

MARCO Denic, KUEHNEWEG Michael a SCHMIDT Thomas. Hydromorphological preferences of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in upland streams of the Bavarian Forest – A case study. ScienceDirect [online]. 2023 [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951122000883>.

MATASOVÁ K., Simon O., Dort B., Douda K. & Bílý M., 2013: Recent distribution of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) at historical localities in the upper part of the Vltava River basin (Czech Republic). – *Silva Gabreta*, 19(3): 139–148.

NOVOTNÁ, Barbora. Hodnocení kvality prostředí Novomlýnského rybníka (k.ú. Nová Bystřice) [online]. theses.cz, 2015 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: https://theses.cz/id/eogbxo/Hodnocen_kvality_prost_ed_Novomlnskho_rybnka_k_Nov_Byst.pdf. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎĚJOVICÍCH Fakulta rybářství a ochrany vod Ústav akvakultury a ochrany vod. Vedoucí práce doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.

QUINLAN, E., I. A. Malcolm & C. N. Gibbins, 2014. Spatiotemporal variability of dissolved oxygen within the shallow subsurface zone of a freshwater pearl mussel bed. *Fundamental and Applied Limnology* 185(3–4): 281–294.

REIS, Joaquim. The freshwater pearl mussel [*Margaritifera margaritifera* (L.)] (*Bivalvia*, *Unionoida*) rediscovered in Portugal and threats to its survival. *Biological Conservation* [online]. 2003, 447–452 [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320703000867>.

ROLEY, S. S. & J. L. Tank, 2016. Pore water physicochemical constraints on the endangered clubshell mussel (*Pleurobema clava*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73(12): 1712–1722.

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-521-8

SANTOS, SANCHES FERNANDES ad. Impacts of climate change and land-use scenarios on *Margaritifera margaritifera*, an environmental indicator and endangered species. *Science of The Total Environment* [online]. 2015, 477–488 [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714018014>.

SIMON, Ondřej, Kamila TICHÁ a Kateřina RAMBOUSKOVÁ. Metodika podpory perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*). MŽP ČR, VÚV TGM. 2017.

SIMON, Ondřej, Michal BÍLÝ, Hana EILMSTEINER a Jitka HORÁČKOVÁ. Optimalizace přežívání vypuštěných juvenilů (2019–2022). Souhrnná zpráva k aktivitě 1 C OPŽP projektu [online]. 2022, 13 [cit. 2024-03-09].

SKUPIEN, Petr a Lucie MĚCHOVÁ. Třída Bivalvia – mlži. Základy Stratigrafie a Paleontologie [online]. Vysoká škola Báňská Technická univerzita Ostrava [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/paleontologie/paleontologie/zoopaleontologie/Mekkysi/T%C5%99%C3%ADda%20Bivalvia.htm>.

ŠVANYGA, Jan a spol. Záchraný program perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* v České republice [online]. Miletinky, 2013 [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.zachraneprogramy.cz/perlorodka-ricni/zachranny-program-zp/>. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky.

TRULLEYOVÁ, S., M. Rulík & J. Popelka, 2003. Stream and interstitial water DOC of a gravel bar (Sitka stream, Czech Republic): characteristics, dynamics and presumable origin. *Archiv für Hydrobiologie* 158(3): 407–420.

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Biotopy tekoucích vod a jejich společenstva [online]. 2003 [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/loticky_system/biotopy.htm.

KOWEEK, David A., Clara GARCÍA-SÁNCHEZ, Philip G. BRODRICK, Parker GASSETT a Ken CALDEIRA. Evaluating hypoxia alleviation through induced downwelling. *Science of The Total Environment* [online]. 2020, 719 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720308445>.

9 Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma anatomie mlže (Lang et al., 1971 in Kvaček et al., 2000)	4
Obr. 2: Rozmnožovací cyklus perlorodky říční (orig. M. Bílý, převzato z: Simon, Tichá, Rambousková a kol., 2017)	6
Obr. 3: Schéma příčného profilu horního a dolního úseku toku - 1 reopelagiál, 2 bentál, 3 hyporeál (Ambrožová, 2003)	9
Obr. 4: Mapa lokalizace jednotlivých částí experimentu v oblasti NP Šumava (Černá, 2017)	13
Obr. 5: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, Sondičky A–D ..	22
Obr. 6: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2015	22
Obr. 7: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, Sondičky č. 1-12	24
Obr. 8: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2016	25
Obr. 9: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, Sondičky A–C, č. 1-6	28
Obr. 10: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2019	29
Obr. 11: Počet nalezených MM v závislosti na hloubkové distribuci, lokace NAT, EXP, KOVH, KOVD	31
Obr. 12: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2020	31
Obr. 13: Procentuální hodnoty počtu MM v sondičkách rozdělených dle množství detritu (0 – čiré; 3 – mnoho detritu)	33
Obr. 14: Procentuální zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2021	33
Obr. 15: Procentuální a početní zastoupení nalezených živých a mrtvých MM v závislosti na hloubkové distribuci, průměr za rok 2022	35

10 Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled vybraných informací o jednotlivých etapách v průběhu experimentu.....	20
---------------------------------------------------------------------------------------	----