

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Hana Eilmsteiner

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE



Růst a přežívání juvenilních perlorodek říčních
v experimentálním úseku Teplé Vltavy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Bakalant: Hana Eilmsteiner

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hana Eilmsteiner

Aplikovaná ekologie

Název práce

Růst a přežívání juvenilních perlorodek říčních v experimentálním úseku Teplé vltavy

Název anglicky

Juvenile freshwater pearl mussel growth and survival in an experimental stretch of Tepla Vltava River

Cíle práce

Otestovat růst a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční bioindikační metodou in situ v experimentálním úseku Teplé Vltavy (NP Šumava).

Metodika

- vytažení 30 experimentálních bodů na úseku Teplé Vltavy v oblasti nad ústím Volarského potoka.
- spolupráce na instalaci bioindikačních sond testujících růst a přežívání juvenilních perlorodek na této lokalitě v období červen/červenec 2021
- spolupráce na 4 kontrolách instalovaných sond a měření fyzikálně- chemických parametrů po dobu bioindikačního experimentu
- Vyhodnocení růstu juvenilních perlorodek metodou analýzy obrazu, s použitím fotografií testovaných jedinců
- vyhodnocení výsledků ve vztahu k pozici a podmínkám jednotlivých bioindikačních sond

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Růst a přežívání juvenilních perlorodek říčních v experimentálním úseku Teplé Vltavy“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny čerpané zdroje, které jsem v práci použila a rovněž jsem všechny tyto zdroje uvedla v seznamu použité literatury.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem srozuměna s tím, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Také prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31.3.2022

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za odborné vedení práce, jeho cenné rady a informace, které mi poskytl a za možnost účastnit se terénních experimentů spojených s touto prací. Dále bych ráda poděkovala RNDr. Jitce Horáčkové, Ph.D. a Mgr. Ondřeji Simonovi, Ph.D. za poskytnuté informace, cenné rady a pomoc během experimentální části této práce. Také chci poděkovat Bc. Martě Rojtové, Bc. Nikole Korytové a Michalu Jeřábkovi za spolupráci v terénu a za poskytnutí dat. Mé poděkování patří též má rodině a přátelům za pomoc a podporu během studia.

Abstrakt

Tato práce se v rešeršní teoretické části věnuje popisu života a nároků perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) a jejímu využití pro bioindikace. Dále se věnuje popisu oblasti Šumava, NP Šumava a Teplé Vltavy.

Druhá, praktická část, této práce se týká mortality, hloubkové distribuce v hyporeálu a přírůstků juvenilních jedinců. Cílem je získat a vyhodnotit data o variabilitě hloubkové distribuce, přežívání a růstu juvenilů perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) v závislosti na různých kombinacích podmínek v mikrohabitátech metodou in situ. Experimentální část probíhala v červnu a červenci roku 2021 na experimentálním úseku Teplé Vltavy.

Byla zjištěna juvenilními perlorodkami preferovaná hloubka hyporeálu a také byly změřeny a zhodnoceny přírůstky experimentálních jedinců.

Klíčová slova: *Margaritifera margaritifera*, Teplá Vltava, hyporeál

Abstract

The theoretical research part of this thesis is about the description of life and habitat requirements of the Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) and its use for bioindication. It also describes the Šumava region, the Šumava National Park and the Teplá Vltava River.

The second, practical part of this thesis deals with mortality, hyporheic depth distribution and growth of juveniles. The aim is to obtain and evaluate data on the variability of depth distribution, survival, and growth of juveniles of Freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) depending on different combinations of conditions in microhabitats by in situ methods. The experimental part of this thesis took place in June and July 2021 on an experimental section of the Teplá Vltava River.

Hyporeal depth preference of juvenile Freshwater pearl mussels was examined. Also the growth of experimental individuals was measured and analysed.

Keywords: *Margaritifera margaritifera*, Teplá Vltava River, hyporheic zone

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 10 |
| 2. Cíle práce..... | 12 |
| 3. Literární rešerše | 13 |
| 3.1. Tekoucí vody | 13 |
| 3.2. Šumava | 15 |
| 3.2.1 Národní park Šumava | 16 |
| 3.2.2. Národní park a jeho zonace | 19 |
| 3.2.3. Vltava a Vltavský luh | 19 |
| 3.2.4. Monitoring druhů a druhová ochrana na Šumavě | 20 |
| 3.2.5. Umístění zájmové lokality..... | 21 |
| 3.3. Perlorodka říční (Margaritifera margaritifera) | 22 |
| 3.3.1. Základní informace..... | 22 |
| 3.3.2. Vzhled..... | 22 |
| 3.3.3. Životní cyklus perlorodky říční | 23 |
| 3.3.4. Výskyt perlorodky říční v ČR | 26 |
| 3.4. Bioindikace a biomonitoring | 32 |
| 4. Metodika..... | 34 |
| 4.1. Časové rozmezí | 34 |
| 4.2. Lokalita..... | 34 |
| 4.3. Sondy s perlorodkami..... | 36 |
| 4.3.1 Výběr bodů pro umístění sond | 38 |
| 4.4. Způsob sběru dat, průběh kontrol..... | 40 |
| 4.5. Ukončení experimentu..... | 40 |
| 4.6. Bioindikace..... | 41 |

| | |
|--|--|
| 4.6.1 Měření přírůstků juvenilů | 41 |
| 4.6.2. Metodika hodnocení naměřených rozměrů | 44 |
| 4.6.3. Hodnocení hloubkových horizontů | 45 |
| 4.7. Superčtverec | 45 |
| 5. Výsledky..... | 47 |
| 5.1. Náleznost a přežívání | 47 |
| 5.2. Hloubková distribuce..... | 48 |
| 5.3. Přírůstky | 50 |
| 5.4. Superčtverec | 53 |
| 6. Diskuse | 55 |
| 6.1. Hloubková distribuce perlorodek v sondách | 55 |
| 6.2. Hloubka vody | 56 |
| 6.3. Proudění..... | 56 |
| 6.4. Přežívání | 56 |
| 6.5. Množství kyslíku a granulometrie | 57 |
| 6.6. Přírůstky | 59 |
| 7. Závěr..... | 60 |
| 8. Použité zdroje | 61 |
| 9. Přílohy | Chyba! Záložka není definována. |

1. Úvod

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) je dlouhověký sladkovodní mlž, který se typicky vyskytuje v chladnějších oligotrofních tocích, které jsou v dnešní době neblaze ovlivněny lidskou činností. Dříve se na území ČR nacházely až statisícové populace, které však už zanikly a současné populace čítají jen jednotky tisíc jedinců. Perlorodka je velmi citlivá na změny kvality vody, tudíž jí můžeme považovat za bioindikátora čistoty prostředí. (©AOPK ČR 2013, Simon et al. 2017)

Životní cyklus perlorodky má několik fází, z nichž jsou různá stádia rozdílně senzitivní na podmínky prostředí a některé fáze tak kritické pro přežití populace. Perlorodku ohrožuje hlavně eutrofizace a překyselení vod, umělá přehrazení toků a znečištění biotopu. Těžiště výskytu perlorodky v České republice je povodí Vltavy, hlavně její horní tok, Malše a Blanice, včetně jejich přítoků. (©AOPK ČR 2013)

Tato práce se zaměřuje na lokalitu v řece Teplá Vltava, která se nachází v 1. zóně (zóně přírodní) NP Šumava.

Teplá Vltava je počátečním pramenem celé řeky Vltavy, pramení pod Černou horou na Šumavě a můžeme ji považovat za typický horský tok s nízkou mineralizací. Vltavský luh, úsek Teplé Vltavy, ve kterém probíhal experiment z této práce, je typickou říční nivou s výskytem vzácných druhů a přirozenou vegetací. Problémem Teplé Vltavy je její sjízdnost kanoisty, kteří mnohdy poškozují vodní makrofyta i samotné koryto toku a také eutrofizace. (©AOPK ČR 2013)

Typickým životním prostředím juvenilních perlorodek je tzv. hyporeál. Jedná se o část profilu toku, kterou tvoří podříční dno, tedy vrstva nacházející se pod vlastním povrchem dna. Zasahuje sem proudění vody v toku, mnohdy až do hloubky

několika metrů. Prokysličení této vrstvy je ovlivněno převážně složením substrátu. (Lellák a Kubiček 1991)

Pro perlorodku běží záchranný program pod záštitou AOPK ČR. Současný program, který probíhá od roku 2013 je již třetím v řadě. (©AOPK ČR 2013)

Tato práce tematicky navazuje na již dříve proběhlý pilotní experiment s hloubkovou distribucí, který se uskutečnil na stejné lokalitě. (Bílý et al. 2021)

Úkolem nové studie bylo získat data o variabilitě hloubkové distribuce, přežívání a růstu juvenilů perlorodky říční v závislosti na různých kombinacích podmínek v mikrohabitatech metodou in situ.

V experimentální části práce byla provedena expozice juvenilů perlorodky říční v sondách umístěných v hyporeálním prostředí na experimentálním stanovišti v Teplé Vltavě v červnu-červenci 2021.

2. Cíle práce

Cílem této práce je otestovat růst a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční bioindikační metodou in situ v experimentálním úseku Teplé Vltavy v NP Šumava.

Cílem práce bylo změřit a porovnat velikost juvenilních jedinců před začátkem hyporeálových pokusů a po jejich ukončení, tedy zmapovat jejich přírůstky.

Dalším z cílů bylo posouzení mortality a přežívání juvenilních perlorodek v jednotlivých hloubkových zónách sond. Dále také samotné rozmístění perlorodek v jednotlivých hloubkových zónách sond.

Výzkumné otázky:

Kolik perlorodek se v každé sondě našlo? Jaká byla celková náleznost?

- Kolik perlorodek bylo celkem mrtvých?
- Kolik perlorodek bylo celkem živých?
- Jak byly stratifikovány perlorodky v rámci jednotlivých sond?
- Jak velký byl průměrný přírůstek v sondách?

3. Literární rešerše

3.1. Tekoucí vody

Tekoucí vody jsou tvořeny vodou ze srážek, která není vsáknuta ani vypařena a stéká po povrchu povodí, kde vytváří hydrografické sítě. (Lellák a Kubíček 1991) Povodí toku je oblast, ze které se všechny větší či menší toky slévají do jednoho hlavního toku. (Myslil et al. 1999)

Vodní toky vznikají v místech, kde srážky převažují nad vsakem a výparem. (Myslil et al. 1999)

Charakteristickým znakem pro vodní tok je přirozeně utvářené koryto s různou délkou a různými profily. Vodní toky lze na základě velikosti a povahy, délky, sklonu a dalších hydrologických vlastností dělit na pramenné stružky, bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky a veletoky. (Lellák a Kubíček 1991) Dále tekoucí vody můžeme dělit na trvalé, periodické či episodické. (Myslil et al. 1999) Vodnatost toků je nejvíce ovlivněna intenzitou a trváním srážek a tím, jak velkou plochu povodí srážky zasáhnou. Dalším charakteristickým znakem vodního toku je odtok, tedy množství vody, které odtéká za jednotku času z plochy povodí. Dalším důležitým ukazatelem je průtok, což je množství vody, které proteče daným příčným profilem za vteřinu. (Lellák a Kubíček 1991) Průtoky a celkové proudění ovlivňují hlavně erozi a sedimentaci v rámci koryta a jeho bezprostředním okolí. (Myslil et al. 1999)

Zásadní roli v odtoku hraje rychlost proudění. Ta se různí v závislosti na stavu vody, kdy při povodních je nejvyšší a při podprůměrném stavu vody nejnižší. (©MŽP 2006)

V tekoucích vodách se střídají torrentilní, tedy rychle proudící přejezdné úseky s fluviatilními, což jsou pomalu tekoucí až stojaté úseky. V horských tocích bývá rychlost proudění obvykle

vyšší. Dále je rychlost proudění rozdílná i v rámci profilu vodního toku, kdy v proudnici je nejvyšší. Čím blíže ke břehu či ke dnu, tím je rychlost nižší. I samo proudění má různé formy. Rozlišujeme proudění turbulentní neboli vířivé a proudění laminární – přímočaré. Právě turbulentní proudění má vliv na transport látek a částic ve vodě. (Lellák a Kubíček 1991)

Šumavské toky, když se dostanou do nižších poloh, na pláň, jsou charakteristické svými meandry a místy i mírným sklonem, kdy voda nedosahuje příliš rychlého proudění. Tyto úseky se však i zde střídají s úseky s vyšším sklonem, kde se nachází množství peřejí. (©MŽP 2006)

Teplota vody kolísá v průběhu roku, ale i v průběhu jednoho dne. Je ovlivněna jak počasím, tak také například zastíněním toku v důsledku hustého zápoje břehové vegetace. (Lellák a Kubíček 1991)

Ve většině mělkých řek je teplotní stratifikace téměř neznatelná, což je též způsobeno turbulentním prouděním. Tento jev se nazývá vertikální homotermie. Během jednoho dne může teplota v malém toce kolísat přibližně o 3-6 °C. (Lellák a Kubíček 1991)

V tekoucích vodách můžeme pozorovat nejrozličnější zastoupení rozpuštěných organických látek různého původu. Pocházejí ze srážek a atmosféry nebo jsou vymývány z plochy povodí nebo i z antropogenních zdrojů. (Lellák a Kubíček 1991)

Profil toku můžeme rozdělit na tři různé na sebe navazující a vzájemně propojené celky. Jsou jimi volná voda (reopelagiál), bentál a hyporeál.

- Reopelagiál je volná tekoucí voda, ve které převažuje turbulentní proudění, dochází k optimální výměně plynů a látek.
- Bentál je svrchní vrstva říčního dna čítající prvních několik centimetrů. Je charakterizován rozličnou granulometrií a složením sedimentu. Voda zde proudí pomaleji, světla

sem dosahuje méně. Charakter této části je ovlivněn rychlostí proudění – torrentilní úseky mají většinou kamenité štěrkopískové dno a fluviační spíše písčité až bahňité sedimenty. V případě kamenitého dna je voda schopna zasahovat hlouběji do prostoru mezi kameny, tudíž je zde i větší dostupnost kyslíku.

- Hyporeál je označení pro podříční dno, tedy vrstvu nacházející se pod bentálem, kam stále zasahuje proudění vodního toku, a to až do hloubky několika metrů. Voda zde je ovlivněna převážně gravitací a kapilárními silami. Prokysličení a množství vody v hyporeálu jsou ovlivněny převážně granulometrií, propustností a pórovitostí materiálu dna.

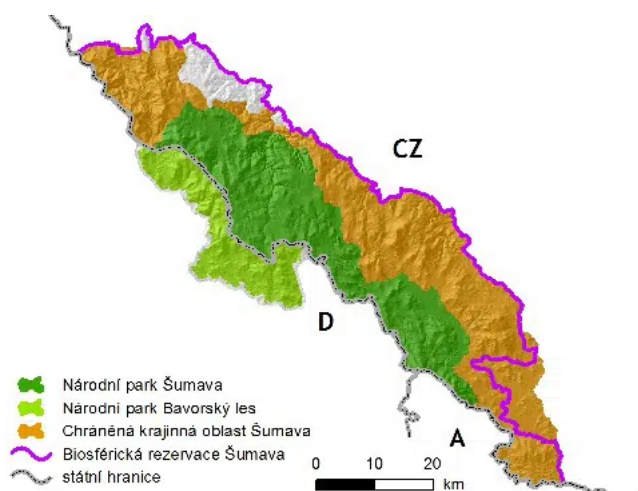
S hloubkou v hyporeálu je spojena i nižší dostupnost kyslíku a detritu, která postupně klesá, což je znatelné již v prvních několika centimetrech. (Lellák a Kubíček 1991)

3.2. Šumava

Oblast, ve které se nachází zájmové území, leží v šumavském bioregionu, který se rozkládá na jihozápadě jihočeského kraje v oblasti hranic s Německem a Rakouskem. Viz obr. 1. (Culek 2013) Lokalita se vyskytuje v geomorfologickém celku Šumava, ke kterému patří i Šumavské podhůří a Šumavská hornatina. Šumava je jedním z nejstarších pohoří Evropy. Dosahuje výšky 730-1330 m n. m. Tomuto pohoří dala za vznik ledovcová činnost ve čtvrtohorách, kdy vznikaly kary, ze kterých dnes zbyla ledovcová jezera s morénovými valy nebo také skalní hradby a svahové sutě (© NP Šumava 2008–2022)

Nacházejí se zde významné rozlehlé horské pláně, a ledovcové kary. Biocenóza regionu je v převážné většině horského typu a je tvořena 5. – 7. vegetačním stupněm (jedlobukový až smrkový VS). Společenstva jsou zde hercynského typu

s výskytem glaciálních reliktnů a endemitních druhů, které jsou pozůstatky dob minulých. (Culek 2013)



Obr. 1: Národní park Šumava a chráněná krajinná území v jeho okolí. (© NP Šumava 2008–2022)

3.2.1 Národní park Šumava

Národní park se rozkládá na ploše 68342 ha, okolo kterých je 99480 ha velké CHKO Šumava, které slouží jako ochranné pásmo NP. Většinu území NP zaujímají lesy a to 80 %, ostatní bezlesí 9 %, louky tvoří 8 %, voda tvoří 2 % a komunikace zaujímají 1 % rozlohy. (© NP Šumava 2008–2022, dle ČÚZK)

V části šumavského bioregionu, která leží na české straně, se nachází 125 MZCHÚ. (Culek 2013)

Geologie

Podloží je tvořeno převážně rulami a granity. Území NP je tvořeno převážně moldanubikem a moldanubickým plutonem. Lze zde nalézt různé čtvrtohorní uloženiny jako svahové uloženiny a rašeliny. Občasně můžeme najít i ledovcové sedimenty. (© NP Šumava 2008–2022)

Geologicky můžeme tuto oblast zařadit do kyselého moldanubického krystalinika, neboť Šumava má převážně horský charakter s převahou kyselých půdotvorných substrátů. (Culek 2013; © NP Šumava 2008–2022) Z hornin se zde vyskytujících můžeme jmenovat pararuly, migmatity, cordieritické ruly, nebulity,

ruly, svory, dvojslídne ruly, kyselé žuly, granodiority, syenodiority, amfibiolity či krystalické vápence. Různé části bioregionu jsou tvořeny rozdílnými horninami. (Culek 2013) Z půdních typů tu můžeme nalézt ponejvíce kambizemní podzoly, dystrickékambizemě, podzoly, rankery, litozemě, kambizemě balvanité, organozemnígleje, slatiny, rašeliniště, vrchoviště. (Culek 2013)

Hydrologie a klima

Z hydrologického hlediska zde můžeme najít velmi mnoho pramenů, potoků, řek, říček, bystřin a tůní. Vodní toky na Šumavě jsou velmi rozmanité svým charakterem a svou různorodostí. NP i CHKO Šumava jsou zahrnuty do Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) podle zákona č. 138/1973 Sb., o vodách. Na Šumavě pramení Vltava. Vyskytuje se zde i mnoho umělých vodních toků, jako například Vchynicko-tetovský plavební kanál a Schwarzenberský kanál či derivační kanály MVE na Teplé a Studené Vltavě a Losenici. Vyskytují se zde i ledovcová jezera čtvrtohorního původu. (© NP Šumava 2008–2022)

Klimaticky se Šumava řadí do oblasti přechodného střeoevropského klimatu, hlavně do chladné klimatické oblasti. Některé níže položené části řadíme do mírné teplé oblasti. Roční výkyvy teplot jsou zde minimální a srážky jsou rovnoměrně rozloženy během roku. Průměrná teplota +6,0 °C ve výšce 750 m n. m., +3,0 °C v 1300 m n. m. Teplotní rekord byl naměřen na Jezerní slati a to – 41,6 °C (30. 1. 1987). Minimální srážkový úhrn činí 800–900 mm a maximální 1600 mm (na Březníku). (© NP Šumava 2008–2022)

Podnebí je zde všeobecně chladné. Patrné jsou velké rozdíly srážek mezi návětrnou a závětrnou částí. Jihovýchodní Šumava je navíc ještě ovlivněna föhnem z Alp, který tuto část může mírně oteplovat. (Culek 2013)

Flora

Floristické zastoupení zde mají převážně montánní a supramontánní druhy typické pro střední Evropu, dále také prvky mezní či exklávní, mající svůj hlavní bod výskytu jinde. Někteří zástupci subtermofilních rostlin zde dosahují svého výškového maxima, jelikož jim vyhovuje působení föhnu. Lze pozorovat rozdíl ve složení flory mezi severozápadní a jihovýchodní částí šumavského regionu. V jihovýchodní části, ve které se nachází zájmová lokalita, lze nalézt i druhy takzvaných alpských migrantů (pisniček skalní *Agrostis rupestris*, vrba velkolistá *Salix appendiculata*, hořec šumavský *Gentiana pannonica*, kýchavice bílá pravá *Veratrum album subsp. album*, řeřišnice trojlistá *Cardaminetrifolie*, kerblík lesklý *Anthriscus nitida*) či středoevropských endemitů, například zvonečnick černý *Phyteuma nigrum* a oměj šalamounek *Aconitum pulchellum*). Na různých místech Šumavy se nacházejí určité geneticky významné populace některých dřevin, jako třeba smrku, borovice lesní, borovice kleče či blatky. (Culek 2013)

Fauna

Fauna šumavského bioregionu tvoří poměrně dobře zachovalý portrét společenstev horských hercynských stanovišť. I mezi zástupci fauny můžeme pozorovat výskyt endemitních druhů v rámci ČR. Živočichové vod tekoucích Šumavou patří převážně do pstruhového pásma, avšak v nižších polohách toky zasahují i do pásma lipanového. V těchto tekoucích vodách lze pozorovat reliktní výskyt právě perlorodky říční.

Mezi významné druhy řadíme například vlka (*Canis lupus*), ryse ostrovida (*Lynx lynx*), jeřábka lesního (*Bonasa bonasia*), tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*), chřástala polního (*Crex crex*), hýla rudého (*Carpodacus erythrinus*), zmiji obecnou (*Vipera berus*), perlorodku říční (*Margaritifera margaritifera*), slíďáka rašelinného (*Pardosa hyperborea*), pošvatku (*Leuctra alpina*). (Culek 2013)

Antropogenní ovlivnění

Tento bioregion byl na střeoevropské poměry osídlen až velmi pozdě, a to v podstatě až v období středověku. První větší rozmach lidských aktivit můžeme datovat až v 17. století, kdy zde začalo vzkvétat sklářství a dřevařství. Velká část původních porostů

a vegetace byla zlikvidována, avšak stále je ještě místy možné narazit na původní smrčiny či jiné typy stanovišť. Ve 20. století byly provedeny asi nejvýrazněji ovlivňující hospodářské zásahy, jako například meliorace, stavba vodní nádrže Lipno a založení vojenských újezdů. V dnešní době se zde nacházejí z nelesních společenstev převážně louky či pastviny, ale nejvýznamněji je bioregion využíván k rekreačním účelům. (Culek 2013)

3.2.2. Národní park a jeho zonace

Národní park Šumava zaujímá plochu 68 342 ha. CHKO Šumava má plochu 99 480 ha.

Zájmové území se nachází v bývalé 1. zóně, dnešní zóně přírodní, národního parku, která svou podstatou zaručuje ochranu biotopům a přirozeným typům stanovišť, jež se uvnitř ní nacházejí. Cílem ochrany přírodních zón je jejich zachování a umožnění průběhu přirozených procesů. (Vyhláška č. 42/2020 Sb.) Předmětem ochrany Vltavského luhu jsou především meandry toku, mrtvá ramena, tůňe, pobřežní vegetace. Vltavský luh je zajímavý a bohatý jak faunisticky, tak i floristicky. (Culek 2013)

3.2.3. Vltava a Vltavský luh

Teplá Vltava je počátečním pramenem celé Vltavy, která má mnoho dalších větších či menších přítoků. Pramení ve výšce 1172 m n. m. pod Černou horou na Šumavě. Její celková délka od pramene k ústí činí 430 km. (©MŽP 2006)

Teplá Vltava pramení v oblasti rašelinišť a slatí, kde dochází k nízké mineralizaci vod. Výskyt makrofytní vegetace zaručuje vhodnou potravní nabídku, tedy detrit.

Teplá Vltava má relativně příznivé rozložení teplot a teplotní režim. Mezi oblastmi s přítomností populací perlorodky se v rámci ČR řadí mezi teplejší. (© AOPK, ČR 2013)

Vltavský luh je úsekem na Teplé Vltavě, kde se dříve nacházela PP Vltavský luh, pod Soumarským mostem směrem k soutoku se Studenou Vltavou. Oblast leží v klidové zóně NP Šumava. Jedná se o typickou říční nivu s výskytem vzácných druhů. (©DRUSOP AOPK ČR 2022)

Problém zde představuje splouvání řeky kanoisty, kteří, ačkoliv často snad nevědomky, poškozují porosty makrofyt a tím ohrožují i samotné populace perlorodek. Občas dochází i k zakázanému sběru jedinců. (© AOPK ČR 2013)

Ačkoliv se Vltavský luh nachází v 1. zóně NP Šumava, je zde stále přetrvávající problém s hospodařením na okolních porostech, ať už se jedná o lesy či travní společenstva. Vodní režim tohoto úseku Teplé Vltavy také neblaze ovlivňují meliorace okolních pozemků. (©AOPK ČR 2013)

3.2.4. Monitoring druhů a druhová ochrana na Šumavě

Dlouhodobě jsou různými institucemi a orgány ochrany přírody v NP sledovány početnosti druhů a populací a jejich vývojové trendy. Provádí se zde výzkumy, které mohou zlepšit fungování populací či posílit populace a vylepšit jejich životní prostředí. Monitorují a zkoumají se převážně druhy, které jsou předmětem ochrany EVL Šumava či samotného NP Šumava. Tzv. deštníkové druhy. (© NP Šumava 2008–2022)

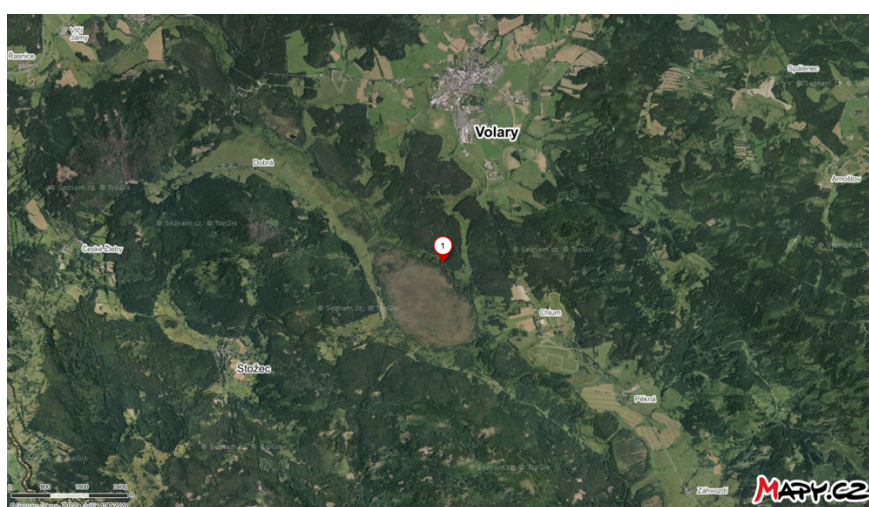
Deštníkovým druhem můžeme nazvat druh, jehož ochranou poskytneme ochranu i jiným, ne tolik nápadným či známým druhům, které se vyskytují ve stejném prostředí. (Horodyská et al. 2011)

Wilcox definuje deštníkový druh jako druh, jehož habitatové nároky, které mohou být velmi specifické, zahrnují i nároky jiných druhů, které je nutno chránit. (Wilcox 1984)

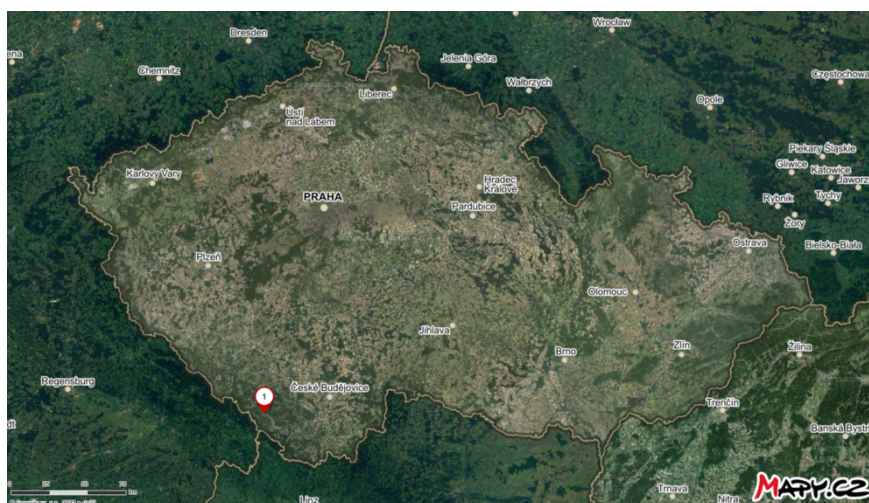
Mezi deštníkové druhy patří i perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*).

3.2.5. Umístění zájmové lokality

Zájmová lokalita se nachází ve Vltavském Luhu, nedaleko města Volary v okrese Prachatice. (Viz obr. 2 a 3)



Obr. 2: Poloha zájmové lokality v rámci okresu. Červený bod s číslem 1 je místo, kde se lokalita nachází. (Mapy.cz, © Seznam.cz, a.s.)



Obr. 3: Poloha zájmové lokality v rámci ČR. Červený bod s číslem 1 je místo, kde se lokalita nachází. (Mapy.cz, © Seznam.cz, a.s.)

3.3. Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*)

3.3.1. Základní informace

Perlorodka říční je sladkovodní dlouhověký mlž, který si jako svůj habitat osvojil oligotrofní toky, které v ideálním případě pramení na ne příliš vápenatém podloží a mají nízkou úroveň mineralizace. (©AOPK ČR 2013) Není však typickým druhem podhorských

a horských toků, ale jsou to poslední toky na našem území, které nejsou ještě znečištěny do té míry, že by zabraňovaly výskytu perlorodek. Jsou to toky, které vyhovují perlorodkám chemismem, ale jiné parametry jsou pro ně vhodnější jinde. Bohužel v dnešní antropogenně velmi ovlivněné a pozměněné krajině tyto horské/podhorské oligotrofní toky představují poslední zlomky biotopů, kde mohou přežívat. (Simon et al. 2017)

3.3.2. Vzhled

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) je měkkýš (*Mollusca*) ze třídy Mlži (*Bivalvia*). Jedná se o nepříliš velkého živočicha, který se vyskytuje v čistých a chladných tocích, nacházející se ve středních a vyšších nadmořských výškách, které jsou chudé na vápník. (Kolibáč et al. 2019) Jedná se o holoarktický druh. (Beran, L., 1998) V dnešní době je výskyt perlorodky limitován v podstatě jen na oblast Šumavy a Chebska. (Kolibáč et al. 2019) Její schránka je dvouchlopňová a sestává ze dvou lastur, které jsou spojeny vazem – ligamentem. (Rosypal et al. 2003). Lastury perlorodky jsou v dospělosti tmavě hnědé až černé a mají protáhlý ledvinitý tvar. Mohou dosáhnout délky až 13 cm. Uvnitř lastury či na jejích vrcholech, které jsou zkorodované, můžeme nalézt konchiové vrstvy žlutozlaté barvy. (Kolibáč et al. 2019) Perlorodka nemá brachiální (přijímací) a anální (vyvrhovací) otvor nikterak výrazně ohraničený, tudíž se může zdát, že splývají se schránkou. Nemá vyvinuté postranní lišty. (Beran 1998)

Potravu perlorodky tvoří detrit, což je rozkládající se organická hmota mikroskopických rozměrů, která je rozptýlena ve vodě, ze které ji perlorodky filtrují a požívají přijímacím otvorem. (Smrž 2013)

Perlorodka je schopna vytvářet perly. (Smrž 2013)

3.3.3. Životní cyklus perlorodky říční

Perlorodka říční má více vývojových stádií (viz obr. 4), z nichž jsou různá stádia rozdílně citlivá na podmínky prostředí a určité fáze tak kritické pro přežití populace.

Je typicky gonochoristou, tedy druhem s oddělenými pohlavími. (Beran 1998) V roztroušených populacích, tedy těch, které netvoří velké kolonie, můžeme nalézt i hermafroditní jedince, kterými se však mohou stát pouze samice. V tomto případě oplození proběhne přímo v těle jedné samice bez jakékoliv přítomnosti samce. V případě, že se v populaci nachází jak samice, tak samci, účastní se reprodukce obě pohlaví. (©AOPK ČR 2013)

Se začátkem léta i samci perlorodky říční vypouštějí mnoho spermií do vodního toku, které jsou unášeny tokem a následně nasáty přijímacím otvorem samic, u kterých posléze dochází k oplodnění vajíček. Tato vajíčka pokračují ve vývoji v mezizaberním prostoru samice do té doby, než se z nich stanou larvy – glochidie, které jsou invazním stádiem. Jejich vývin trvá 380-420 denních stupňů (součet denních průměrných teplot ve °C), což jsou cca 4 týdny – dle Hrušky, 1999. Produkce glochidií perlorodky je poměrně vysoká, což souvisí s jejich poměrně malou velikostí, která dosahuje okolo 60 x 80 µm. (Hruška 1999 ex. ©AOPK ČR 2013)

Když je vývoj glochidií v těle samičky dokončen, jsou samičkou vyvrhovány vyvrhovacím otvorem do vody, k čemuž dochází zpravidla v srpnu. (©AOPK ČR 2013) Po tom, co jsou larvy vyvrženy do vody, nastává první z kritických částí vývojového cyklu. Larvy jsou pasivně plaveny proudem, přičemž

vyčkávají, dokud nepotkají hostitele, tedy lososovitou rybu pstruha potočního (*Salmo trutta*), na jehož žaberní aparát se při setkání musí přichytit, aby zde mohl proběhnout jejich další vývoj. V této fázi dochází k úhynu poměrně velkého počtu vyvrhnutých jedinců. (©AOPK ČR 2013)

Dle Younga a Williamse (ex.Buddensiek 1995) se toto přichycení povede pouze 10 z přibližně 1 milionu vypuštěných glochidií. Tento efekt je ale vyvážen dlouhým životem dospělého a enormním množstvím produkovaných glochidií během reprodukční fáze života jedné samice, která jich může za svůj život do vody vypustit až 200 milionů. (Buddensiek 1995)

Dříve byl hlavním hostitelem perlorodky v našich podmínkách losos, dnes, v důsledku přehrazení toků a zabránění migrace lososů do míst s výskytem perlorodky, je jejím hlavním hostitelem pstruh potoční (*Salmo trutta*). (Hruška 1999 ex. ©AOPK ČR 2013) Lze také pozorovat určitou vazbu mezi perlorodkami a pstruhy ze stejného povodí. Čím více jsou od sebe populace hostitele

a parazita vzdáleny, tedy pokud každý z nich pochází z jiného povodí, tím je větší pravděpodobnost úhynu glochidie, a to i po uchycení na žaberní aparát hostitele. (©AOPK ČR 2013)

Pokud se však glochidii podaří uchytit a vydržet na žábách hostitele, zformuje na nich cystu, v níž se zapouzdří a přejde k procesu metamorfózy v juvenilního jedince. Tento proces zase závisí na sumě teplot, úspěšná metamorfóza proběhne po dosažení sumy 1300 denních stupňů. (©AOPK ČR 2013)

Když je metamorfóza úspěšně u konce a glochidie přešla v další vývojové stádium, takzvaného juvenila, se tento juvenil se z cysty prořízne, uvolní a spadne na dno říčního toku. Tím začíná další rozhodující fáze pro život perlorodky. Jedinec totiž musí najít místo, na kterém jsou všechny podmínky prostředí optimální a zároveň je zde i vyhovující množství a struktura potravy,

konkrétně detritu. Když tyto podmínky nejsou splněny, dochází k úmrtí jedince. (©AOPK ČR 2013)

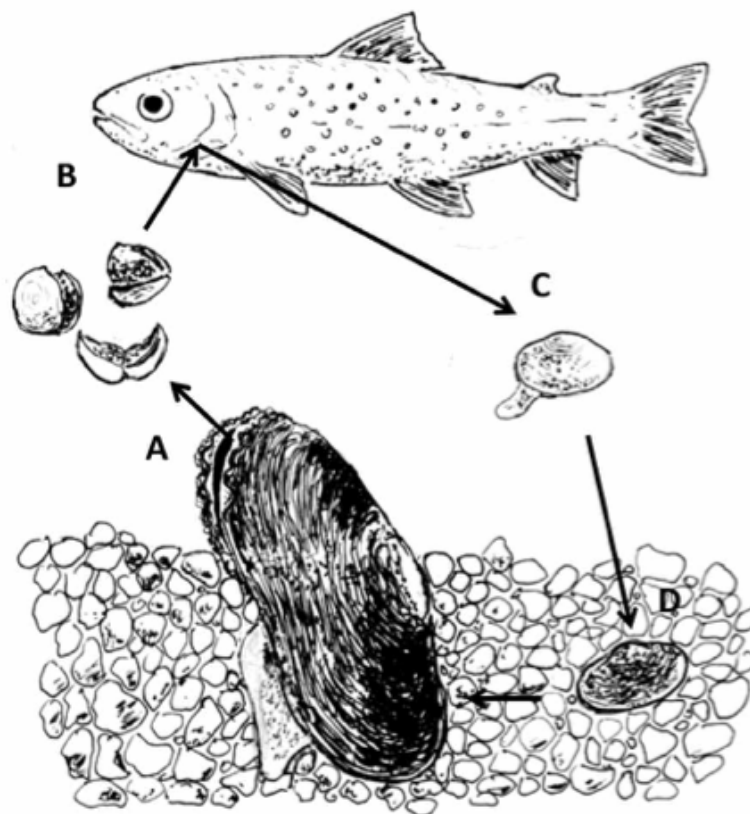
Důležitá je pro ně výrazná látková výměna mezi volnou vodou

a právě hyporeálem. Během tohoto období jsou mladé perlorodky velmi náchylné k výkyvům nasycení kyslíkem, a i nepatrné poklesy pro ně mohou být fatální. Vzhledem k tomu, že dospělci přežívají i v mírně znečištěných vodách a výskyt současného hlavního hostitele glochidií, pstruha potočního, není na výrazném ústupu, stojí za vymíráním populací a nedostatkem juvenilních a mladých dospělých jedinců nejspíše i vysoká mortalita v tomto raném post parazitickém stadiu. (Buddensiek 1995)

Když najdou vhodné místo, zahrabou se za pomoci svalnaté nohy do substrátu, ve kterém žijí až do chvíle, kdy jejich tělo dosáhne vhodných rozměrů ke stabilnímu a fixnímu přichycení na povrch říčního dna. (©AOPK ČR 2013)

V juvenilním období jedinec roste nejrychleji z celého svého života. Přírůstky mohou tvořit desetinásobky jeho velikosti. (©AOPK ČR 2013) V prvním roce je mortalita juvenilů nejvyšší, po přežití první zimy klesá. (Buddensiek 1995)

V podmínkách ČR dosahují perlorodky pohlavní dospělosti v rozmezí 15. a 20. roku života. Když dosáhnou jedinci pohlavní dospělosti, přírůstky se zpomalí a již nejsou tak velké. (©AOPK ČR 2013) Některé zdroje definují juvenila jako jedince, jehož roční přírůstek činí 4 mm a více. U dospělců se v českém prostředí pohybují přírůstky okolo 1 mm ročně. (Matasová et al. 2013)

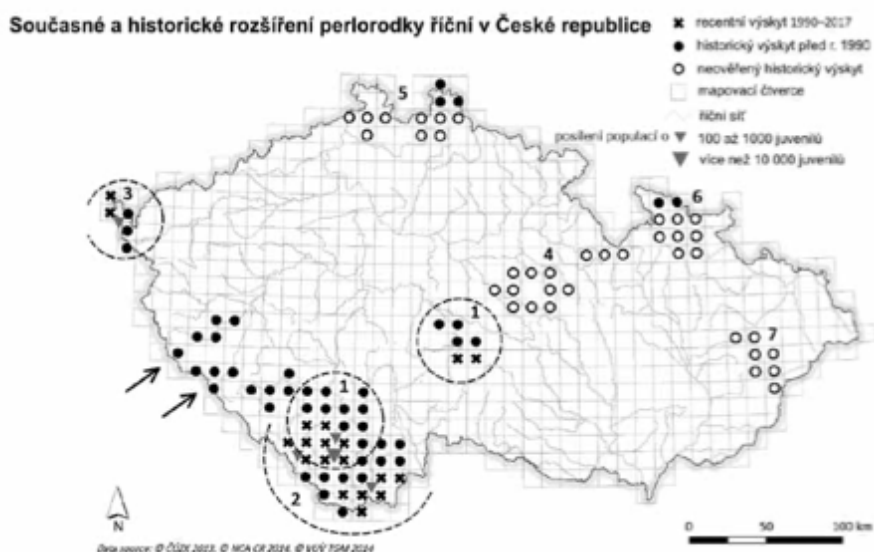


Obr. 4: Životní cyklus perlorodky říční. Dospělý jedinec (A) vyvrhne oplodněné parazitické larvy, tzv. glochidie (B) do vody, kde jsou unášeny proudem, dokud se nepřichytí na žábry lososovité ryby. Po ukončení larválního stádia jedinci opouští rybu a ve formě juvenila (C) se zahrabávají do hyporeálu (D), kde žijí do stádia dospěléce (A), který již vyčnívá z povrchu dna ven. (autor kresby: Michal Bílý, převzato ze Simon et al. 2017)

3.3.4. Výskyt perlorodky říční v ČR

V minulosti se perlorodka vyskytovala, stejně jako dnes, převážně v oblasti jižních Čech a Šumavy, dále v izolovaných populacích v Ašském výběžku a na Vidnavsku. Vzácně také ve vnitrozemí, převážně v okolí Jihlavy. Většina těchto populací však bohužel již v minulosti ukončila svou reprodukci a v důsledku toho vyhynula. (Beran 2002)

V dnešní době se vyskytují pouze zbytkové populace v pohraničních oblastech ČR, konkrétně na Blanici, Teplé Vltavě, Zlatém potoce, na Lužním potoce na Ašském výběžku, na Janovském potoce na Českomoravské vrchovině (viz obr. 5). (Simon et al. 2017)



Obr. 5: Rozšíření perlorodky říční v ČR. Křížky značí výskyt mezi lety 1990 a 2017, plné tečky značí výskyt před rokem 1990. (Převzato ze Simon et al. 2017)

Stav populací perlorodek v ČR

Populace perlorodky říční klesly v ČR o 95 % oproti svému původnímu historickému areálu rozšíření, za což může více faktorů. Jmenujme například výskyt nepůvodních druhů v povodí, nevhodné rybářské hospodaření, turismus, odvodňování krajiny, eutrofizace vod, vypouštění odpadních vod z průmyslu a sídel do vodních toků. Poslední zbývající lokality s výskytem perlorodky jsou obývány pouze malými počty oproti původním milionovým koloniím. (Simon et al. 2017)

V ČR máme tři geneticky odlišné populace perlorodek, každá nazývána podle místa výskytu (Saalská, Blanická, Malšská), které označujeme jako ochránářské jednotky. Nesmějí být smíchány v umělých podmínkách. (Simon et al. 2017)

Výskyt perlorodky říční na Teplé Vltavě

V lokalitě na Teplé Vltavě mezi obcemi Dobrá na Šumavě a Nová Pec se perlorodky v korytě řeky vyskytují pouze rozptýleně. Monitoring provedený zaměstnanci Národního parku Šumava objevil mezi lety 2009 a 2012 celkem 228 živých jedinců a 27 prázdných lastur, tedy pozůstatky uhynulých jedinců. Velikosti

některých dospělců odpovídaly předpokládaným velikostem juvenilů. (Matasová et al. 2013)

Vhodné podmínky pro život perlorodky v říčním korytě

Perlorodka pro svůj život a vývin vyžaduje, aby několik různých činitelů bylo v optimu. Je velmi citlivým stenovalentním druhem. Pokud je jeden z faktorů nějakým způsobem pro ni nevhodný, ačkoliv jsou všechny jiné faktory optimální, může dojít i k úhynu. Mezi hlavní požadavky perlorodky na kvalitu biotopu jmenujme například:

- Vysoké nasycení prostředí kyslíkem (okolo 100 %)
- Nízká konduktivita prostředí
- Teplotní maxima v povodí během roku do 20 °C
- Neutrální až slabě kyselé pH
- Nízká hodnota BSK5 (BSK5 je biochemická spotřeba kyslíku za dobu 5 dní při teplotě 20 °C ve tmě. Anděl, 2011 ji definuje jako množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za daných podmínek v oxickém prostředí k biochemické oxidaci látek ve vodě). (Anděl 2011)

Dále perlorodka vyžaduje specifickou strukturu dna a substrátu, ve kterém je dostatečné množství intersticiálních prostor, což zaručuje dostatečné nasycení kyslíkem. Pro juvenilní jedince je esenciálních horních 10 cm dna, do něhož se zahrabávají. Nesmí zde být příliš mnoho jemnozrnných částic, neboť to vede k nižší koncentraci kyslíku a tím i horší dostupnosti pro juvenilny. Stejným problémem je i eutrofizace vody, kdy může dojít v určité fázi až k anoxii v úrovni dna. Dalším faktorem, který ovlivňuje množství kyslíku ve dně je proudění vody, které neprobíhá jen v samotném korytě toku ale i pod povrchem dna. (©AOPK ČR 2013)

Ohrožení perlorodky říční

Jedním z faktorů, které ohrožují perlorodku, jsou například i uměle vytvořená přehrazení vodních toků, které zabraňují migraci ryb nebo jim ji ztěžují. Vzhledem k tomu, že je migrace glochidií perlorodky říční proti proudu toku na větší vzdálenosti závislá na rybách, na jejichž žaberním aparátu tráví určitou část svého vývojového cyklu, tak i perlorodky jsou tímto přehrazením toků ovlivněny. (Beran 1998) Proti proudu toku se jich v důsledku tohoto dostane méně, než kdyby zde žádná umělá přehrazení nebyly. Řešením je vytvoření rybích přechodů či bypassů, ale ani to však není stoprocentně účinné opatření. (Beran 2002)

Mezi další ohrožující činitele můžeme zařadit například i zvýšenou eutrofizaci prostředí, znečištění okolních biotopů a překyselení vod. Jedním z problémů jsou i přestárlé roztroušené populace, které produkují jen málo juvenilů nebo se vůbec nerozmnožují. (Beran 1998)

Současným velmi specifickým problémem perlorodky, který se váže na její současné lokality výskytu v ČR může být i fakt, že se lokality nacházejí ve vyšších nadmořských výškách, tudíž je i teplota vzduchu a vody nižší, než jaká by perlorodce vyhovovala. Nízké letní teploty nedosáhnou požadovaného součtu teplot pro úspěšné dokončení reprodukce a perlorodky se nerozmnoží. (©AOPK ČR 2013)

Konkrétně ve Vltavském luhu je problémem i zalesňování povodí, což vede k dalšímu ochlazení prostředí a následně i samotného toku. (©AOPK ČR 2013)

Problém pro tuto populaci představuje hlavně malé množství ryb, na kterých by glochidie mohly parazitovat, cestovní ruch v oblasti, regulace vodního režimu v povodí nad lokalitou s výskytem perlorodek. (©AOPK ČR 2013)

Ochrana perlorodky říční v ČR

Perlorodka je druhem, který je ovlivněn mnoha faktory a pouze jejich správnou souhrou může být její prostředí v pořádku. Je bioindikátorem, tedy ukazatelem kvality prostředí. Je proto nutno chránit celý biotop a prostředí, ve kterém žije. V minulosti byly perlorodky chráněny pro hospodářskou činnost. To se změnilo v 80. letech 20. století, kdy se přistoupilo k ochraně celých populací a biotopu perlorodky říční. V roce 1993 započala první etapa záchranného programu, na kterou v roce 2000 navázala druhá a nyní, od roku 2013, probíhá již třetí etapa. ((©AOPK ČR 2013)

Perlorodka je chráněna na národní úrovni zákonem č. 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny. Na evropské úrovni směrnicí rady 92/43/EHS ze dne 21.5.1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, která je základem pro vytvoření soustavy NATURA 2000. Také se nachází na Červeném seznamu ohrožených druhů ČR. (Farkač et al. 2005) Dále je perlorodka říční předmětem ochrany EVL Šumava ((©NP Šumava)

Životnost a růst perlorodky říční

Velikosti, přírůstky a délka života je mezi jednotlivými populacemi velmi variabilní. Bauer 1992 (ex. Hastie et al. 2000) uvádí, že délka průměrná života může dosahovat od 30 do 132 let a maximální délka lastury může být mezi 80 a 145 mm. Jiní autoři uvádějí nález 162 mm velkého jedince, či jedince starého 167 let. (Hastie et al. 2000)

Perlorodka, v případě že žije v méně úživném toku, je schopna se dožít přes 100 let věku. Ve více úživných tocích je to zpravidla méně. (Beran 1998) V ČR se v průměru dožívají padesáti až osmdesáti let. (©AOPK ČR 2013)

Avšak délka života, stejně jako velikost těchto mlžů, je ovlivněna také geografickým výskytem. Čím severnější populace, tím déle žije, ale přírůstky jsou menší. (©AOPK ČR 2013)

V ČR můžeme pozorovat dvě věkové formy populací. Dlouhověkovou formu perlorodky můžeme nalézt v Blanici. Středněvěkovou potom v Teplé Vltavě, Malši, Zlatém potoce, Rokytnici a Jankovském potoce. (©AOPK ČR 2013)

Růst perlorodek závisí na celkovém stavu jejich habitatu. Mezi faktory ovlivňující růst patří hydrochemické ukazatele, teplota, zeměpisná šířka. Severnější populace jsou obvykle délevěké a dosahují větších rozměrů, ačkoliv rostou pomaleji než populace žijící jižněji. Toto je údajně ovlivněno teplotou vody. (Hastie et al. 2000) Dospělí samčí jedinci jsou obecně o něco větší než dospělé samice. (Hastie et al. 2000)

Perlorodky zdá se rostou přirozeně dle asymptotické křivky, což odpovídá závěrům i dalších autorů. Jakožto dlouhověký druh rostou nejrychleji v juvenilním stádiu. V dospělosti přirůstají už jen velmi pomalu. (Hastie et al. 2000)

Juvenilové obývají substrát dna, ve kterém jsou zahrabaní, většinou do dosažení 10 let. V této fázi svého vývoje a života perlorodka roste maximální rychlostí. Přírůstky čítají stovky a následně desítky procent. (©AOPK ČR 2013)

Růst probíhá v podstatě jen v teplých měsících, přes zimu úplně ustane. (Buddensiek 1995)

Mortalita během první zimy experimentu Buddensieka výrazně závisela na velikosti juvenilů. Přežili v podstatě jen ti, kteří byli >900 μm a i ti měli jen 50% šanci.

Přirůstky perlorodek mohou být v rámci populací i mezi jednotlivými populacemi velmi variabilní. To může být následkem různých faktorů, mezi které můžeme zařadit například genetickou variabilitu populací, habitatové podmínky. I malé změny v rámci mikrohabitatu či změny hydrologické mohou mít vliv na velikost a tvar lastury jedinců. Na toto má pravděpodobně vliv i složení a zrnitost substrátu. (Hastie et al., 2000) Také zhoršená kvalita vody může mít za následek malé přirůstky. (Dyk a Dyková 1974 ex. Hastie et al. 2000)

Dalším faktorem, který ovlivňuje růst je teplota vody. Například v Rusku jsou nejrychleji rostoucí jedinci pozorováni v teplejších vodách. Ve střední Evropě je růst ovlivněn nadmořskou výškou, kdy ve vyšší nadmořské výšce, a tedy i chladnějším prostředí rostou jedinci pomaleji. Bauer 1992 uvádí, že vliv teploty vody na růst perlorodek je zásadnější, než vliv hydrochemických činitelů. (Hastie et al. 2000)

Z pozorování vyplývá, že na růst má největší vliv teplota vody. Jiné faktory, jako konduktivita, množství vápníku a hořčíku mají na růst také vliv, avšak teplota se jeví jako faktor nejzásadnější. (Buddensiek 1995)

3.4. Bioindikace a biomonitoring

Bioindikace je metoda, která je založena na zkoumání a vyhodnocování stavu prostředí, na základě čehož jsou zjišťovány vlastnosti daného prostředí. Z chování a vlastností živých organismů vyvozuje vlastnosti prostředí, biotopu. Reakce organismů, které jsou v roli bioindikátorů jsou relevantním pramenem informací o zkoumaném prostředí. (Anděl 2011)

I perlorodka může posloužit jako bioindikační druh, tedy druh, který je používán pro bioindikace. Vzhledem k provázanosti procesů ve vodním prostředí a citlivosti perlorodky nám poskytuje celkový obraz o stavu ekosystému, prostředí, ve kterém se nachází. (Anděl 2011)

Bioindikace je jako monitorovací nástroj využívána v rámci záchranného programu perlorodky říční. Využívá se ke sledování účinnosti opatření a kroků, ke kterým bylo pro záchranu a ochranu druhu přistoupeno. Je také vhodným nástrojem pro posouzení účinnosti přijatých opatření. Jedná se o jedinou techniku, kterou lze sledovat přírůstky juvenilů. V případě výzkumů na Teplé Vltavě jsou využívány bioindikační destičky a klíčky/sondy. Pomocí bioindikací je monitorováno přežívání, životaschopnost a růst juvenilních forem v daných místech. (©AOPK ČR 2013)

Biomonitoring – je také součástí experimentů s perlorodkou a souvisí s její dlouhodobou druhovou ochranou. Jedná se o systematické dlouhodobé sledování daného druhu. Na tomto sledování je založeno následné hodnocení stavu a vývoje ekosystému. (Anděl 2011)

Jedním z požadavků pro úspěšný biomonitoring je to, že musí být zachovány životní podmínky pro všechny monitorované jedince v podstatě stejné, srovnatelné. (Anděl 2011)

4. Metodika

4.1. Časové rozmezí

Experiment, na kterém je založena tato práce probíhal v letních měsících roku 2021 (červen-červenec). Přesný časový harmonogram je popsán v příloze č. 2. Je součástí projektu Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava (řešitel: společnost Beleco z.s.). (© Beleco z.s. 2022)

4.2. Lokalita

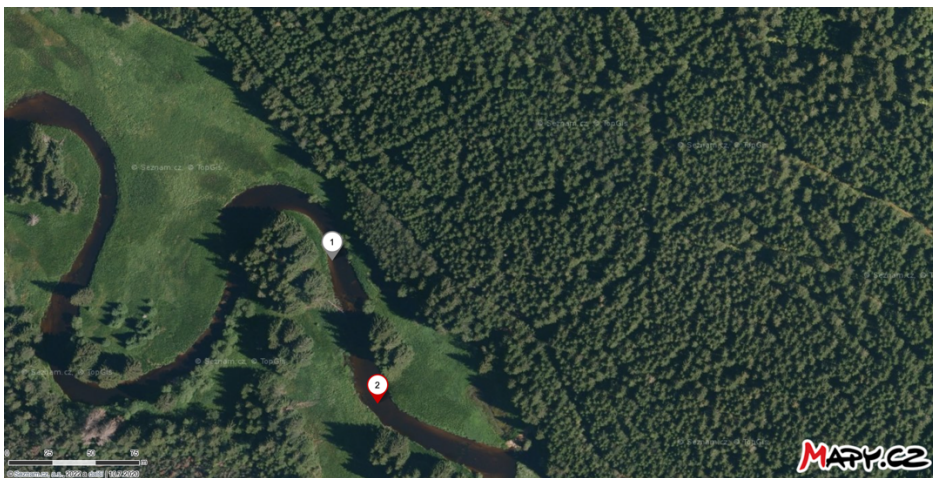
Experimentální plocha se nachází v 1. zóně NP ŠUMAVA, v místě bývalé PP Vltavský luh, na Teplé Vltavě poblíž města Volary, mezi obcemi Dobrá na Šumavě a Nová pec v okrese Prachatice. Přesná poloha je znázorněna na obrázku 6 a 7 níže a označena body 1 a 2. GPS souřadnice bodu 1 jsou N 48°52.58062', E 13°52.97022' a bodu 2 N 48°52.53595', E 13°52.99177' (viz obr. 6 a 7). (Mapy.cz, © Seznam.cz, a.s.) V interní literatuře s tematikou perlorodky říční je tato lokalita nazývána Experimentální meandr.

Úsek Vltavy, kde experiment probíhal, se řadí do biotopu V48, tedy Makrofytní vegetace vodních toků, stanoviště s potenciálním výskytem vodních makrofytů nebo se zjevně přirozeným či přírodě blízkým charakterem koryta (viz obr. 8), který je předmětem ochrany NP Šumava. (© NP Šumava 2008–2022)

V létě 2021 tuto lokalitu, v průběhu experimentu, zasáhla povodeň.



Obr. 6: Umístění experimentální lokality v rámci Teplé Vltavy. Bod 1 značí experimentální meandr, bod 2 značí terénní stanici NP Dobrá na Šumavě, kde byly prováděny laboratorní úkony. (Mapy.cz, © Seznam.cz, a.s.)



Obr. 7: Letecký snímek experimentální plochy. Plocha se nachází mezi body č. 1 a č. 2. (Mapy.cz, © Seznam.cz, a.s.)



Obr. 8: Experimentální lokalita, Teplá Vltava. (Autor fotografie: M. Rojtová)

4.3. Sondy s perlorodkami

Pro bioindikaci byla použita metoda s použitím sond (viz obr.9). (Bílý et al. 2021)

Jedinci perlorodky říční byly do řeky umístěny v tzv. trubicových síťových sondách. Sondy byly vytvořeny z nerezového pletiva o hraně ok 1 mm, jejich výška činila přibližně 8 cm, průměr cca 4 cm. Sondy byly vystlány uhelonem o hraně ok 0,25 mm, který zabraňoval úteku juvenilů. Sondy byly opatřeny teploměrem HOBO Onset pro kontinuální měření teploty, kotvou z poplastovaného napínacího drátu a silikonovou hadičkou o průměru 4 mm pro odběr vzorku kyslíku při kontrolách. Vše bylo spojeno stahovacími páskami na kabely a nerezovými špendlíky.

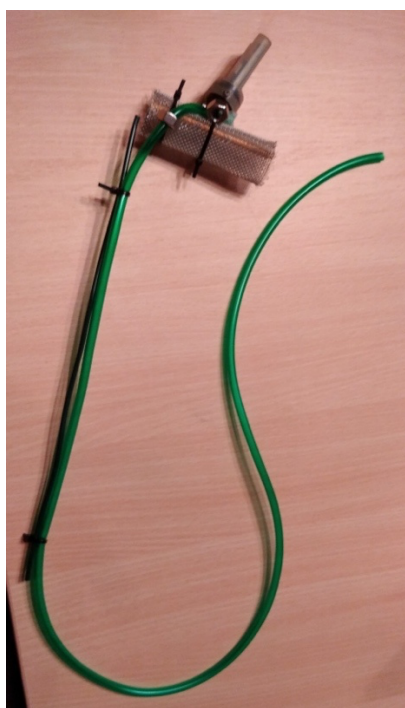
Sonda byla naplněna substrátem, pískem o velikosti 1-2 mm, odebraným v říčním sedimentu na lokalitě, přibližně 1-2 cm pod horní okraj.

Poté bylo do sondy vloženo 12 juvenilních jedinců perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) o věku 1+, které pocházely z odchovu realizovaného v rámci Záchraného programu perlorodky říční. Tyto juvenilové byli odchováni tzv. českou metodou. (©AOPK ČR 2013) Velikost juvenilů na začátku

pokusu byla přibližně 1 mm, dle výsledků měření byl celkový průměr velikostí použitých jedinců 1182,47 μm .

Po umístění perlorodek do sond byl injekční stříkačkou do sondy k perlorodkám vstříknut detrit odebraný na lokalitě a ochutnaný, zbytek sondy byl doplněn znovu říčním substrátem a sonda se uzavřela víčkem. Sonda byla vždy na teploměru i víčku označena číslem a písmenem příslušného bodu (např. A1, H8 apod.).

Poté byla sonda donesena na předem vybraný bod, kde byla usazena do říčního dna tak, aby její horní konec byl zároveň s povrchem dna a nebyl ani příliš viditelný, ani příliš hluboko (viz obr. 10). Následně bylo víčko sundáno.



Obr. 9: Sonda, v níž byly umístěny perlorodky říční během hyporeálového experimentu. (Autor fotografie: M. Rojtová.)



Obr. 10: Umístění bioindikační sondy do hyporeálu. Horní okraj sondy je zároveň se dnem. (Autor fotografie: O. Simon)

4.3.1 Výběr bodů pro umístění sond

Nejprve byl proveden průzkum říčního dna. Bylo vybráno celkem 30 bodů, do kterých se následně umístilo celkem 30 sond (1 bod = 1 sonda).

Body pro vysazení sond s perlorodkami byly vybrány na základě vhodných fyzikálně-chemických vlastností daných bodů, přičemž klíčovým byla prokysličenost mělkého hyporeálu, kvantifikovaná pomocí redox potenciálu, měřeného pomocí platinové zapichovací sondy. Ta byla zapíchnuta do sedimentu, přibližně do hloubky 3 cm, která byla na sondě vyznačena páskou. V případě, že redox potenciál v daném místě byl vyšší než cca 200 mV, přistoupilo se k měření redox potenciálu v dalších 7 bodech v okruhu 5–10 cm od bodu prvního.

Před samotným měřením bodů v říčním dně/sedimentu, byla vždy změřena hodnota volné vody, jejíž redox potenciál je v případě dané lokality okolo 300 mV, aby se vyloučilo případné chybné měření přístroje. V případě, že byly hodnoty redox potenciálu ve dně okolí bodu stabilní a dostatečně vysoké (alespoň okolo

200 mV, či ideálně 300 mV), byl bod shledán jako vhodný pro instalaci bioindikační sondy a zanesl se do plánku a protokolu pro další měření fyzikálně – chemických vlastností. Na základě redox

potenciálu bylo vybráno přes 30 bodů u kterých bylo následně provedeno měření hodnot dalších důležitých vlastností.

Dalším indikátorem prostředí mělkého hyporeálu byl penetrometrický odpor dna. Ten byl měřen za pomoci ručního penetrometru ve dvou hloubkách dna a to přibližně 3 a 13 cm. Penetrometr byl vždy ve vybraném bodě zapíchnut do říčního dna. Měření bylo, stejně jako u redox potenciálu, provedeno vždy v 7 místech ve vzdálenosti 5-10 cm okolo bodu vytipovaného na základě redoxních hodnot. Tyto hodnoty měly informativní charakter, pro případnou pozdější charakteristiku daného bodu.

Hloubka, tedy aktuální výška vodního sloupce nad jednotlivými body byla změřena pomocí měrné latě, která byla držena svisle, kolmo k říčnímu dnu a byla z ní odečtena výška na hladině.

Rychlost proudění toku byla měřena za pomoci hydrometrické vrtule. Byla měřena vždy ve dvou bodech a to 5 cm nad říčním dnem a 5 cm pod hladinou momentálního vodního sloupce. Měření probíhalo nastavením požadované výšky na tyči hydrometru

a nasměrováním měřicí vrtule proti proudu a automatickým sčítáním otáček hydrometru, které byly posléze vyhodnoceny převodním vztahem. Měření v každém místě probíhalo po dobu 30 vteřin.

Po změření všech výše uvedených indikátorů/vlastností/parametrů a následném vyhodnocení bylo vybráno celkem 30 bodů tak, aby doprovodné charakteristiky (především hloubka a rychlost proudu) představovaly co nejširší škálu podmínek. Body byly pojmenovány vždy písmenem abecedy a číslem (např. A1, B2) s výjimkou posledních tří bodů, které byly pojmenovány *28, α29 a β30. Umístění jednotlivých bodů v rámci experimentální lokality je vyobrazeno na plánu v příloze 1.

Harmonogram

- Vyhledávání míst pro umístění sond: 9.-12.6.2021.

- Instalace sond: 13.-14.6.2021.
- Vyjmutí sond: 22.-23.7.2021.

Přesný časový harmonogram je vyobrazen v příloze 2.

4.4. Způsob sběru dat, průběh kontrol

Po umístění sond na experimentální lokalitu probíhaly kontroly, které původně měly být vždy po 7 dnech, ale kvůli nepřízní počasí probíhaly více méně vždy, když to průtok v řece dovozoval, tedy byl na měrném profilu Chlum 3-4 m³/s a v predikčním grafu se nevyskytovaly výrazné výkyvy.

Kontroly tedy proběhly ve dnech: 20.6.2021, 5.7.2021, 11.7.2021. 23.-24.7.2021 proběhlo diurnální detailní měření parametrů. Během kontrol byly změřeny v každém bodě, ve kterém se nacházela sonda, následující parametry: hloubka vody, rychlost proudění 5 cm nad říčním dnem a 5 cm pod hladinou hydrometrickou vrtulí, redox potenciál pomocí platinové zapichovací sondy, množství kyslíku ve dně. Měření množství kyslíku ve dně bylo prováděno pomocí nasátí vody ze zelené hadičky na sondě (viz obr. 9). Z hadičky byla injekční stříkačkou nasáta voda, která byla odstříknuta pryč. Poté byl nasát druhý vzorek vody, který byl pomalu vstříknut do injekční stříkačky, která byla utěsněna, aby z ní voda nemohla vytéct. Do této stříkačky byla vsunuta sonda oximetru s membránovou elektrodou, která měřila po dobu 1 minuty a následně ukázala množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. Hodnota byla po jedné minutě zanesena do protokolu spolu se všemi měřenými hodnotami ostatních parametrů.

4.5. Ukončení experimentu

Experiment byl ukončen v červenci 2021. Ve dnech 22. a 23.7.2021 byly vyjmuty sondy z říčního dna, změřena hloubka vody, rychlost proudění, množství kyslíku ve dně, redox potenciál a byly odebrány vzorky substrátu dna z daného bodu pro pozdější granulometrickou analýzu.

Extrakce 1+ MM z hyporeálových sond

Po měsíční instalaci v řece byly sondy vyndány. V každé z nich bylo původně 12 jedinců 1+ MM o velikosti přibližně 1 mm. Všechny naměřené velikosti se nacházejí v příloze 15. Po vyjmutí sond z řeky byly jednotlivé sondy hloubkově rozděleny přibližně po 2 cm, celková hloubka sond byla cca 8 cm. Vznikly tedy 4 vrstvy z každé sondy. A to vrstvy 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm a 6-8 cm. Toto rozdělení na vrstvy proběhlo v terénu, ihned po vyjmutí sond z řeky. Jednotlivé vrstvy byly následně odděleně pro každý bod ve zkumavkách odneseny do laboratoře pro pozdější analýzu.

Z každé vrstvy byly v laboratoři pomocí floatace získány 1+ MM jedinci perlorodky říční. Ty byli následně dány do kalibračních mřížek a pod mikroskopem fotografovány. Z fotografií byly následně měřeny velikosti jedinců.

Přeživší jedinci byli po ukončení pokusu vráceni do odchovu k pozdějšímu vysazení, které však u těchto jedinců proběhne nejspíše až za několik let.

4.6. Bioindikace

Bioindikace sestávala z hodnocení a) přežívání, b) jednoměsíčního přírůstku juvenilů.

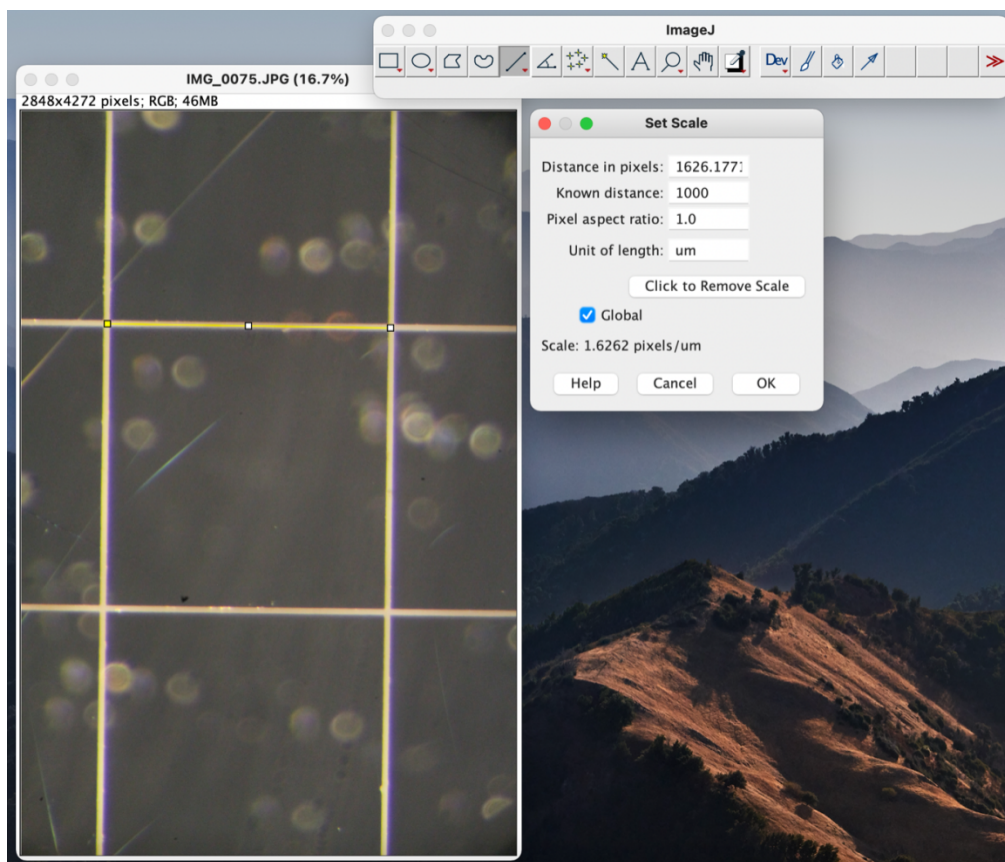
4.6.1 Měření přírůstků juvenilů

Měření přírůstků juvenilů bylo provedeno v programu ImageJ. (©ImageJ 2022) Každá jedna perlorodka byla před začátkem experimentu pod stenomikroskopem dvakrát vyfotografována. Jednou z každé strany následně bylo číslo fotografie zaneseno do protokolu k příslušnému číslu sondy, do které byla perlorodka později usazena. Perlorodky byly podobně fotografovány před začátkem a po skončení pokusu, po jejich vyjmutí z řeky. Byly změřeny velikosti sady fotografií před i po pokusu a následně i tyto velikosti byly zaneseny do protokolu.

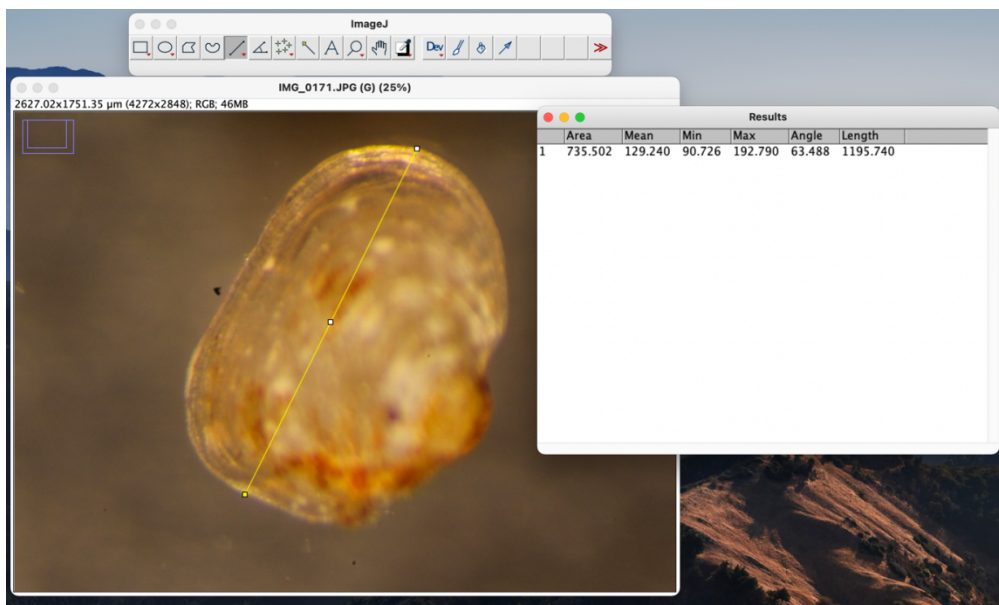
Jedinci byli měřeni vždy po nejdelsí ose, tedy byla měřena jejich šířka.

Detailní postup měření:

- File - Open - vybrat fotografii - vždy se začíná u každé série 12 ks (1 sonda) tím, že se změří 1 čtverec na kalibrační mřížce nástrojem, který vypadá jako přímka.
- Analyze - SetScale - zde potvrdit v jakých jednotkách se pracuje a kolik pixelů na 1 mm mají požadované fotografie - Distance in pixels (neupravovat), Known distance: 1000, pixel aspect ratio: 1.0, unit of length: um. Zaškrtnout GLOBAL, zmáčkonout OK (viz obr. 11).
- Analyze - Measure - objeví se tabulka, kde se zobrazí na konci length - číslo, kolik je naměřeno přímkou (viz obr. 12), toto číslo je opsáno do XLS tabulky s měřenou perlorodkou.



Obr.11: Postup kalibrace a nastavení programu ImageJ při měření. Zde je naznačen postup při měření kalibrační mřížky.



Obr. 12: Postup měření juvenilní perlorodky z fotografie pořízené pod stenomikroskopem v programu ImageJ.

Po změření všech perlorodek z jedné sondy je změřena kalibrační mřížka pro fotografie z další sondy, postup stejný jako výše.

Hodnocení naměřených dat

Pro každou sondu byl vyplněn protokol, do kterého se zaneslo číslo fotografie jedince z každé strany (každý jedinec byl fotografován dvakrát, tudíž u každého jedince byla dvě čísla fotografie) a to celkem pro 12 jedinců (viz obr. 13). Následně byla v programu ImageJ měřena velikost juvenilů v μm , která byla zanesena k příslušnému číslu fotografie, která byla měřena.

Zápis do protokolů byl stejný před zahájením pokusu i po jeho ukončení.

| skupina perlorodek | číslo perlorodky | foto 1 | foto 2 | kalibrace 1 | kalibrace 2 | poznámka |
|--------------------|------------------|--------|--------|-------------|-------------|----------|
| E5 | | 107 | 108 | 107 | 108 | |
| | 1 | 109 | 110 | | | |
| | 2 | 111 | 112 | | | |
| | 3 | 113 | 114 | | | |
| | 4 | 115 | 116 | | | |
| | 5 | 117 | 118 | | | |
| | 6 | 119 | 120 | | | |
| | 7 | 121 | 122 | | | |
| | 8 | 123 | 124 | | | |
| | 9 | 125 | 126 | | | |
| | 10 | 127 | 128 | | | |
| | 11 | 129 | 130 | | | |
| | 12 | 131 | 132 | | | |

Obr. 13: Příklad protokolu s čísly fotografií juvenilů. Do sloupečků na pravé straně vždy byla vepisována velikost jedince změřená z příslušné fotografie.

4.6.2. Metodika hodnocení naměřených rozměrů

Pro výsledky byla spočítána v MS Excel průměrná velikost jedinců v každé jedné sondě (12 jedinců) na začátku pokusu, průměrná velikost všech jedinců v každé jedné sondě (0-12 ks) po ukončení pokusu a průměrná velikost živých jedinců v každé jedné sondě

(0-12 ks) po ukončení pokusu. Pro výpočet přírůstků živých jedinců byla od průměrné velikosti živých jedinců na konci pokusu odečtena průměrná velikost jedinců na začátku pokusu.

Identifikace jedinců

Vzhledem k velikosti a citlivosti perlorodek nebyly umístěny žádné konkrétní identifikační značky na jednotlivce. Byl vždy uvažován soubor perlorodek z jedné sondy, tedy například všechny perlorodky ze sondy A1 byli bráni jako jeden celek. Tedy není jasné, jestli perlorodka, která byla před usazením sondy zapsána v protokolu jako A1, perlorodka č. 1, byla i po vyjmutí ze sondy po ukončení pokusu v protokolu označena jako A1, perlorodka č. 1 nebo byla na jiné pozici (perlorodka č. 2-12).

Je však jasné, že to byl jedinec, který byl v průběhu experimentu v sondě A1.

Pracovní čísla

Ve výsledcích byly použity průměrné hodnoty přírůstků, vždy pro každou jednu sondu zvlášť. Také celkové velikosti všech jedinců před zahájením a po ukončení expozice v hyporeálu.

4.6.3. Hodnocení hloubkových horizontů

Po ukončení hyporeálového pokusu a vyjmutí sond s perlorodkami z řeky byl proveden průzkum hloubkové distribuce perlorodek v rámci jednotlivých sond. Toto rozdělení na vrstvy proběhlo v terénu, ihned po vyjmutí sond z řeky. Každá sonda byla rozdělena na 4 hloubky:

- 0-2 cm
- 2-4 cm
- 4-6 cm
- 6-8 cm

Z jednotlivých segmentů sond byly flotací získány perlorodky, které byly následně spočítány. Floatační extrakce byla u každého vzorku provedena 10x.

4.7. Superčtverec

Na základě experimentů, které v lokalitě proběhly již dříve, byla vytyčena malá experimentální plocha zvaná slangově Superčtverec. V tomto místě jsou umístěny kontinuální kyslíkové sondy a probíhá zde častější a dlouhodobější měření a zkoumání. V rámci experimentu z této práce byly v tomto Superčtverci umístěny

4 Buddensiekovy destičky (Buddensiek 1995), každá s 11 juvenilními jedinci perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) o věku 1+, které pocházely z odchovu realizovaného v rámci Záchraného programu perlorodky říční. Tito juvenilové byli odchováni tzv. českou metodou. (©AOPK ČR 2013) Velikost

juvenilů na začátku pokusu byla přibližně 1 mm, průměrná naměřená velikost všech 44 jedinců byla 1327 μm .

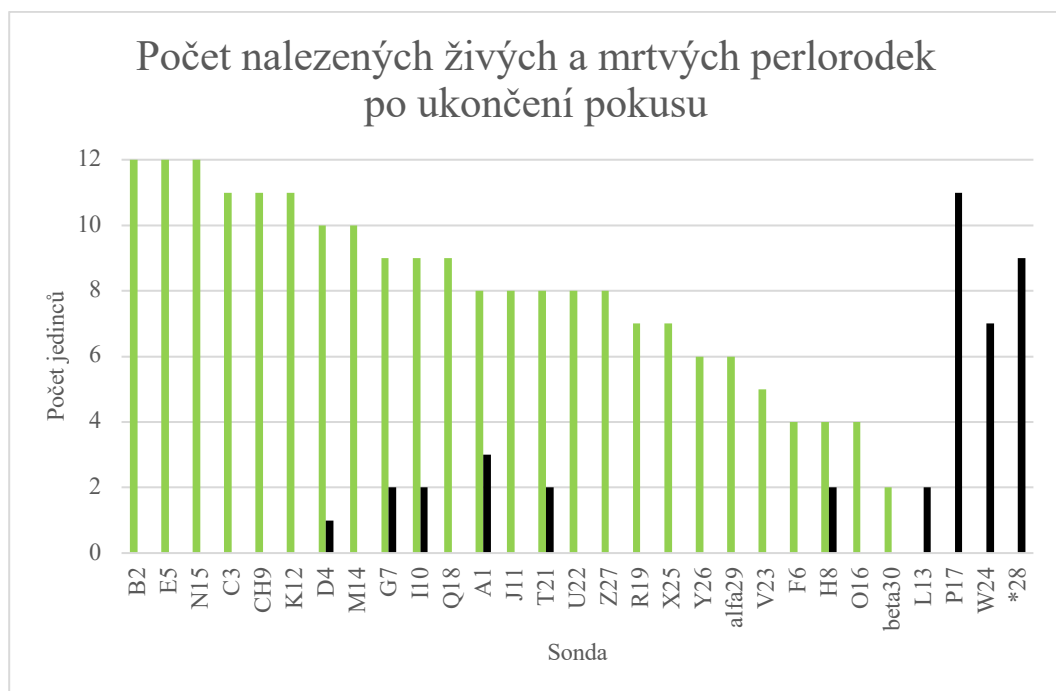
5. Výsledky

5.1. Náleznost a přežívání

Na začátku pokusu bylo do každé sondy umístěno 12 ks perlorodek. Tedy celkem 360 ks na celou experimentální plochu. Po ukončení pokusu bylo nalezeno celkem 242 kusů perlorodek, z čehož bylo 202 živých a 40 mrtvých. Náleznost činí 67 %. Mortalita činí 17 %, přeživších perlorodek je 84 %. Celková náleznost a přežívání je k nahlédnutí v příloze č. 3.

U jedné sondy, konkrétně u S20, byl její obsah při vyndávání vysypán, tudíž nemohla být analyzována. U čtyř z celkem 30 sond byla úmrtnost 100 %. Zbýlých 25 sond obsahovalo živé i mrtvé jedince, z nich 20 sond obsahovalo pouze živém jedince.

V některých sondách byl nalezen pouze malý celkový počet perlorodek, ve dvou jen 2 jedinci (viz obr. 14).



Obr. 14: Náleznost a mortalita perlorodek říčních po ukončení hyporeálového pokusu na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě v červnu-červenci 2021. V každé sondě bylo na začátku 12 1+ jedinců perlorodky říční. Zelená barva značí živého a černá barva mrtvého jedince. (Pozn.: sonda S20 není součástí grafu, obsah byl při vyndávání ztracen)

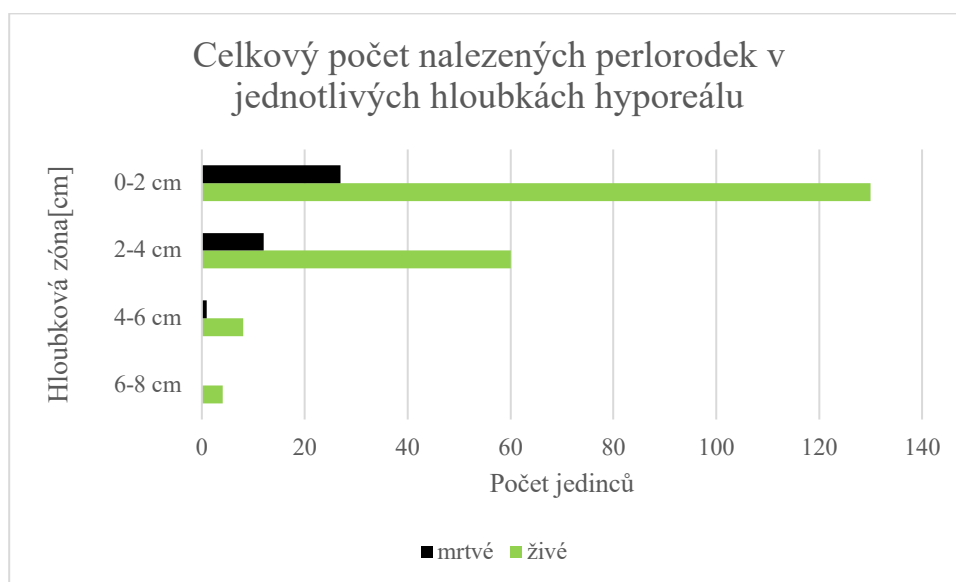
5.2. Hloubková distribuce

V největší hloubce, tedy 6-8 cm se nacházelo nejméně jedinců. V této zóně se nenašli žádní mrtví jedinci, pouze živí. Živých jedinců tedy bylo v této vrstvě 100 %.

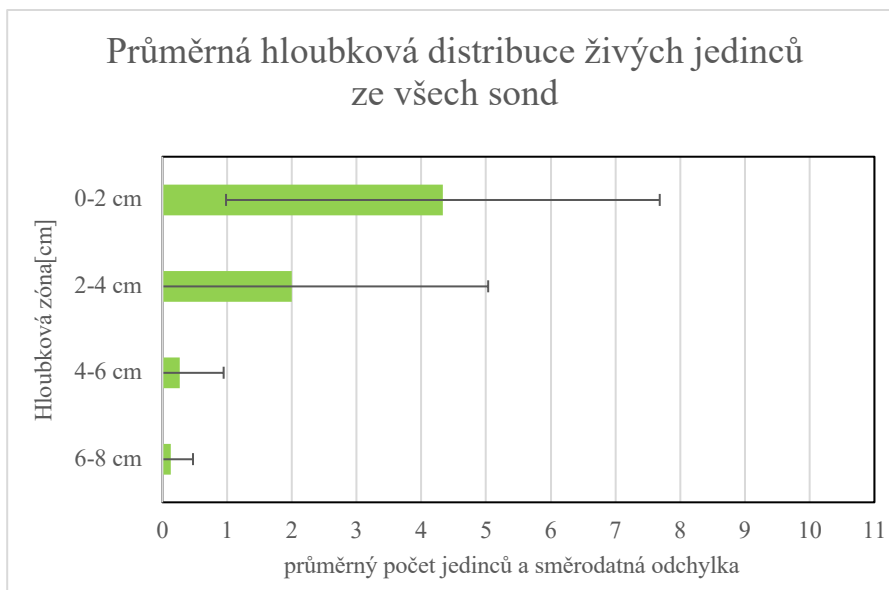
V hloubce 4-6 centimetrů bylo nalezeno celkem 8 živých (8 %) a 1 mrtvý jedinec (11 %) perlorodky říční.

V hloubce 2-4 cm se nacházelo 60 živých (83 %) a 12 mrtvých (17 %) jedinců. Toto byla druhá nejvíce zastoupená hloubka v sondách.

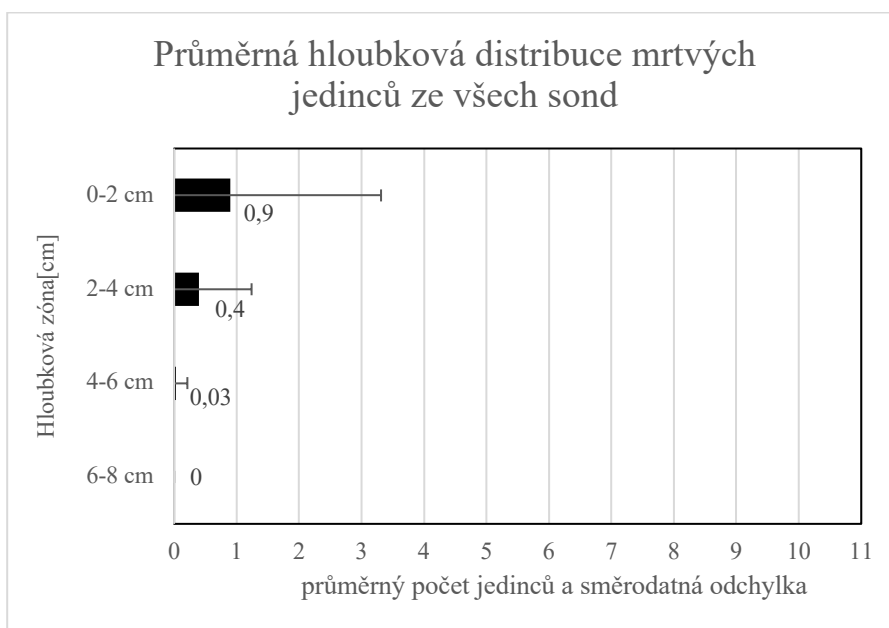
Nejvíce jedinců se nacházelo ve vrstvě 0-2 cm, celkem 130 živých (83 %) a 27 mrtvých (17 %) jedinců (viz obr. 15, 16 a 17, celková hloubková distribuce jedinců v rámci sond viz příloha 3). Z toho plyne, že horní vrstva je perlorodkami nejoblíbenější. Procentuální zastoupení mrtvých a živých nalezených jedinců je ve vrstvě 0-2 cm stejné, jako ve vrstvě 2-4 cm, ve které se také nacházel nezanedbatelný počet perlorodek.



Obr. 15: Celkový počet nalezených perlorodek v jednotlivých hloubkách hyporeálu v pokusu na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě v červnu-červenci 2021. V každé sondě bylo na začátku 12 1+ jedinců perlorodky říční.



Obr. 16: Průměrná hloubková distribuce živých jedinců ve všech sondách z hyporeálového pokusu na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě v červnu-červenci 2021.



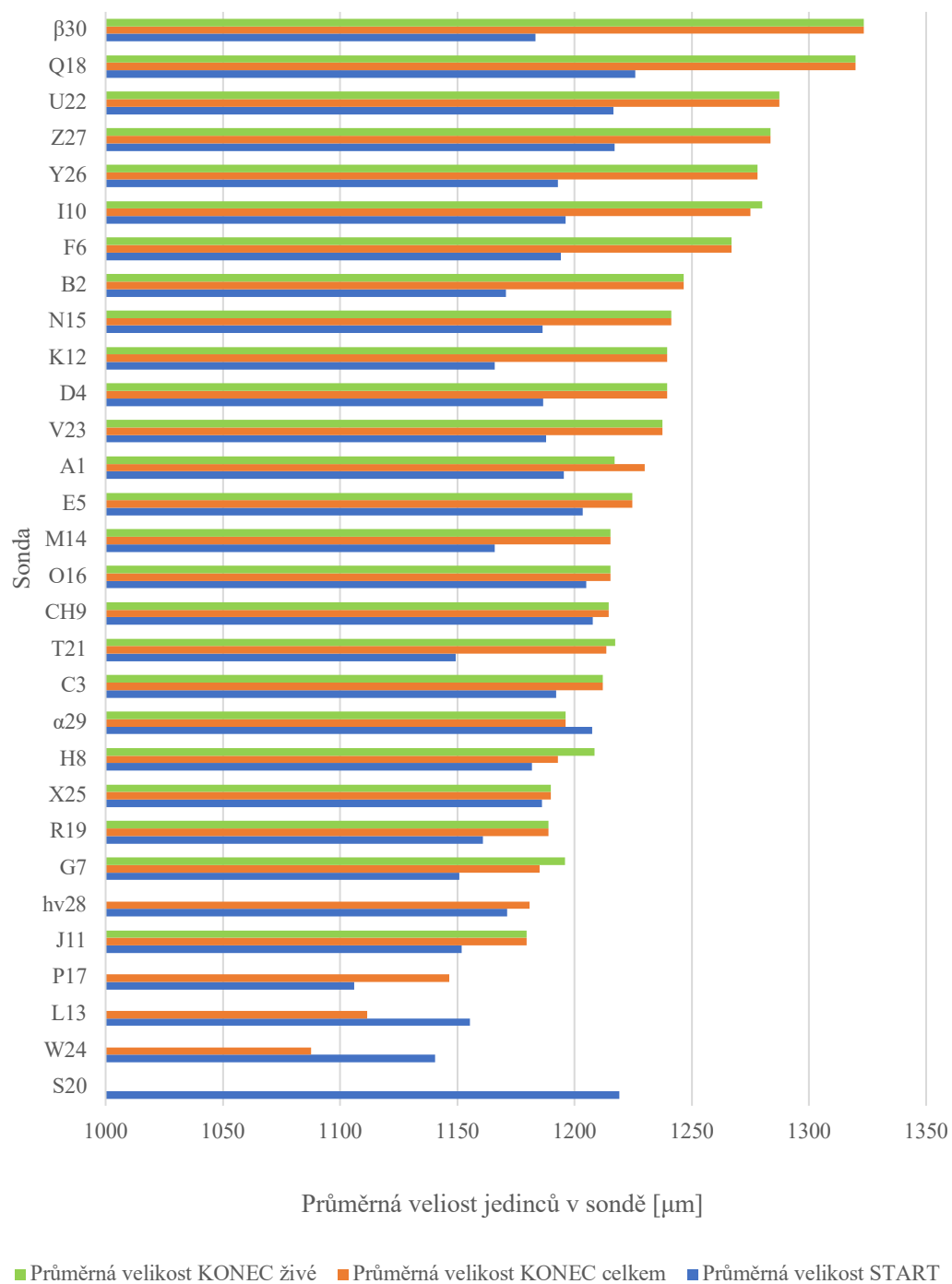
Obr. 17: Průměrná hloubková distribuce mrtvých jedinců ve všech sondách z hyporeálového pokusu na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě v červnu-červenci 2021.

5.3. Přírůstky

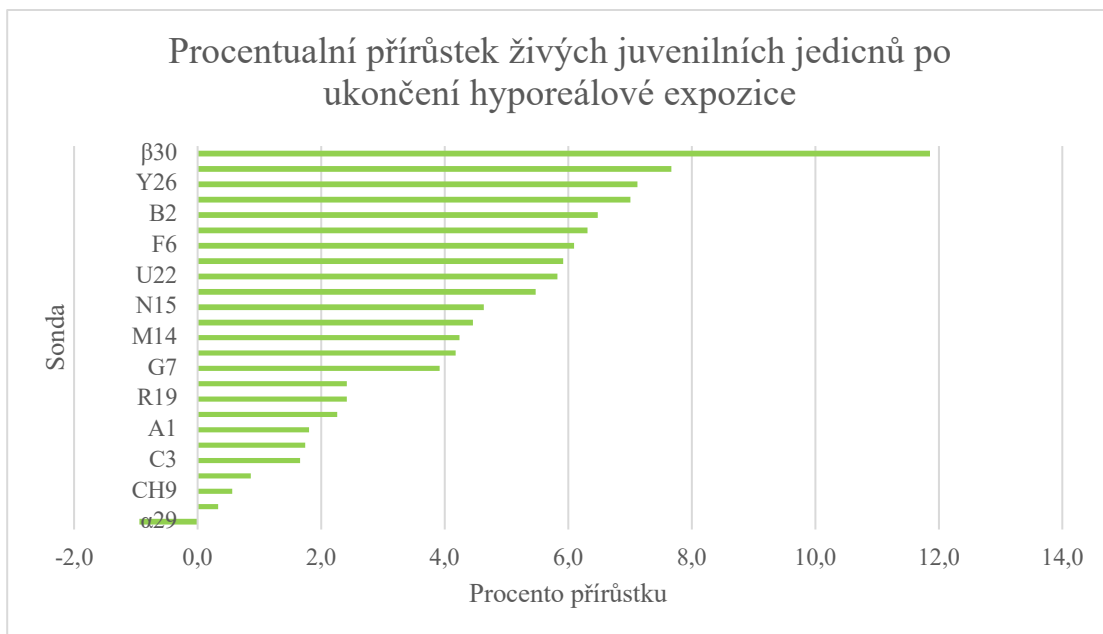
Průměrná velikost všech perlorodek na začátku pokusu činila 1182 μm , na konci pokusu činila 1181 μm . Průměrná velikost živých jedinců na konci pokusu činila 1237 μm .

Průměrný přírůstek živých jedinců v jednotlivých sondách varioval od -11,33 μm přes nulu až k 140 μm , což činilo rekordní přírůstek (viz obr. 18). Tento přírůstek byl naměřen v sondě $\beta 30$, ve které se však našli pouze dva jedinci, kteří byli oba živí. Celkový průměrný přírůstek byl 49,5 μm , tedy 4,6 % velikosti jedinců na začátku experimentu. Detailní přehled všech velikostí a přírůstků je umístěn v příloze č. 15. Procentuální přírůstek varioval od -0,9 % u sondy $\alpha 29$ až po 11,9 % u sondy $\beta 30$ (viz obr. 19).

Velikosti juvenilních perlorodek říčních na začátku a konci experimentu



Obr. 18: Naměřené průměrné velikosti juvenilů perlorodky říční v každé sondě. Experimentální lokalita na Teplé Vltavě, červen-červenec 2021.

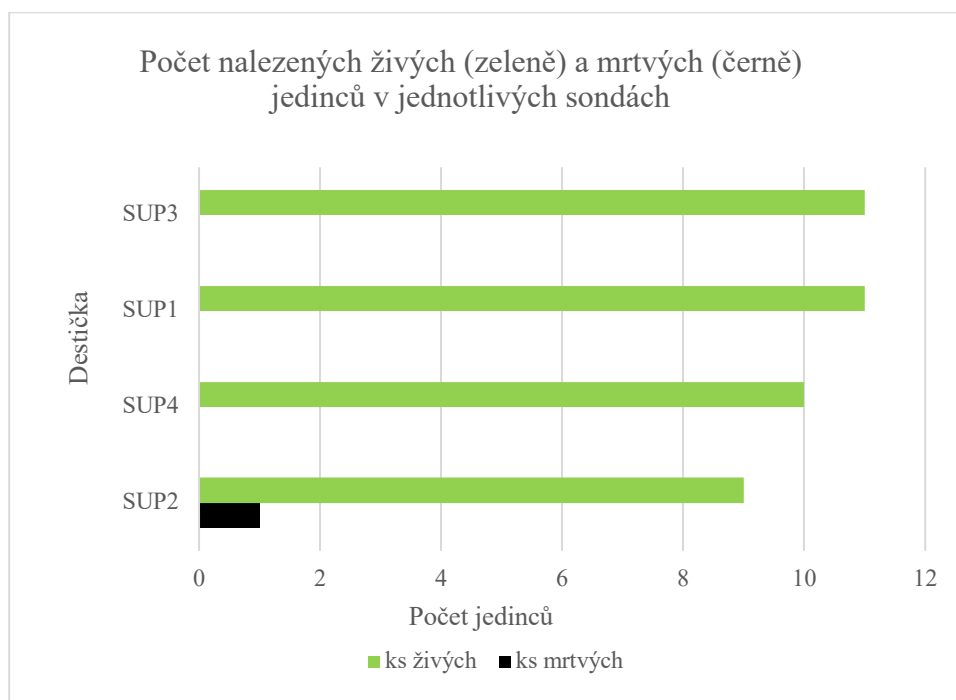


Obr. 19: Procentuální přírůstek živých juvenilních jedinců po ukončení pokusu na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě, červen-červenec 2021.

5.4. Superčtverec

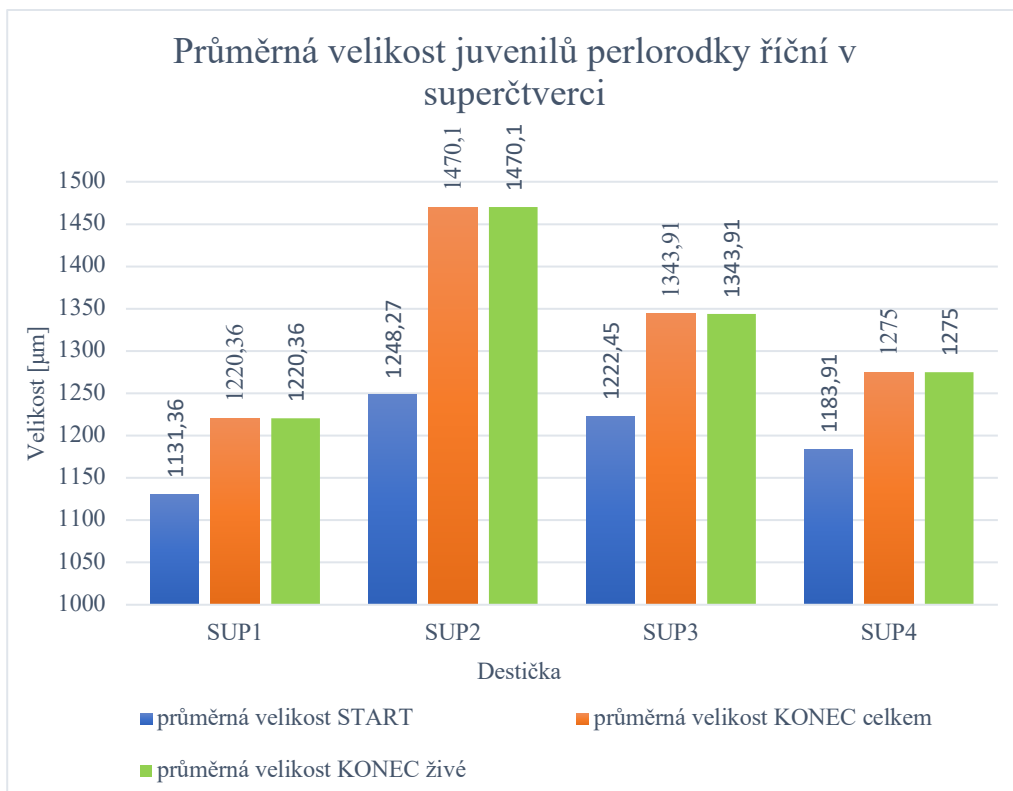
Mimo 30 výše zmíněných bodů se sondami byla vytyčena plocha zvaná Superčtverec. V tomto superčtverci byly umístěny 4 Buddensiekovy destičky, z nichž každá obsahovala 11 juvenilních jedinců.

Perlorodek z této experimentální plochy přežilo z původních 44 celkem 41 (viz obr. 20).



Obr. 20: Náleznost a mortalita perlorodek říčních v superčtverci po ukončení hyporeálového pokusu na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě v červnu-červenci roku 2021.

Průměrná velikost všech jedinců na začátku pokusu byla 1327 μm , průměrná velikost všech živých jedinců na konci pokusu byla 1327 μm (viz obr. 21). Průměrný přírůstek na všechny živé jedince činil 131 μm .



Obr. 21: Naměřené průměrné velikosti juvenilů perlorodky říční v každé z Buddensiekových destiček umístěných v Superčtverci. Experimentální lokalita na Teplé Vltavě, červen-červenec 2021.

V přílohách 10, 11, 12, 13 a 14 jsou uvedena všechna naměřená data ze Superčtverce.

6. Diskuse

6.1. Hloubková distribuce perlorodek v sondách

Na základě výsledků juvenilové preferují horní vrstvu mělkého hyporeálu, tedy horní 0-2 cm. Někteří jedinci migrují i do hlubších vrstev, avšak takových je jen málo. V největší hloubce, tedy 6-8 cm se nacházelo nejméně jedinců, tudíž tato hloubka je mezi perlorodkami nejméně vyhledávána. Nezanedbatelné množství juvenilních jedinců se vyskytovalo i ve vrstvě 2-4 cm pode dnem. Zjištění, že juvenilní perlorodky preferují horních několik málo centimetrů hyporeálu odpovídá i již publikovaným údajům. Může to být následkem snahy perlorodek utéct před nepříznivými podmínkami.

Jak tedy ukazuje náš pokus, většina juvenilních jedinců perlorodek vyhledává a osidluje velmi mělkou vrstvu hyporeálu, nacházející se těsně pode dnem (viz obr. 15). Vrstva 0-2 cm pode dnem je také vrstvou, do které byly juvenilní jedinci perlorodky umístěny při zahájení hyporeálového pokusu během instalace sond. To znamená, že zasazování perlorodek do těchto malých hloubek je pro ně nejprůzračnější a nejvhodnější, neboť většina z perlorodek použitých v pokusu v této hloubce zůstala nebo migrovala jen o maximálně 2 cm hlouběji.

Pilotní experiment (Bílý et al. 2021), který probíhal po dobu 2 měsíců, na shodné lokalitě ukázal oproti přezimovacímu experimentu v jednotlivých sondách nižší mortalitu jedinců (0-100 %) a vyšší náleznost (46-91 %). Největší akumulace juvenilů byla ve vrstvě 2-3 cm, kde se nacházela přibližně polovina všech nalezených jedinců. Jejich počet klesal směrem nahoru i dolů. V hloubce větší než 6 cm byl výskyt již jen ojedinělý. Nejhlouběji byl juvenil nalezen v 8 cm. Na základě rozdělení experimentálních sond po 1,5 cm bylo maximum, tedy 57 % jedinců, nalezeno v rozmezí hloubky 1,5-3 cm. Letní experimenty ukazují, že juvenilní jedinci perlorodky říční preferují hyporeál v hloubce 2-3 cm. (Bílý et al. 2021)

Juvenilové zřejmě zaujmou jim vyhovující pozici v hyporeálu, na které setrvají, dokud jim podmínky vyhovují. V rámci experimentu v červnu-červenci 2021 na Teplé Vltavě byli usazeni do hloubky horních přibližně 2 cm. Tento experiment potvrdil, že juvenilní perlorodky se s největší pravděpodobností nezahrabávají hlouběji než do 8 cm, a tudíž v tomto experimentu byly vhodně zvoleny sondy hluboké 8 cm. (Bílý et al. 2021)

Přezimovací experiment (Bílý et al. 2021) který probíhal po dobu 8 měsíců od října 2014 do června 2015 na stejné lokalitě v Teplé Vltavě, ukázal nižší náleznost (51 %) a poměrně vysokou mortalitu jedinců a to celkem 94 %. (Bílý et al., 2021)

6.2. Hloubka vody

Nejmenší hloubka byla v našem experimentu 0,25 m a největší hloubka 0,8 m. Podle studie Hastie et al. 2000 je nejvhodnější hloubka vody pro výskyt perlorodek 0,3-0,4 m, ale perlorodky se vyskytují i v hlubších místech. (Hastie et al. 2000) V případě našeho experimentu tedy hloubka byla v optimálním rozmezí dle studie Hastie et al. 2000 a s největší pravděpodobností nebyla klíčovým faktorem pro přežívání perlorodek (viz přílohy 4, 5 a 6).

6.3. Proudění

Průměrná proudová rychlost u dna byla 0,4 m/s, minimální 0,1 m/s a maximální 0,7 m/s. Průměrná proudová rychlost u hladiny byla 0,6 m/s, minimální 0,2 m/s a maximální 0,9 m/s. Studie Hastie et al. 2000 udává jako optimální rychlost proudu pro výskyt perlorodek 0,25-0,75 m/s. (Hastie et al. 2000) Rychlost proudění tedy ve většině případů byla v optimálním rozmezí (viz přílohy 6, 7 a 8).

6.4. Přežívání

Experimenty Bílého et al. z let 2014 a 2015 ukázaly, že juvenilní jedinci umístění v hyporeálových sondách jsou více

dotčení umíráním než jedinci v sondách v destičkách umístěných ve volné vodě. U jedinců z hyporeálových sond je mortalita od 50 do 100 % jedinců v sondě. Také růst juvenilů v hyporeálu je pomalejší v hyporeálových sondách v pokusech z let 2014 a 2015. (Bílý et al. 2018)

Mortalita má zřejmě souvislost i s teplotou vody. Například výsledky z roku 2015 ukazují, že tento rok byla mortalita nižší, než v roce 2014, kdy průměrná teplota byla nižší a mortalita vyšší. Avšak výsledky z těchto dvou let nelze porovnávat se stoprocentní jistotou, neboť hyporeálová expozice sond s juvenilními perlorodkami probíhala v jiných měsících. (Černá et al. 2018)

V průběhu experimentu v Teplé Vltavě v červnu-červenci 2021 byla průměrná teplota vody 15,8 °C, minimální teplota vody v tomto období byla 12,8 °C a maximální teplota činila 18,5 °C (viz příloha 9). Jako limitní teplota pro výskyt perlorodky je udávána teplota 20 °C. (Simon et al. 2017)

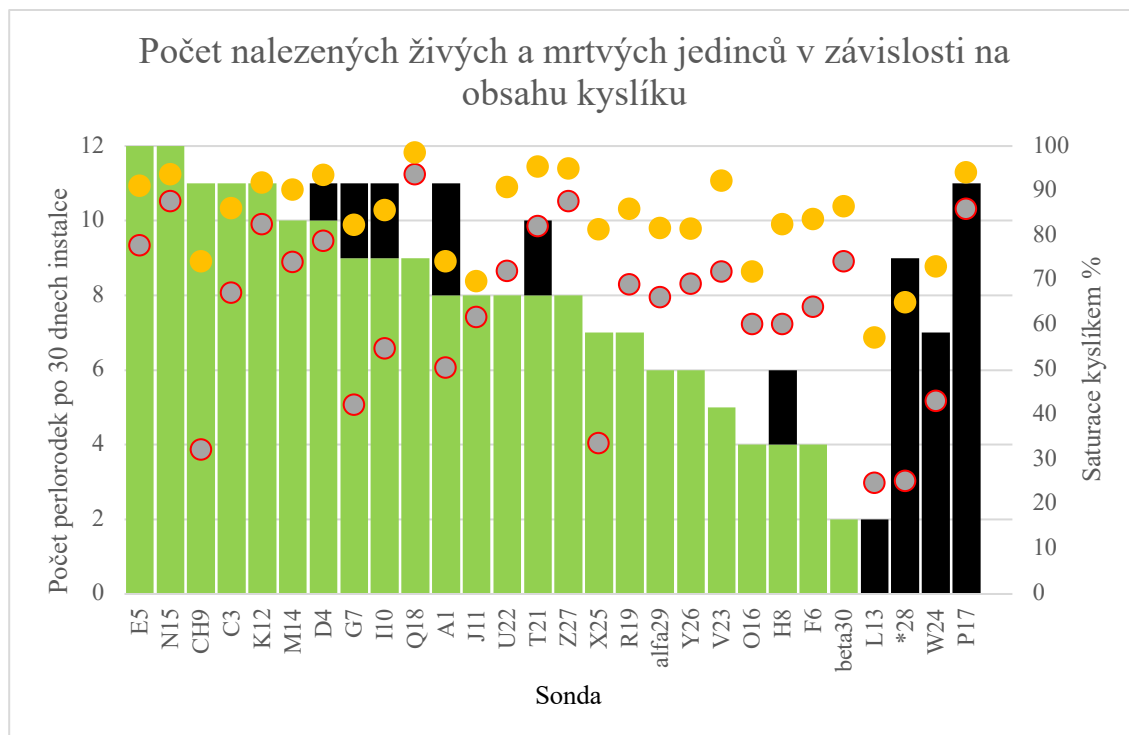
6.5. Množství kyslíku a granulometrie

Mortalita souvisí však převážně s dostupností a množstvím kyslíku, kdy jedinci v síťových sondách jsou vystaveni podmínkám hyporeálu v místě, kam jsou umístěni, a ačkoliv mají možnost před nepříznivými podmínkami uniknout, často se jim toto nepovede dostatečně rychle. (Černá et al. 2018)

Také složení substrátu, který tvoří dno říčního toku, ovlivňuje výskyt perlorodek.

Složení substrátu je jedním z klíčových faktorů pro úspěšné usazení a přežívání perlorodek. Na základě zkoumání substrátu je možné vytipovat místa vhodná pro výsadky perlorodek. (Hastie et al. 2000)

V hyporeálu, v němž se nachází více jemnozrnných pískových částic je horší dostupnost kyslíku, což má za následek vyšší mortalitu oproti místům, kde je substrát dna tvořen většími částicemi a kameny. (Bílý et al. 2018)



Obr. 26: Počet nalezených živých (zeleně) a mrtvých (černě) v jednotlivých sondách. Kruhy ukazují minima koncentrace O₂ (červeně) a průměry (žlutě). Experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. V každé sondě bylo na začátku pokusu 12 1+ jedinců perlorodky říční. (Autor grafu: O. Simon 2021, upraveno)

Avšak výsledky pokusu z roku 2021 na Teplé Vltavě jsou v kontrastu s tímto zjištěním. Výsledky ukazují, že v tomto experimentu korelace mezi zrnitostí dna a přežíváním juvenilů perlorodky říční se blíží nule. Nicméně zrnitost je v rámci Teplé Vltavy velmi různorodá. (Rojtová 2022) Zároveň však musíme přihlídnout k faktu, že byly pro účely experimentu záměrně vybírány body s příznivými podmínkami pro život juvenilních perlorodek, neboť záměrné vybírání bodů se nevhodným složením substrátu by mohlo znamenat velkou pravděpodobnost úhynu perlorodek.

Stabilitu dna v experimentální lokalitě dokládá i fakt, že v létě roku 2021 tuto lokalitu zasáhla povodeň, ale většina experimentálních jedinců tímto nebyla nikterak nepříznivě ovlivněna a přežila.

6.6. Přírůstky

Bílý (Bílý et al. 2018) uvádí, že se přírůstky juvenilů se mohou lišit i mezi jednotlivými body v rámci jedné lokality, což perlorodku činí dobrým bioindikátorem charakteristiky prostředí. Uvádí, že přírůstky mohou být ovlivněny teplotou. Rozdílné teploty mezi lety, ve kterých byly provedeny jednotlivé části experimentu byly nejspíše jedním z důvodů, proč se různily i přírůstky juvenilů. Čím vyšší byla průměrná teplota, tím větší byly přírůstky juvenilů. (Bílý et al. 2018)

Výsledky jiných autorů uvádějí, že na lokalitě, na níž byl proveden i experiment z této práce, dosahovaly přírůstky juvenilů v roce 2015 až 123 %. (Černá et al. 2018)

Mortalita v letech 2014 a 2015 byla i na jiných lokalitách v rámci Teplé Vltavy podobná. I průměrná teplota se v období tří letních měsíců v letech 2014 a 2015 v rámci Teplé Vltavy od sebe příliš nelišila, v roce 2014 se pohybovala mezi 13,5 a 15,1 °C, v roce 2015 mezi 13,9 a 14,4 °C. (Černá et al. 2018)

7. Závěr

Cílem práce bylo otestovat růst, přežívání a hloubkovou distribuci v hyporeálu u juvenilních jedinců perlorodky říční v in situ podmínkách na experimentální lokalitě v Teplé Vltavě.

Byl proveden experiment s 30 válcovými síťovými sondami o 12 1+ jedincích perlorodky říční a se 4 Buddensiekovými destičkami na základě metodiky popsané v Bílý et al. 2021.

Experiment proběhl v předem určeném časovém rozmezí. Vyhledávání míst pro umístění sond probíhalo 9.-12.6.2021, instalace sond proběhla ve dnech 13.-14.6.2021 a vyjmutí 22.-23.7.2021. Každých 7 dní měla být provedena kontrola chemických a fyzikálních faktorů na lokalitě. Tyto kontroly však v důsledku nepříznivého počasí a zvýšeného vodního stavu probíhaly v nepravidelných intervalech (viz příloha č. 2). Experiment byl úspěšný, všechny stanovené úkoly se podařilo realizovat. Mortalita juvenilů v průběhu experimentu byla relativně nízká, což je příznivá informace.

Přínosem této práce je zjištění, že experimentální lokalita na Teplé Vltavě, kde probíhal i tento experiment, je vhodným místem pro život perlorodky a pro výsadky, a že většina podmínek je v těchto místech stabilní. Na tuto skutečnost poukazuje i fakt, že v létě roku 2021 tuto lokalitu zasáhla povodeň, ale většina experimentálních jedinců tímto nebyla nikterak nepříznivě ovlivněna a přežila. Dle mého názoru je tato lokalita vhodná jak pro další experimenty, tak pro trvalé výsadky již dospělých jedinců.

Dalším přínosem této práce je posílení tvrzení ze studie Bílý et al. 2021, která uvádí, že se juvenilové nezahrabávají do větší hloubky hyporeálu, než je 8 cm.

8. Použité zdroje

Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, v platném znění.

Vyhláška č. 42/2020 Sb., o vymezení zón ochrany přírody Národního parku Šumava, v platném znění.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Anděl P., 2011: Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring. Evernia, Liberec, 243 s., ISBN 978-80-903787-9-7.

AOPK ČR (2013): Záchranný program perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* v České republice. 77 s., přílohy 1-10

Beran L., 1998: Vodní měkkýši ČR. ZO ČSOP Vlašim, Vlašim, 113 s. ISBN 80-902469-4-X.

Beran L., 2002: Vodní měkkýši České republiky: rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam (Aquatic molluscs of the Czech Republic: distribution and its changes, habitats, dispersal, threat and protection, Red List). Přírodovědný klub v Uherském Hradišti, Zlín, 258 s., ISBN 80-86485-05-6.

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. *Journal of Visualized Experiments*, (139).

Bílý, M., Simon, O., Barák, V. *et al.*, 2021: Occurrence depth of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a riverbed tested by experimental mesh tubes. *Hydrobiologia* 848, 3127–3139.

Blažek V., Hladný J., Němec J. [ed], 2006: Voda v České republice. Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, Praha, 253 s., ISBN 80-903482-1-1.

Buddensiek, V., 1995: The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation* 74, 33-40.

Culek M. et al. 2013: Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita, Brno, 447 s., ISBN 978-80-210-6693-9.

Černá, M., Simon, O. P., Bílý, M., Douda, K., Dort, B., Galová, M., & Volfová, M., 2017: Within-river variation in growth and survival of juvenile freshwater pearl mussels assessed by in situ exposure methods. *Hydrobiologia*, 810(1), 393–414.

Farkač J., Král D., Škorpík M. [eds.], 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. AOPK ČR, Praha, 760 s.

Hastie, L.C., Young, M.R., Boon, P.J., 2000: Growth characteristics of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Freshwater Biology* 43: 243–256.

Hastie, L. C., Boon, P. J., & Young, M. R., 2000: Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera*. *Hydrobiologia*, 429(1/3), 59–71.

Horodyská, E., Krása, A., Neuwirthová, H., Tomášková, L., 2011: upravená verze článku Úvahy nad dalším směřováním druhové ochrany v ČR. AOPK ČR, Praha, 2011. (Pozn.: Článek je upravenou a aktualizovanou verzí příspěvku, který vyšel v časopise *Ochrana přírody* 1/2011.

Jeřábek, M., 2022: Variabilita fyzikálních faktorů v experimentálním úseku Teplé Vltavy. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 60 s. (bakalářská práce), „nepublikováno“, Dep. SIC ČZU v Praze.

Kolibáč J., Hudec K., Laštůvka Z., Peňáz M. et al., 2019: Příroda České republiky průvodce faunou, Academia, Praha, 468 s., ISBN 978-80-200-2993-5.

Lellák J., Kubíček F., 1992: *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 256 s., ISBN 80-7066-530-0.

Matasová, K., Simon, O. P., 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*, vol. 19 (3). p. 139-148, Vimperk.

Rojtová, M., 2022: Granulometrická charakteristika říčního sedimentu ve vztahu k juvenilním jedincům perlorodky říční. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Katedra ekologie, Praha. 28 s. (diplomová práce), „nepublikováno“, Dep. SIC ČZU v Praze.

Rosypal S. et al., 2003: *Nový přehled biologie*. Scientia, Praha, 797 s., ISBN 978-80-869-6023-4.

Simon, O., Tichá, K., Rambousková K., Bílý, M., Černá, M., Dort, B., Horáčková, J., Hruška, J., Kladivová, V., Švanyga, J., Vydrová, A., 2018: *Metodika podpory perlorodky říční (Margaritifera margaritifera)*. VÚV TGM, Praha, 283 s., ISBN 978-80-87402-64-1.

Smrž J., 2013: *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Karolinum, Praha, 192 s., ISBN 978-80-246-2258-3.

Sukop I., 2006: *Ekologie vodního prostředí*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 199 s., ISBN 80-7157-923-8.

Wilcox, B., 1984: *In Situ Conservation of Genetic Resources: Determinants of Minimum Area Requirements*. Conference: National Parks, Conservation and Development, Proceedings of the World Congress on National Parks, J.A. McNeely and K.R. Miller, Smithsonian Institution Press, 18-30.

AOPK ČR, ©2022, dostupné z <https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=1152>.

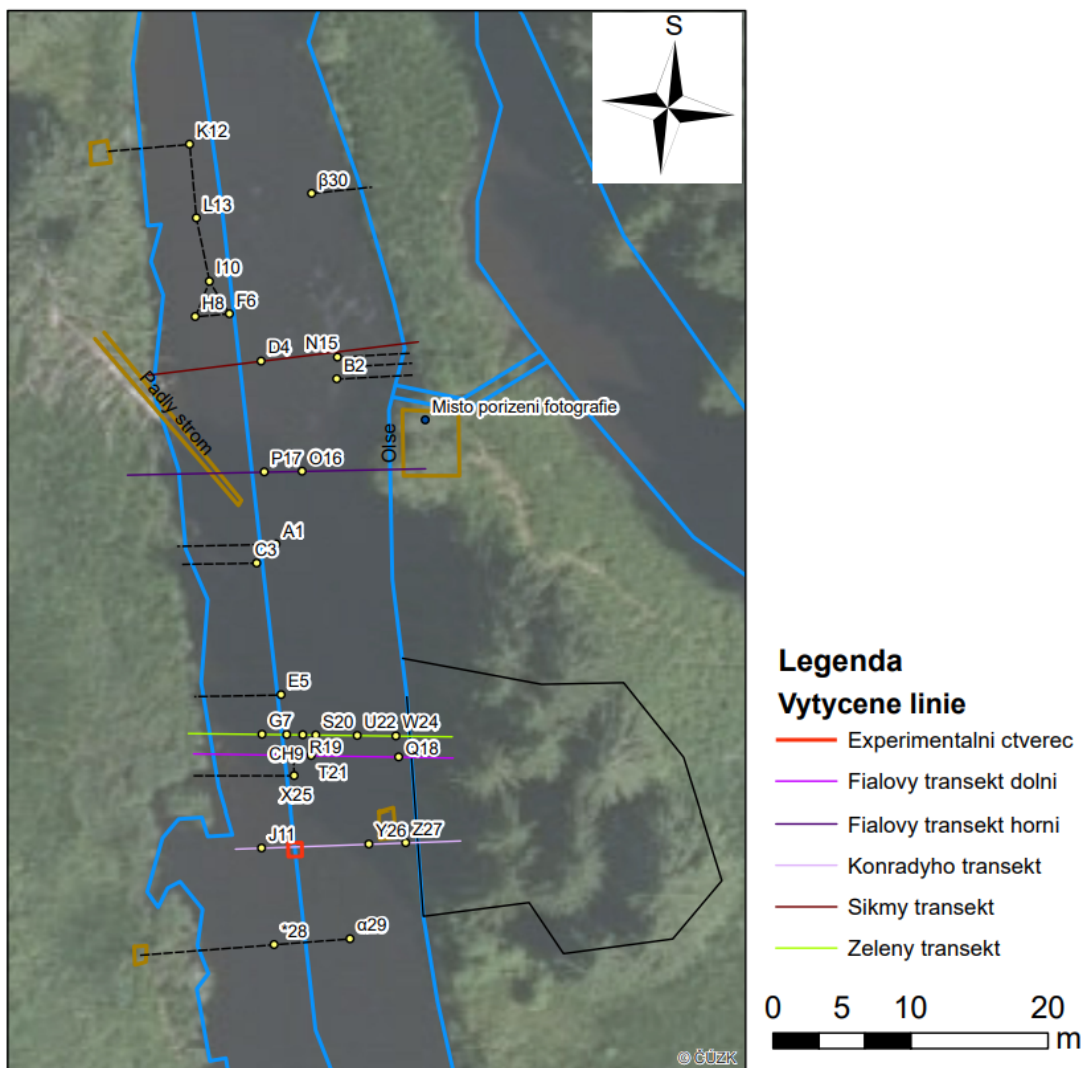
ImageJ, ©2022, <dostupné z <https://imagej.net/downloads>>.

Mapy.cz: © Seznam.cz, a.s., dostupné z
<<https://mapy.cz/zakladni?x=14.4672000&y=48.9759000&z=11>>.

NP Šumava, ©2008-2022, dostupné z
<<https://www.npsumava.cz>>.

9. Přílohy

Příloha 1: Detailní plán experimentálního úseku v Teplé Vltavě. Je zde vyobrazeno 30 bodů, na kterých byly umístěny bioindikační sondy. Také je zde vyobrazen Superčtverec. Čáry označující tzv. transekty byly pomocnými čarami pro orientaci na lokalitě v průběhu pokusu. Experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Jeřábek, 2022)



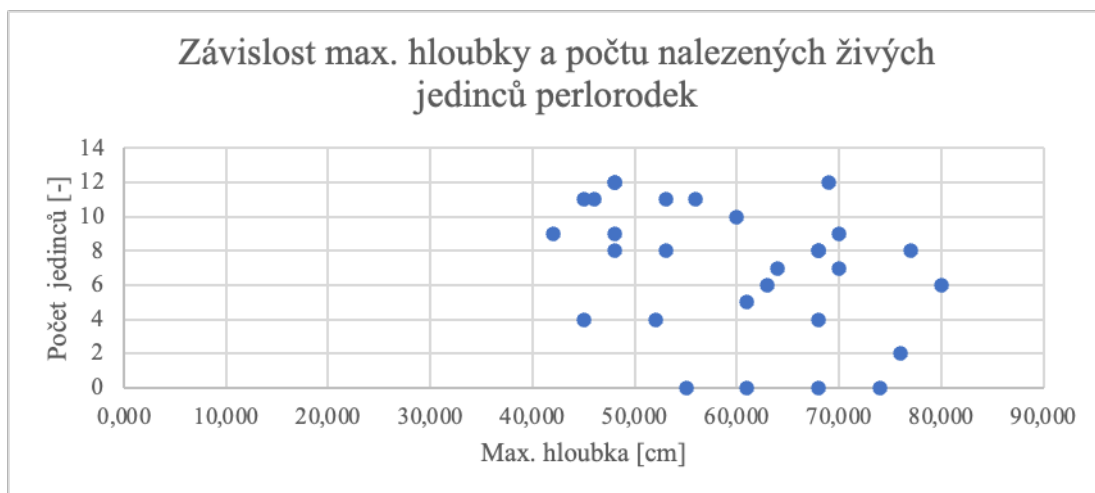
Příloha 2: Časový harmonogram terénního experimentu.
 Experimentální lokalita, Teplá Vltava, červen-červenec 2021.
 (Jeřábek, 2022)

| | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 9.6.-11.6.2021 | Předběžný výběr bodů | | | | | | | | |
| | | Měřené hodnoty | | | | | | | |
| | | Penetrometrie, rychlost proudu 5cm pod hladinou a nade dnem, hloubka a redukčně-oxidační potenciál. | | | | | | | |
| | | Vybráno 32 bodů, později 3 vyřazeny. | | | | | | | |
| 12.6.-14.6.2021 | Nalezení bodu β30 | | | | | | | | |
| | | Měřené hodnoty | | | | | | | |
| | | Hloubka, rychlost proudu 5 cm pod hladinou a nade dnem, penetrometrie, teplota hyp. vody a nasycení hyporeální vody kyslíkem, redukčně oxidační | | | | | | | |
| | | Kontrola hloubky, teploty a nasycení kyslíkem hyporeální vody u 29 bodů vybraných v předchozím termínu. | | | | | | | |
| | | Založení experimentu | | | | | | | |
| | | Umístění 30 bioindikačních sond na vybraných 30 mikrohabitátech | | | | | | | |
| | | Zaměření superčtverce | | | | | | | |
| | | Čtverec 1x1m rozdělen po 10cm, následně měřena penetrometrie a redox potenciál pro každý čtverec této sítě. | | | | | | | |
| | | U kontinuálních O2 sond měřena rychlost proudu 5 cm pod hladinou a nade dnem, teplota a nasycení kyslíkem hyporeální vody. | | | | | | | |
| 20.06.2021 | 1.Kontrola | | | | | | | | |
| | | U každého ze 30 bodů měřeno | | | | | | | |
| | | Hloubka, rychlost proudu 5 cm pod hladinou a nade dnem, teplota a nasycení kyslíkem hyporeální vody. | | | | | | | |
| | | Uvnitř superčtverce měřeno | | | | | | | |
| | | U bioindikačních destiček a kontinuálních O2 sond měřena hloubka, rychlost proudu 5 cm pod hladinou a nade dnem a teplota a nasycení hyp. vody kyslíkem ve 3 a 13 cm. | | | | | | | |
| 05.07.2021 | 2.Kontrola | | | | | | | | |
| | | Měřeny všechny veličiny jako u předchozí kontroly, kromě rychlosti proudu u bioindikačních destiček. | | | | | | | |
| 13.07.2021 | 3.Kontrola | | | | | | | | |
| | | Měřeny všechny veličiny jako u 1. kontroly | | | | | | | |
| 22.07.2021 | 4.Kontrola | | | | | | | | |
| | | Měřeny všechny veličiny jako u 1. kontroly | | | | | | | |
| 23.-24.07.2021 | Ukončení experimentu | | | | | | | | |
| | | Vyndání bioindikačních sond z řeky. | | | | | | | |
| | | Diurnálka superčtverce | | | | | | | |
| | | 24 hod. měření, při kterém se z každé hadičky odebíraly vzorky pro přezkoumání v laboratoři a několikrát se měřilo i nasycení kyslíkem a teplota hyp. i volné vody. | | | | | | | |

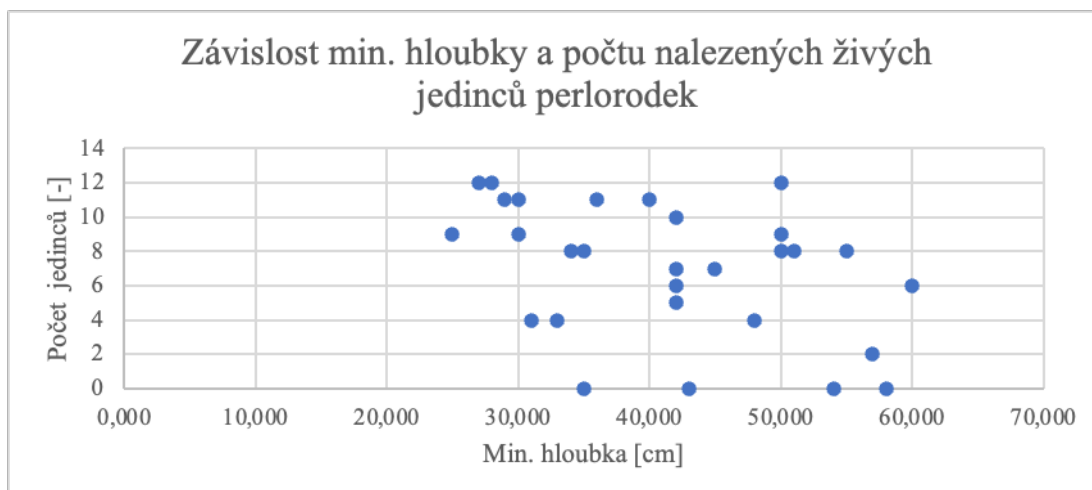
Příloha 3: Celková náleznost, přežívání a hloubková distribuce v jednotlivých juvenilních jedinců perlorodky říční po ukončení hyporeálového experimentu. Experimentální lokalita, Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Simon, 2021)

| | živé | živé | živé | živé | mrtvé | mrtvé | mrtvé | mrtvé |
|--------|----------|----------|---------|----------|--------|----------|----------|----------|
| | 6-8 cm | 4-6 cm | 2-4 cm | 0-2 cm | 6-8 cm | 4-6 cm | 2-4 cm | 0-2 cm |
| A1 | 0 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| B2 | 0 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C3 | 0 | 0 | 4 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D4 | 0 | 1 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E5 | 0 | 0 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| G7 | 1 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| H8 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| CH9 | 0 | 0 | 5 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I10 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| J11 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K12 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| M14 | 0 | 1 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N15 | 0 | 1 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O16 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| Q18 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R19 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T21 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| U22 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V23 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| X25 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Y26 | 1 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Z27 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 |
| alfa29 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| beta30 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| průměr | 0,133333 | 0,266667 | 2 | 4,333333 | 0 | 0,03 | 0,4 | 0,9 |
| medián | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SD | 0,339935 | 0,679869 | 3,03315 | 3,349959 | 0 | 0,179505 | 0,840635 | 2,413158 |
| Součet | 4 | 8 | 60 | 130 | 0 | 1 | 12 | 27 |

Příloha 4: Graf závislosti maximální naměřené hloubky a počtu nalezených živých jedinců perlorodek. Experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. V každé sondě bylo na začátku pokusu 12 1+ jedinců perlorodky říční. (Převzato z Jeřábek 2022, upraveno)



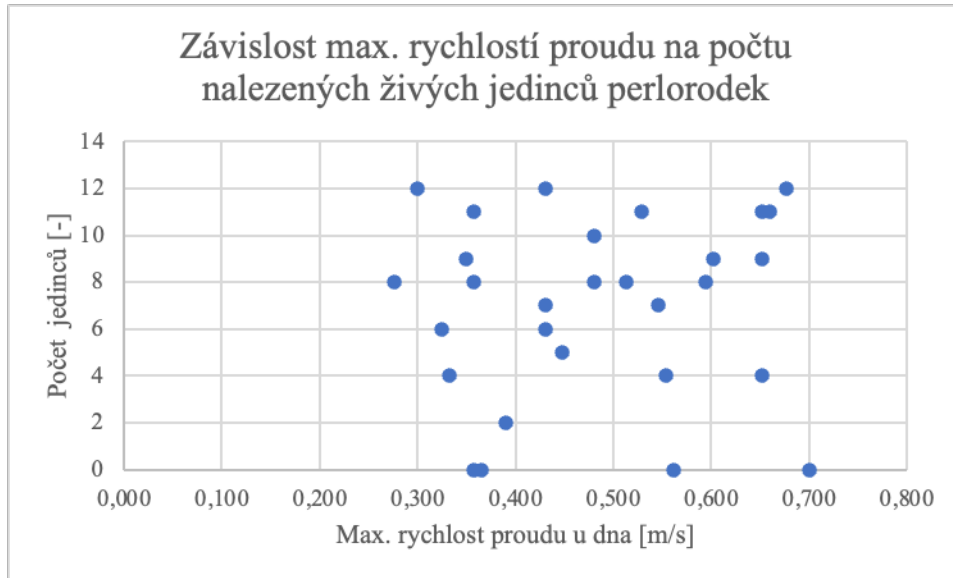
Příloha 5: Graf závislosti minimální naměřené hloubky a počtu nalezených živých jedinců perlorodek. Experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. V každé sondě bylo na začátku pokusu 12 1+ jedinců perlorodky říční. (Převzato z Jeřábek 2022, upraveno)



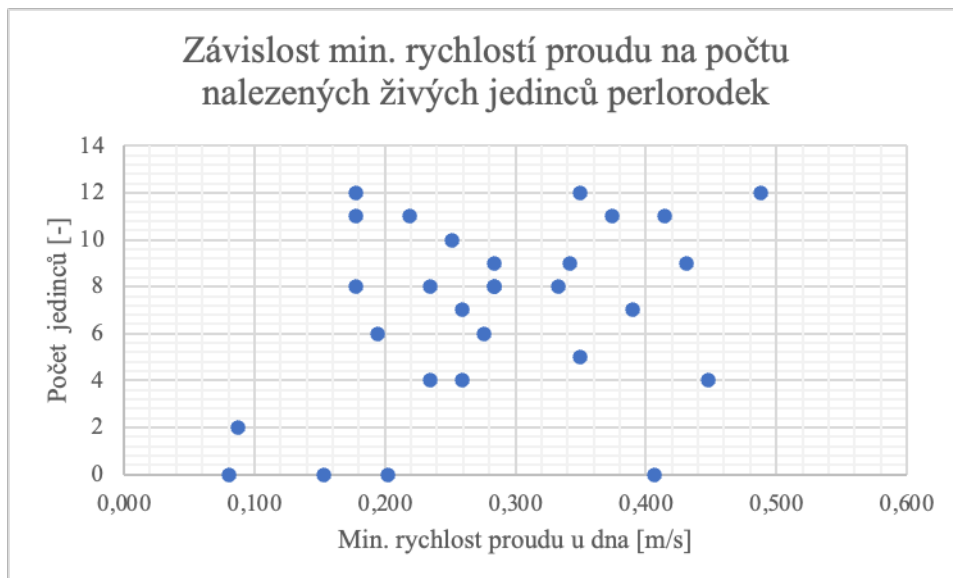
Příloha 6: Tabulka porovnávající maximální/minimální naměřené rychlosti proudění u dna, maximální/minimální hloubky, maximální/minimální teploty hyporeální vody s počty celkových nalezených juvenilů perlorodky říční, s počtem nalezených živých a s počtem mrtvých a ztracených jedinců. (Eilmsteiner, Jeřábek, 2022)

| Ozn. bodu | Nejvyšší/nejnižší nam. rychlost u dna [m/s] | | Nejnižší/nejvyšší nam. hloubka [cm] | | Nejvyšší/Nejnižší nam. teplota hyp. vody [°C] | | Počet nalezených juv. perlorodek | Počet živých jedinců | Počet mrtvých a ztracených |
|-----------|---|-------|-------------------------------------|--------|---|--------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|
| A1 | 0,595 | 0,284 | 48,000 | 35,000 | 16,900 | 13,000 | 11 | 8 | 4 |
| B2 | 0,431 | 0,349 | 48,000 | 27,000 | 17,800 | 13,400 | 12 | 12 | 0 |
| C3 | 0,652 | 0,415 | 56,000 | 40,000 | 16,900 | 12,900 | 11 | 11 | 1 |
| D4 | 0,529 | 0,374 | 45,000 | 30,000 | 17,300 | 13,200 | 11 | 11 | 1 |
| E5 | 0,676 | 0,488 | 48,000 | 28,000 | 17,200 | 12,900 | 12 | 12 | 0 |
| F6 | 0,554 | 0,259 | 52,000 | 33,000 | 18,000 | 13,800 | 4 | 4 | 8 |
| G7 | 0,603 | 0,341 | 48,000 | 30,000 | 16,900 | 12,900 | 11 | 9 | 3 |
| H8 | 0,652 | 0,448 | 45,000 | 31,000 | 18,500 | 13,500 | 6 | 4 | 8 |
| CH9 | 0,660 | 0,219 | 46,000 | 29,000 | 17,000 | 12,900 | 11 | 11 | 1 |
| I10 | 0,652 | 0,431 | 42,000 | 25,000 | 17,800 | 13,700 | 11 | 9 | 3 |
| J11 | 0,513 | 0,284 | 53,000 | 34,000 | 16,600 | 12,800 | 8 | 8 | 4 |
| K12 | 0,358 | 0,178 | 53,000 | 36,000 | 17,300 | 13,900 | 11 | 11 | 1 |
| L13 | 0,562 | 0,407 | 61,000 | 43,000 | 17,400 | 13,900 | 2 | 0 | 12 |
| M14 | 0,480 | 0,251 | 60,000 | 42,000 | 17,600 | 13,000 | 10 | 10 | 2 |
| N15 | 0,300 | 0,178 | 69,000 | 50,000 | 17,500 | 13,300 | 12 | 12 | 0 |
| O16 | 0,333 | 0,235 | 68,000 | 48,000 | 17,000 | 13,900 | 4 | 4 | 8 |
| P17 | 0,701 | 0,080 | 55,000 | 35,000 | 17,200 | 12,900 | 11 | 0 | 12 |
| Q18 | 0,349 | 0,284 | 70,000 | 50,000 | 17,000 | 14,200 | 9 | 9 | 3 |
| R19 | 0,431 | 0,259 | 70,000 | 42,000 | 17,000 | 12,800 | 7 | 7 | 5 |
| T21 | 0,358 | 0,235 | 68,000 | 51,000 | 16,700 | 14,300 | 10 | 8 | 4 |
| U22 | 0,276 | 0,178 | 77,000 | 55,000 | 17,200 | 14,200 | 8 | 8 | 4 |
| V23 | 0,448 | 0,349 | 61,000 | 42,000 | 16,500 | 14,200 | 5 | 5 | 7 |
| W24 | 0,358 | 0,202 | 74,000 | 58,000 | 17,700 | 14,100 | 7 | 0 | 12 |
| X25 | 0,546 | 0,390 | 64,000 | 45,000 | 16,800 | 14,300 | 7 | 7 | 5 |
| Y26 | 0,431 | 0,276 | 63,000 | 42,000 | 17,000 | 14,400 | 6 | 6 | 6 |
| Z27 | 0,480 | 0,333 | 68,000 | 50,000 | 16,700 | 14,500 | 8 | 8 | 4 |
| *28 | 0,366 | 0,153 | 68,000 | 54,000 | 16,400 | 14,400 | 9 | 0 | 12 |
| α29 | 0,325 | 0,194 | 80,000 | 60,000 | 16,300 | 14,300 | 6 | 6 | 6 |
| β30 | 0,390 | 0,088 | 76,000 | 57,000 | 17,500 | 14,100 | 2 | 2 | 10 |

Příloha 7: Graf závislosti maximální naměřené rychlosti proudu a počtu nalezených živých jedinců perlorodek. Experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. V každé sondě bylo na začátku pokusu 12 1+ jedinců perlorodky říční. (Převzato z Jeřábek 2022, upraveno)



Příloha 8: Graf závislosti minimální naměřené rychlosti proudu a počtu nalezených živých jedinců perlorodek. (Převzato z Jeřábek 2022)



Příloha 9: Tabulka teplot vody naměřených 3 cm pod úrovní dna, tedy v hyporeálu, na 30 bodech, na kterých byly umístěny sondy, v období od 12.6.-22.7.2021. (Jeřábek, 2022)

| Teplota hyp. vody [°C] | Při inst. 12.-14.6. | 1. kontrola 20.6. | 2. kontrola 5.7. | 3. kontrola 13.7. | 4. kontrola 22.7. |
|------------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| A1 | 15,9 | 16,9 | 16,8 | 16,3 | 13 |
| B2 | 14,3 | 17,8 | 17,1 | 16,4 | 13,4 |
| C3 | 16 | 16,9 | 16,8 | 16,4 | 12,9 |
| D4 | 14,6 | 17,3 | 17 | 16,6 | 13,2 |
| E5 | 15,9 | 17,2 | 16,7 | 16,7 | 12,9 |
| F6 | 14,7 | 18 | 17,3 | 16,7 | 13,8 |
| G7 | 16 | 16,9 | 16,5 | 15,8 | 12,9 |
| H8 | 14,6 | 18,5 | 17 | 16,6 | 13,5 |
| CH9 | 16,2 | 17 | 16,5 | 15,9 | 12,9 |
| I10 | 15 | 17,8 | 17,3 | 16,6 | 13,7 |
| J11 | 16,4 | 16,6 | 14,8 | 15 | 12,8 |
| K12 | 14,8 | 17,3 | 17,1 | 16,7 | 13,9 |
| L13 | 14,8 | 17,4 | 16,98 | 16,7 | 13,9 |
| M14 | 14,2 | 17,6 | 17,2 | 16,7 | 13 |
| N15 | 14,4 | 17,5 | 17,4 | 16,4 | 13,3 |
| O16 | 16,1 | 16,9 | 17 | 16,5 | 13,9 |
| P17 | 14,1 | 17,2 | 17 | 16,3 | 12,9 |
| Q18 | 16,1 | 17 | 16,2 | 15,6 | 14,2 |
| R19 | 16,2 | 17 | 16,6 | 16 | 12,8 |
| S20 | 17,3 | 16,6 | 16,5 | 15,8 | 14,2 |
| T21 | 16,1 | 16,7 | 16,1 | 15,5 | 14,3 |
| U22 | 16,4 | 17,2 | 16,6 | 15,7 | 14,2 |
| V23 | 16,1 | 16,5 | 16 | 15,5 | 14,2 |
| W24 | 16,3 | 17,7 | 16,5 | 16,9 | 14,1 |
| X25 | 16,3 | 16,8 | 16,2 | 15,5 | 14,3 |
| Y26 | 16,2 | 17 | 14,6 | 16,5 | 14,4 |
| Z27 | 16,1 | 16,7 | 14,7 | 16,6 | 14,5 |
| *28 | 15,6 | 16,4 | 14,7 | 14,6 | 14,4 |
| α29 | 15,9 | 16,3 | 14,5 | 14,6 | 14,3 |
| β30 | 16,7 | 17,5 | 17 | 16,8 | 14,1 |

Příloha 10: Tabulka naměřených hloubek v experimentálním Superčtverci, experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Jeřábek, 2022)

| Hloubka [cm] | | 20.6. | 5.7. | 13.7. | 22.7. |
|-----------------------|----|---------------|------|-------|-------|
| O2 sondy | C3 | 48 | 61 | 57 | 66 |
| | C8 | 50 | 65 | 63 | 64 |
| | G3 | 50 | 65 | 63 | 64 |
| | G8 | 54 | 64 | 64 | 67 |
| Bioindikační destičky | C3 | 48 | 60 | 57 | 67 |
| | C8 | 50 | 65 | 63 | 68 |
| | G3 | 50 | 61 | 63 | 66 |
| | G8 | 54 | 65 | 64 | 67 |
| | | Nízká hodnota | | | |

Příloha 11: Tabulka naměřených rychlostí 5 cm nade dnem v experimentálním Superčtverci, experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Jeřábek, 2022)

| Rychlost - dno [m/s] | | 14.6 | 20.6 | 5.7. | 13.7. | 22.7. |
|-----------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| O2 sondy | C3 | 0,456 | 0,407 | 0,505 | 0,521 | 0,39 |
| | C8 | 0,415 | 0,398 | 0,488 | 0,48 | 0,48 |
| | G3 | 0,374 | 0,358 | 0,407 | 0,456 | 0,488 |
| | G8 | 0,251 | 0,235 | 0,431 | 0,439 | 0,505 |
| Bioindikační destičky | C3 | NA | 0,382 | NA | 0,521 | 0,48 |
| | C8 | NA | 0,3 | NA | 0,48 | 0,439 |
| | G3 | NA | 0,431 | NA | 0,456 | 0,415 |
| | G8 | NA | 0,259 | NA | 0,439 | 0,48 |

Příloha 12: Tabulka naměřených rychlostí 5 cm pod hladinou v experimentálním Superčtverci, experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Jeřábek, 2022)

| Rychlost - hladina [m/s] | | 14.6 | 20.6 | 5.7. | 13.7. | 22.7. |
|--------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| O2 sondy | C3 | 0,709 | 0,603 | 0,726 | 0,824 | 0,815 |
| | C8 | 0,644 | 0,529 | 0,611 | 0,726 | 0,726 |
| | G3 | 0,652 | 0,603 | 0,709 | 0,685 | 0,709 |
| | G8 | 0,619 | 0,48 | 0,676 | 0,636 | 0,726 |
| Bioindikační destičky | C3 | NA | 0,627 | NA | 0,824 | 0,75 |
| | C8 | NA | 0,537 | NA | 0,726 | 0,717 |
| | G3 | NA | 0,611 | NA | 0,685 | 0,758 |
| | G8 | NA | 0,513 | NA | 0,636 | 0,668 |

Příloha 13: Tabulka naměřených teplot hyporeální vody 3 cm pod úrovní dna v experimentálním Superčtverci, experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Jeřábek, 2022)

| Teplota hyp. vody - zelená had. [°C] | | 14.6 | 20.6 | 5.7. | 13.7. | 22.7. |
|--------------------------------------|----|------|------|------|-------|-------|
| O2 sondy | C3 | 16,8 | 18 | 15,5 | 14,8 | 15,6 |
| | C8 | 17,4 | 18,1 | 15,7 | 14,8 | 15,4 |
| | G3 | 16 | 18 | 15,2 | VH | VH |
| | G8 | 16 | 18,2 | 15,9 | 15,1 | VH |
| Bioindikační destičky | C3 | NA | 18,6 | 15,3 | 14,6 | 15,4 |
| | C8 | NA | 18,7 | 15,7 | 14,8 | 15,5 |
| | G3 | NA | 18,4 | 15,1 | 15,2 | 14,8 |
| | G8 | NA | 18,5 | 15,8 | 14,9 | 15,2 |

Příloha 14: Tabulka naměřených teplot hyporeální vody 13 cm pod úrovní dna v experimentálním Superčtverci, experimentální lokalita Teplá Vltava, červen-červenec 2021. (Jeřábek, 2022)

| Teplota hyp. vody - bílá had. [°C] | | 14.6 | 20.6 | 5.7. | 13.7. | 22.7. |
|------------------------------------|----|------|------|------|-------|-------|
| O2 sondy | C3 | 16,7 | 18,1 | 15,7 | 14,7 | 15,7 |
| | C8 | 17,1 | 18,6 | 15,8 | 14,9 | 15,3 |
| | G3 | 18 | 17,9 | 15,2 | 15,4 | 15,9 |
| | G8 | 16 | 18,3 | 15,9 | 15,1 | 15,28 |
| Bioindikační destičky | C3 | NA | 18,6 | 15,4 | 14,6 | 15,2 |
| | C8 | NA | 19,1 | 15,8 | 14,8 | 15,3 |
| | G3 | NA | 18,8 | 15 | 15,2 | 14,9 |
| | G8 | NA | 18,6 | 15,8 | 15,1 | 15 |

Příloha 15: Veškeré naměřené velikosti juvenilů perlorodky říční. Řazeno dle názvu sond. „START“ značí velikosti juvenilů naměřené před umístěním do sond a instalaci do hyporeálu k pokusu, „KONEC“ značí změřené velikosti jedinců po ukončení experimentu. Všechny velikosti jsou udávány v μm . „Ž“ značí živého jedince, „M“ značí mrtvého jedince.