

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Fakulta životního  
prostředí

VARIABILITA RŮSTU A PŘEŽÍVÁNÍ  
JUVENILNÍCH JEDINCŮ PERLORODKY ŘÍČNÍ  
V POVODÍ TEPLÉ VLTAVY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

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

Bakalant: Lenka Rosendorfová

2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lenka Rosendorfová

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Variabilita růstu a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční v povodí Teplé Vltavy**

Název anglicky

**Growth and survival variability of juvenile Freshwater Pearl Mussel juveniles in Tepla Vltava Catchment.**

---

## Cíle práce

- 1) Uspořádat a přehledně vizualizovat výsledky bioindikačních in situ experimentů realizovaných v povodí Teplé Vltavy v letech 2014 -2022, testujících růst a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční.
- 2) na základě dostupných dat vyhodnotit teplotní průběh: a) jarního období předcházejícího vlastní bioindikaci v každé sezóně a b) každého z měsíčních období, kdy bioindikační experiment probíhal.
- 3) Vizualizovat a předběžně vyhodnotit závislost přežívání a růstu juvenilů na: teplotě, sezóně, lokalitě a vstupní velikosti jedinců.

Výsledky BP budou sloužit jako vstupní dataset pro budoucí statistické analýzy celé 9 leté řady, která představuje dohromady cca 1200 experimentálních jedinců.

## Metodika

léto 2022 – účast na terénních pracech.

podzim 2022 Vyhodnocení výsledků

zima 2022/23 – sepsání práce

jaro 2023 – odevzdání práce

## Doporučený rozsah práce

30 stran

## Klíčová slova

perlodorka říční, bioindikace, růst juvenilů, přežívání juvenilů, povodí Teplé Vltavy

---

## Doporučené zdroje informací

Bílý, M., Němčíková, S., Simon, O. P., Douda, K., Barák, V., & Dort, B. (2018). Bioindication testing of stream environment suitability for young freshwater pearl mussels using in situ exposure methods. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (139), e57446.

Černá, M., Simon, O. P., Bílý, M., Douda, K., Dort, B., Galová, M., & Volfová, M. (2018). Within-river variation in growth and survival of juvenile freshwater pearl mussels assessed by in situ exposure methods. *Hydrobiologia*, 810, 393-414.

LELLÁK, J. – KUBÍČEK, F. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1992. ISBN 80-7066-530-0.

---

## Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

## Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2023

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 18. 03. 2023

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Variabilita růstu a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční v povodí Teplé Vltavy“ vypracovala samostatně a citovala všechny informační zdroje, které jsme použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně 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 si vědoma, 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.

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

V ..... dne .....

.....  
(podpis autora práce)

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, poskytnutí dat a trpělivost při vysvětlování postupů v MS Excel. Dále bych ráda poděkovala týmům, které byly součástí projektů Soužití člověka a perlorodky říční ve Vltavském luhu, Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava a týmu Horáckové et al. za sběr dat hodnocených při této práci. Také bych ráda poděkovala mé rodině a partnerovi za pomoc a podporu během celého studia.

# Variabilita růstu a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční v povodí Teplé Vltavy

## Abstrakt

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*, Linnaeus 1758) je v České republice zařazena mezi kriticky ohrožené druhy. Její životní cyklus se dělí na několik fází, z čehož je postparazitické stádium považováno za druhé nejkritičtější. Způsob, jakým lze zjišťovat nároky juvenilních jedinců na kvalitu prostředí, jsou bioindikační zařízení instalované na vhodná stanoviště do vodních toků. V této práci byly popsány typy bioindikačních metod in situ a shrnuty faktory ovlivňující přírůstky a přežívání juvenilních jedinců.

Bioindikace probíhaly v prostředí povrchové vody na 10 lokalitách povodí Teplé Vltavy a Blanice (NP a CHKO Šumava) během devítiletého experimentu v rámci Záchraného programu perlorodky říční v České republice. Juvenilní jedinci byli vždy na jeden měsíc vystaveni podmínkám vodního toku. Na základě získaných dat byly v této práci vyhodnocovány vlivy teploty, polohy lokality na podélném profilu toku a vstupní velikosti jedinců na jejich přežívání a rychlosti růstu.

Výsledky potvrdily významný vliv teploty vody během expozice. Pro vybrané roky byl patrný i vliv geografické polohy lokality na toku. Přírůstky lineárně rostly směrem po proudu toku. Naopak faktor teplot předcházejících experimentu ani vstupní velikost jedinců nevykazovaly přímý vliv na měřené parametry.

## Klíčová slova:

bioindikační destičky, teplota vody, podélný profil toku, *Margaritifera margaritifera*

# Growth and survival variability of Freshwater Pearl Mussel juveniles in Tepla Vltava Catchment

## Abstract

The freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*, Linnaeus 1758) is classified as a critically endangered species in the Czech Republic. Its life cycle is divided into several stages, of which the post-parasitic stage is considered the second most critical. Indicators installed in suitable river habitats are used to determine the environmental quality requirements of juveniles. This thesis describes the types of in situ exposure methods and summarizes the factors affecting the growth and survival of juveniles.

Open water bioindications carried out in Tepla Vltava and Blanice catchment (Šumava National Parc and Protected Landscape area) at 10 locations during a nine-year experiment within the Action plan for the fresh water pearl mussel in the Czech Republic. Juveniles were exposed to river conditions for one month per year. The influences of temperature, site location on the longitudinal river profile and input size of individuals on survival and growth rates were evaluated in this study based on the data collected.

The results confirmed the significant effect of water temperature during exposure. For selected years, the influence of the geographic location of the sites on the stream was also evident. Increments increased linearly downstream. In contrast, neither the factor of temperatures preceding the experiment, nor the input size of individuals showed a direct effect on the measured parameters.

## Keywords:

mesh cages, water temperature, longitudinal river profile, *Margaritifera margaritifera*

## Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíle práce.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Literární rešerše .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Životní cyklus perlorodky říční.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Způsob ochrany perlorodky .....</b>	<b>5</b>
3.2.1 Legislativní ochrana druhu.....	5
3.2.2 Ochrana v praxi .....	6
<b>3.3 Polopřirozený odchov perlorodek.....</b>	<b>6</b>
<b>3.4 Bioindikační metody in situ .....</b>	<b>7</b>
3.4.1 Bioindikace ve volné vodě pomocí Buddensiekových destiček .....	8
3.4.2 Bioindikace ve volné vodě pomocí pískových boxů.....	9
<b>3.5 Přírůstky juvenilních jedinců perlorodky říční.....</b>	<b>10</b>
<b>3.6 Přežívání a úmrtnost juvenilních jedinců .....</b>	<b>11</b>
<b>3.7 Charakteristika zájmového území.....</b>	<b>13</b>
<b>4 Metodika.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Popis studovaných lokalit .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Časové rozmezí experimentu.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3 Experimentální jedinci.....</b>	<b>16</b>
<b>4.4 Bioindikační destičky .....</b>	<b>16</b>
4.4.1 Příprava destiček a juvenilních jedinců.....	16
4.4.2 Instalace destiček v terénu .....	17
4.4.3 Kontroly a údržba během expozice.....	18
4.4.4 Ukončení experimentu .....	18
<b>4.5 Experimentální design .....</b>	<b>18</b>
<b>4.6 Vyhodnocení dat .....</b>	<b>19</b>
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1 Přírůstky a přežívání juvenilů na lokalitách v jednotlivých letech .....</b>	<b>21</b>
5.1.1 Přirůstání jedinců .....	21
5.1.2 Přežívání jedinců.....	23
<b>5.2 Jarní teploty předcházející experimentu.....</b>	<b>24</b>
<b>5.3 Průběh teplotního režimu během bioindikací.....</b>	<b>25</b>
<b>5.4 Vliv průběhu teplot na přežívání a přírůstky juvenilních jedinců .....</b>	<b>26</b>
5.4.1 Vliv jarních teplot před experimentem .....	26
5.4.2 Vliv sumy denních teplot během experimentu.....	27
<b>5.5 Hodnocené parametry na úrovni podélného profilu toku .....</b>	<b>28</b>



<b>5.6</b>	<b>Role vstupní velikosti jedinců na míře přirůstání .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>42</b>
<b>12</b>	<b>Samostatné přílohy.....</b>	<b>I</b>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
EN	ohrožený (endangered)
EVL	evropsky významná lokalita
IUCN	Mezinárodní svaz ochrany přírody
NP	národní park
ZCHÚ	zvláště chráněné území

### Kalendářní měsíce:

AUG	srpen
JUL	červenec
JUN	červen

### Lokality:

JED	Pod Jedlovým
LEN	Lenora
MEA	Meandr
ODCH	Odchovna
OLŠ	Olšinka
OVE	Ovesná
PĚK	Pěkná
ŘAS	Řasnice
STU	Studená
VOL	Volarský

# 1 Úvod

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*, Linnaeus 1758), patřící do skupiny sladkovodních mlžů *Unionoidea* společně s velevrubou a škeblemi (Beran 1998), byla dříve hojně rozšířeným druhem. Nicméně dnes je zařazena na červený seznam kriticky ohrožených druhů České republiky (Farkač et al. 2005). Její stavy se prudce snížily v důsledku nevhodného lesního a zemědělského hospodaření, regulace vodních toků, výstavby vodních děl, rozvoje průmyslu ve 20. století a dalších antropogenních činností ovlivňujících lesní a vodní biotopy (Simon et al. 2018). Historicky byl úbytek populací zapříčiněn i sběrem sladkovodních perel (Young a Williams 1983).

Celosvětově se perlorodka vyskytuje v Severní Americe a Euroasii (Hruška 1992, Ziuganov 1994). V Evropě je její rozšíření mapováno od Portugalska přes západní a střední Evropu, po Skandinávii a severní Rusko (AOPK ČR 2013). Aktuální výskyt druhu v ČR je popsán na lokalitách v jižních Čechách na tocích Teplé Vltavy, Blanice, Malše a jejich přítocích, dále na Českomoravské vrchovině na Jankovském potoce a v západních Čechách v Ašském výběžku. Populace českých perlorodek se dělí na tři skupiny dle genetických odlišností od sebe oddělených geografickou polohou (Simon et al. 2015).

Díky svým specifickým nárokům na čistotu a nezávadnost prostředí je perlorodka označována za bioindikační druh (Geist 2010). Je obyvatelem málo úživných neboli oligotrofních vod s nízkým obsahem vápníku v geologickém podloží. Nevhodným hospodařením jsou vody eutrofizovány, tedy obohacovány o živiny (př. dusík, fosfor), což má negativní dopady na přežívání jedinců (Simon et al. 2018). Potrava perlorodky je tvořena organickými detritovými částicemi z odumřelých podzemních i nadzemních částí rostlinné biomasy, které filtruje z vody. Důležitá je proto i ochrana nivní vegetace, která je po opadu do vodního prostředí rozmělněna kouskovači, mikrobiální složkou a dalšími organismy a následně unášena proudem vody (AOPK ČR 2013). Často je z důvodu ochrany povodí a přilehlých oblastí pojednáváno o perlorodce jako o deštníkovému druhu (Geist 2010, Bílý et al. 2018).

V ČR nejsou na většině lokalit důkazy o přirozené obnově druhu, mimo jiné i z důvodu jeho složitého životního cyklu (Černá et al. 2018). Larvální stádia parazitují na vhodné hostitelské rybě, od které se po přeměně na juvenilního jedince oddělí a zahrabou se do dna, kde jsou vystaveni neustálým výkyvům vnějších faktorů. Právě

tato postparazitická fáze života je jednou z nejrizikovějších pro přežití (Buddensiek 1995).

Na podporu populací perlorodky říční byly založeny záchranné programy zahrnující polopřirozené odchovy a bioindikační metody v přirozeném prostředí vodních toků (Araujo a Ramos 2001).

Tato práce je zaměřena na vyhodnocení bioindikací ve volné vodě pomocí plastových destiček podle německého odborníka Volkera Buddensieka (1995) na deseti lokalitách v Národním parku Šumava v ČR na horním toku řeky Vltavy, konkrétně v Teplé Vltavě, jejích přítocích a na řece Blanici. Na základě dat nasbíraných v letech 2014–2022 (projekty: Soužití člověka a perlorodky říční ve Vltavském luhu, Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava, Horáčková et al., nepublikováno) byly vyhodnocovány parametry růstu a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční v závislosti na působení vnějších faktorů, primárně denních teplot.

## 2 Cíle práce

Praktická část této práce má stanovené tři cíle. Prvním je přehledně interpretovat výsledky bioindikačních metod in situ z volné vody v povodí Teplé Vltavy a v povodí Blanice z devítiletého experimentu (2014–2022), na nichž je sledována míra růstu a míra přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční. Druhým dílčím cílem je a) vyhodnocení teplotního průběhu jarního období, respektive období předcházející době expozice, a b) vizualizace teplotního průběhu v toku během experimentálního období v každém roce. Třetí částí má za cíl předběžně vyhodnotit závislost měřených parametrů růstu a přežívání jedinců na teplotě, sezóně, lokalitě a vstupní velikosti jedinců.

Na základě těchto cílů byly zformulovány následující otázky:

Má suma denních teplot nad 15 °C vliv na růst a přežívání juvenilních jedinců?

Koreluje růst a přežívání jedinců s geografickou polohou lokalit na říčním toku?

Má počet dní nad 20 °C v jarním období vliv na růst a přežívání jedinců?

Existuje závislost mezi vstupní velikostí jedinců a růstem, potažmo přežíváním juvenilů?

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Životní cyklus perlorodky říční

Složité životní cyklus perlorodky se stejně jako u velevrubů a škeblí ze skupiny *Unionoida* dělí na několik stádií. U všech jmenovaných se larvální stádium nazývá glochidium (Beran 1998). Vývoj larev se podle Schedera et al. (2011) dělí na pět fází, které se dají spolehlivě určit pomocí světelného mikroskopu. Perlorodka říční (viz. Příloha 1) je z pohledu rozmnožování gonochorista neboli odděleného pohlaví (samice a samci), ale v důsledku fragmentace krajiny a izolováním jedinců se samičky perlorodek mohou uchýlovat k hermafroditismu, tzn. mohou se oplodnit samy (Hruška 1991). Na začátku letního období samci vyprodukují množství spermií, které jsou přijímány samicemi po proudu a dochází k oplození vajíček (Simon et al. 2018). Většinou v srpnu pak samice vyvrhne stovky tisíc glochidií (Beran 1998, AOPK ČR 2013). Larvy jsou unášeny proudem maximálně desítky hodin do doby, než se uchytí v žaberním aparátu hostitelské ryby (Hruška 1991). Tato fáze vývoje je považována za první kritické období během životního cyklu. Vyznačuje se totiž vysokou mírou mortality (Buddensiek 1995).

Vhodným hostitelem larválního stádia perlorodek je skupina lososovitých ryb, zejména pstruh obecný forma potoční (*Salmo trutta* m. *fario* L.), mající zastoupení ve všech státech s rozšířením perlorodky říční. Dále je uváděn losos obecný (*Salmo salar* L.), jenž dosud působí spíše v přímořských státech (Taeubert a Geist 2017). V České republice se vlivem výstavby vodních děl zamezila migrace lososa, čímž se parazitismus omezil pouze na pstruha potočního (Simon et al. 2018).

Glochidie po přichycení na hostitele vyrobí cystu a začne metamorfovat na juvenilního jedince (AOPK ČR 2013). Jaroslav Hruška (1992) konstatuje, že přeměna závisí na sumě denních teplot 1300–1430 °C. Může proto trvat od 3 do 11 měsíců podle okolních podmínek (Hruška 1991). Ziuganov et al. (1994) uvádí, že metamorfóza trvá od několika týdnů po 10 měsíců a jedinec dorůstá velikosti 0,4 mm. Tato uvedená velikost odpovídá zjištěné velikosti 0,3–0,5 mm podle Hastie a Young (2003). Po dosažení potřebné velikosti se juvenilní jedinec oddělí od hostitelské ryby a následně se zahrabává do hyporeální zóny. Postparazitické stádium je považováno za druhé nejkritičtější období ve vývoji perlorodek s vysokou mírou mortality (Bauer 1988).

Mladí jedinci (viz. Příloha 2) mají vysoké nároky na potravní dostupnost, kvalitu substrátu, dostatečnou míru nasycení kyslíkem v intersticiální vodě, jinak též vodě proudící hyporeálem. Při jejich nedostatku mají jedinci minimální šance na přežití (AOPK ČR 2013). O postparazitické fázi životní strategie doposud není mnoho informací, jelikož zahrabané jedince není možné jednoduše nalézt (Ziuganov et al. 1994, Černá et al. 2018). Jedinci jsou podle J. Hrušky (1999) zahrabáni v substrátu 5 až 10 let, poté začínají vylézat na povrch dna. V průběhu této epizody dochází k nejrychlejšímu přirůstání schránky. Pohlavní dospělosti dosahují jedinci kolem 20. roku života (Bauer 1988). Při dobrých podmínkách se dožívají i 130 let (Ziuganov et al. 1995, Hruška 1991).

## **3.2 Způsob ochrany perlorodky**

### **3.2.1 Legislativní ochrana druhu**

Ochrana perlorodky je zaštiťována celosvětovou i národní legislativou. V rámci mezinárodní ochrany je perlorodka říční vedena v celosvětovém červeném seznamu vydaném Mezinárodním svazem ochrany přírody (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) jako ohrožená (EN) pod kritériem A2c. Populační trend je podle zdroje označován za klesající (IUCN ©2023). Evropskou legislativou je druh chráněn pomocí soustavy chráněných území Natura 2000 podle Směrnice Rady Evropy 92/43/EEC o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin v příloze č. II (druhy živočichů a rostlin v zájmu Společenství, jejichž ochrana vyžaduje vyhlášení zvláštních oblastí ochrany) a v příloze č. V (druhy živočichů a rostlin v zájmu Společenství, jejichž odebrání z volné přírody a využívání může být předmětem určitých opatření na jejich obhospodařování). Podle již zmiňované Směrnice jsou vyhlášovány evropsky významné lokality (EVL), které druh hájí z hlediska územní ochrany. Druh je pak dále chráněn podle Bernské úmluvy o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť z roku (1979) v příloze č. III (chráněné druhy živočichů).

V České republice je druh klasifikován jako zvláště chráněný druh podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Podle tohoto zákona je perlorodka také chráněna formou zvláště chráněných území (ZCHÚ). Ve vyhlášce č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona

č. 114/1992, o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, je druh veden jako kriticky ohrožený. Na červeném seznam bezohrožených ČR je také perlorodka říční kategorizována jako kriticky ohrožený druh (Farkač et al. 2005).

### **3.2.2 Ochrana v praxi**

Pro praktickou ochranu byly realizovány projekty v mnoha evropských státech. Příkladem mohou být revitalizace říčních systémů ve Skandinávii, Německu a Rakousku, luční management prováděný v Německu a Belgii, nebo měření fyzikálně-chemických parametrů a ichtyologické průzkumy soustředěné ve všech evropských zemích s výskytem perlorodky říční (AOPK ČR 2013).

Na základě Bernské konvence (1979) byl založen evropský záchranný program pro perlorodku, ze kterého vycházejí dílčí záchranné programy na úrovni států (Araujo a Ramos 2001). V České republice se za první část záchranného programu považuje Program Margaritifera z roku 1993. Druhá část záchranného programu byla zformována roku 1999 Karlem Absolonem a Jaroslavem Hruškou, na kterou navázala část třetí, shrnutá Švanygou et al. (AOPK ČR 2013).

Jak v České republice, tak i v ostatních státech jsou prostřednictvím programů prováděny odchovy juvenilních jedinců, bioindikace a monitoring. Cílem programů je zlepšení stavů a podpora populací perlorodky říční (Simon et al. 2018).

### **3.3 Polopřirozený odchov perlorodek**

Odchov byl zaveden v rámci záchranných programů perlorodek v různých evropských zemích, jako je např. Lucembursko (Eybe et al. 2013), Německo (Schmidt a Vandré 2010, Gum et al. 2011, Lange a Selheim 2011), Anglie (Scriven et al. 2011), Skotsko (Hastie a Young 2003), Irsko (Preston et al. 2007), Česká republika (AOPK ČR) a další, za účelem zajištění a podpory populací perlorodky říční. Zejména jejího nejohroženějšího postparazitického stádia. AOPK ČR (2013) rozlišuje dvě metody. Extenzivní, provozovaná ve Velké Británii a Švédsku, a českou využívanou v České republice, Německu a Lucembursku. Extenzivní metoda je založena na invadaci ryb neboli odlovu a infekci ryb glochidiemi, z přirozeného prostředí do uměle vytvořených prostorů se simulací říčního dna. Česká metoda vynalezená J. Hruškou (1999) naopak využívá pro chov invadovaných ryb upravené přirozené prostředí toku, případně v odchovném a reprodukčním prvku. Tato metoda je dělena do čtyř fází. V první fázi dochází k invadaci ryb. Ve druhé fázi probíhá inkubace glochidií, jejíž



délka závisí na průměrné sumě denních teplot (Hruška 1991). Při jarním odchovu trvá řízená metamorfóza 30 dní. Poté jedinci vstupují do první růstové periody. Metamorfóza při zimním odchovu trvá 60 dní, kdy po jejím ukončení jedinci dospějí do druhé růstové periody (Simon et al. 2018). Po odpadnutí glochidií z žaber hostitelských ryb nastupuje třetí fáze vlastního odchovu perlorodek. Mladí jedinci jsou situováni do laboratorních podmínek s pravidelným přísunem potravního detritu. Odchovaní jedinci jsou dále využíváni k bioindikačním testům, posilování populace nebo výzkumným aktivitám v rámci záchranného programu (AOPK ČR 2013).

Gum et al. (2011) tvrdí, že chování jedinci jsou nejlepšími bioindikátory pro průzkum časoprostorové vhodnosti stanovišť a snah o navýšení populací perlorodek. Zároveň uvádí, že odchov je nástrojem na poslední záchranu před extinkcí, ale neměl by nahradit stanoviště, u kterých stále probíhá přirozená reprodukce.

### **3.4 Bioindikační metody in situ**

Bioindikace jsou chápány jako postupy, s jejichž pomocí je určován vývoj uměle odchovaných perlorodek v postparazitálním stádiu za pomoci experimentálních klíček, destiček a dalších nádob v přirozeném vodním prostředí. Bioindikační metody byly zahrnuty do prvotních záchranných programů a dodnes jsou jedinou metodou, jak se dá spolehlivě určit přírůstek juvenilních jedinců a zároveň studovat ekologii daného druhu perlorodky. Od základních parametrů míry přežívání a míry růstu jsou odvozovány další činitele ovlivňující stav povodí a perlorodku samotnou. Jde např. o teplotu, rozpuštěný kyslík, zrnitost materiálu dna toku, chemismus aj. (Simon et al. 2018).

Metody jsou děleny podle umístění objektu v rámci toku, typu nádoby a podle počtu perlorodek uložených v objektech. První metoda, jež byla vyvinuta Buddensiekem (1995), spočívá v uložení juvenilů do komůrek v destičkách, jež jsou vystaveny do volné vody. Druhá metoda je situována na říční dno do boxu, kam je uložena stovka mladých jedinců. Z důvodu velkého množství jedinců jsou výsledná data spíše kvantitativního měřítka.

Další metody jsou zaměřeny na podříční dno zvané hyporeál. Jelikož postparazitální stádium perlorodky říční je vázáno čistě na mikrostanoviště v hyporeálu, bioindikace pode dnem více napodobují přirozené prostředí juvenilů. Podříční dno je ale limitováno náhlými oscilacemi hodnot kyslíku oproti volné vodě,

což se odráží na míře přežívání mladých jedinců. V Německu (Schmidt a Vandré 2010) využívali k bioindikacím uzavřené gázové sáčky a otevřené krabice se sedimentem. Nejprve byly nádoby z většiny naplněny substrátem. Pipetou bylo do nádob přidáno sto i více juvenilů. Nakonec byly celé objekty s juvenilí uloženy do hyporeálu, aby substrát v nádobách odpovídal stejné výšce substrátu dna. V České republice byly pro výzkum vystaveny do hyporeálu síťové a pískové klece, jež byly naplněny dnovým substrátem (Bílý et al. 2018). Každá ploška musela být před umístěním bioindikačních systémů předem testována na míru nasycení kyslíkem (Černá et al. 2018). Roku 2021 Bílý et al. představili pilotní experiment uložení juvenilních jedinců do trubicových síťových sond. Sondy umožňovaly monitorovat preferovanou hloubku umístění jedinců v hyporeálu.

#### **3.4.1 Bioindikace ve volné vodě pomocí Buddensiekových destiček**

Nejstarší metoda bioindikací ve volné vodě je založena na chovech v plastových destičkách, známých jako Buddensiekovy destičky (ilustrační schéma destičky viz. Příloha 3). Uvnitř každé destičky jsou juvenilové ukládání v jednotlivých skupinkách po 5 jedincích do komůrek (Buddensiek 1995). Modifikovaná destička popsána Simonem et al. (2018) je složena z plastového jádra o tloušťce cca 9 mm s provrtanými komůrkami pro uložení juvenilů po jednom. Z obou stran je překryta jemným Uhelonem s oky o velikosti 200  $\mu\text{m}$ . Vnější vrstva je tvořena plastovými deskami o tloušťce 2 mm s taktéž vyvrtanými otvory. Dále je destička opatřena čtyřmi silnými šrouby, díky nimž jsou součásti smontovány k sobě. Zesponu má destička připevněné trny, které umožňují umístit bioindikační objekt do volné vody, tak aby celý vyčníval nade dnem v říčním korytě.

Do destiček podle Buddensieka (1995) bylo navrtáno 96 otvorů. Do každé z 92 komůrek bylo vloženo 5 jedinců (zbylé 4 otvory vyplnily šrouby). Dohromady se do destičky vměstnalo 460 juvenilů. Expozice měla sloužit k držení mladých jedinců v průběhu jejich nejzranitelnějších stádií po dobu vypuštění do intersticiální vody nebo pro případ přenesení do jiného toku s vhodnějšími podmínkami. Juvenilové byli vystaveni ve čtyřech tocích po dobu 23, 36 nebo i 52 měsíců.

Bioindikace v plastových destičkách modifikovaly a dále využívaly skupiny vědeckých pracovníků z Německa. Schmidt a Vandré (2010) využívali perforované destičky se třiceti malými otvory po 5 jedincích a pěti podlouhlými komůrkami po 25 jedincích. Celkem destička obsahovala až 275 jedinců. Při dlouhodobějších pokusech

byli juvenilové po ukončení růstové fáze do velikosti 4 mm přesunuti do bioindikačních jednotek sedimentačních boxů podle J. Hrušky (1999). Lange a Selheim (2011) při bioindikacích do destiček vystavili juvenilní jedince na 12 měsíců do tří toků za stálého měření teploty vody. Výzkumníci prováděli dvojí kontrolu, v květnu pro kontrolu růstu během zimy a v srpnu pro míru růstu během léta. Denic et al. (2015) vystavovali 20 jedinců na destičku. Růst mladých jedinců byl kontrolován po 3 měsících před první zimou a po 9 měsících po první zimě expozice pomocí binokulárního mikroskopu.

Podle Simona et al. (2018) se metodou také inspiroval Jaroslav Hruška, který pro vyšší úmrtnost jedinců před ukončením první růstové periody (kohorta 0+) nahradil do expozic jedince po ukončení 1. růstové periody (dále jen kohorta 1+).

V designovaných pokusech podle metodiky Simona et al. (2018) bylo při vyšší úmrtnosti umístěno jednotlivě do destiček 12 jedinců, při předpokládané nižší úmrtnosti 6 jedinců. Modifikace pro nízký počet jedinců v destičce byla vytvořena za účelem jednodušší manipulace a přepravy. Zároveň měla vytvořit kompromis mezi bioindikacemi v počtu jedinců a v počtu destiček instalovaných na větším počtu plošek, což umožnilo lepší přehled o prostorové heterogenitě lokality (Michal Bílý, 2023, in verb.).

Na základě zkušeností byla pro český záchranný program zavedena kratší doba expozice z původních 3–9 měsíců na jeden letní měsíc bez narušení výsledků získaných z dlouhodobějších expozic (AOPK ČR 2013).

### **3.4.2 Bioindikace ve volné vodě pomocí pískových boxů**

Další metoda plastových pískových boxů je zaměřena na lepší napodobení přirozených podmínek vsazením na dno toku (Simon et al. 2018 ex. Hruška 1999). Do boxu je nasypán substrát odpovídající substrátu dna. Mladí jedinci jsou zde vystaveni ve větších počtech, min. 100 jedinců. Z metody je možno určit pouze průměrný přírůstek všech jedinců z jednoho objektu. Tato metoda hromadného držení jedinců v pískové kleci je mnoha odborníky praktikována spíše jako odchovný prvek před samotnými bioindikacemi (Simon et al. 2018).

Hruškova písková klec se dá vyhotovit z plastové svačkové krabičky s víkem shora uzavíratelným víkem ze čtyř stran (Michal Bílý, 2022, in verb.). Po bocích dózy jsou vyřezány otvory, které jsou následně překryty jemnou síťovinou o optimální velikosti ok umožňujících prostupu jemných detritových partikulí a zároveň

zabraňujících úniku perlorodek ven do volné vody (Simon et al. 2018). Klíčka je vyplněna ze tří čtvrtin promytým pískem z toku (Schmidt a Vandré 2010). Do terénu je vystavena na 3 měsíce připevněním ke kameni a uložení na dno (Simon et al. 2018).

### 3.5 Přírůstky juvenilních jedinců perlorodky říční

Do vyzdvihovaných faktorů ovlivňujících růst mladých jedinců perlorodky je řazen dostatek kvalitní potravy a teplota vody (Lange a Selheim 2011, AOPK 2013). Potrava v podobě detritových partikulí z odumřelé organické hmoty obsahuje pro perlorodku stravitelný organický vápník, jenž jedinci využívají ke stavbě vápenatých schránek. Je důležité zmínit, že ve vodním prostředí se objevuje i rozpuštěný vápník pro perlorodku nepřijatelný. Tato forma vápníku při vyšších koncentracích může způsobit postupnou degradaci biotopu, ačkoliv samotný vápník není pro perlorodku toxický. Obdobně se dá hovořit o rozpuštěných minerálních látkách v podobě dusičnanů, amonných iontů a fosforečnanů, které v nadměrném množství působí na biotop negativním účinkem. Naopak organická podoba dusíku a fosforu je v potravě perlorodek potřebná (Simon et al. 2018). Složení potravy v závislosti na přirůstání juvenilních jedinců bylo zkoumáno odborníky z Lucemburska (Eybe et al. 2013). Juvenilní jedinci byli krmeni kombinacemi směsí řas, detritu a drcených larev pakomárovitých (*Chironomidae*). Eybe et al. (2013) vyhodnotili za nejlepší potravní směs kombinaci řas s detritem. Zároveň uvedli, že se detrit jeví nejen jako vhodný potravní zdroj, ale také jako biologicky aktivní složka odbourávající škodlivé ionty v podobě amoniaku a dusitanů, jež se po přidání potravní směsi do odchovných boxů s mladými jedinci snížily o 50 %.

V souvislosti s potravou a rychlostí růstu schránek hraje roli i geografická poloha a nadmořská výška. Ty se odráží na zmíněném faktoru teploty (Hruška 1996). Při nižší teplotě vody se snižuje úživnosti detritu, která způsobuje zpomalení růstu jedinců. Dlouhodoběji vyšší teplota naopak urychluje růst perlorodek. Paradoxně ale snižuje hranici dožívání (AOPK 2013). V oligotrofních tocích s vyšší nadmořskou výškou (700–800 m n. m.) a horní hranicí povodí i nad 1000 m n. m. se s nižší teplotou rychlost rozkládající se organické hmoty zpomaluje. U populací nižší nadmořské výšky (500–600 m n. m.) je dosaženo i v chladnějších letech vyšší průměrné teploty.

Dochází tím k rychlejšímu rozkladu detritu, ale zároveň k tvorbě nežádoucích látek, které mohou negativně působit na mladé jedince (Hruška 1996).

Juvenilní jedinci mají větší nároky na kvalitu potravy než dospělí jedinci. Mladá stádia vykazují v počáteční růstové periodě rapidní nárůst schránky až o 250 % (Hruška 1996). Oproti tomu adultní jedinci nedosahují takových přírůstků, neboť veškerou svou energii vkládají do tvorby pohlavních orgánů (AOPK ČR 2013).

Pozitivní korelace teploty a růstu byla popsána Černou et al. (2018) během dvouletého experimentu bioindikací v Teplé Vltavě. Autoři zjistili, že teplejší rok 2015 byl doprovázen většími přírůstky než studenější rok 2014. K podobným výsledkům dospěli i Dunca et al. (2011). Uvedli, že existuje přímo úměrný vztah mezi růstem jedinců a teplotou na studované lokalitě ve švédském kraji Västernorrland. Výzkum německých odborníků Denic et al. (2015) potvrdil, že ve studovaných tocích s vyšší průměrnou teplotou vody 13,5 °C byl zaznamenán vyšší průměrný přírůstek než v horských tocích o teplotě 12,8 °C, kde průměrný přírůstek zaostával.

Samotný faktor teploty vody je závislý na změně denní teploty vzduchu. U menších toků se průměrně během roku denní teplota vody pohybuje mezi 3 a 6 °C. S každým stým výškovým metrem od pramene do nížin na podélném profilu toku se pak voda otepluje o 0,7 °C. (Lellák a Kubíček 1992). Limitní hodnoty pro biotop perlorodky říční jsou uváděny v rozmezí 0–20 °C s krátkodobým maximem 23 °C (AOPK ČR 2013 ex. Absolon a Hruška 1999).

### **3.6 Přežívání a úmrtnost juvenilních jedinců**

Míra přežívání jedinců je ovlivněna mnoha faktory, které mají pro perlorodku v nadlimitních hodnotách až devastující charakter. Pro míru přežívání je zásadní optimálně stabilní vodní prostředí. Hlavními příčinami degradace prostředí jsou zejména antropogenní aktivity (AOPK ČR 2013). Konkrétně např. aplikace hnojiv při zemědělské činnosti (Araujo a Ramos 2001). Do půdy a následně do toků jsou splavovány vysoké obsahy živin, zejména dusičnany a fosforečnany. Ty mnohonásobně převyšují limitující hodnoty pro přežívání perlorodky říční (Simon et al. 2018). Jako hraniční byly zveřejněny pro dusičnany hodnoty 2,5 mg/l NO<sub>3</sub> (AOPK ČR 2013 ex. Absolon a Hruška 1999). Ještě nižší hodnotu dusičnanového dusíku uvedl Bauer (1988) 0,5 mg/l N-NO<sub>3</sub> u neznečištěných řek. U mírně znečištěných řek uvedl trojnásobnou hodnotu a u těžce znečištěných řek až

šestinásobnou hodnotu dusičnanů. G. Bauer také zjistil náhlé ubývání jedinců a zkracování jejich délky života o 20 let v těžce znečištěných tocích. Limitní hodnota celkového fosforu je podle Záchraného programu (AOPK ČR 2013 ex. Absolon a Hruška 1999) 35 $\mu$ g/l. Někteří další autoři uvádějí dokonce hodnoty nižší (AOPK ČR 2013).

Další riziko pro přežívání jedinců představuje nevhodný lesnický management či regulace vodních toků (Araujo a Ramos 2001). Zřízení melioračních kanálů má za následek úbytek rostlinné vegetace a s tím spojený úbytek biomasy potravního detritu. Zároveň dochází k erozi půdy a k následnému ukládání písku a jemnozrných sedimentů na dno toku, což vede k omezení životních podmínek jedinců perlorodek ukrytých v intersticiálním dně. Osterling (2015) tvrdí, že juvenilní jedinci jsou považováni za vysoce kritické životní stádium, jenž je ovlivňováno zákalem a sedimentací, proto by se měly neustále udržovat břehové porosty, které by těmto procesům mohly zamezit. Ucpání pórů v hyporeálu snižuje obsah rozpuštěného kyslíku, jenž je považován za další neméně důležitý limitující faktor (Simon et al. 2018). Kyslík je jedním z biologicky nejvýznamnějších rozpuštěných plynů ve vodním prostředí (Lellák a Kubíček 1992). Optimální nasycení vody kyslíkem pro zdárný růst perlorodek by se mělo pohybovat okolo 100 % (AOPK ČR 2013).

Toxické látky, v podobě průmyslových odpadních vod, pesticidů ze zemědělských ploch nebo zvýšeného obsahu toxických kovů spojeným s poklesem pH v horských oblastech postižených acidifikací, také negativně ovlivňují přežívání juvenilních jedinců. Juvenilní jedinci jsou na toxické kovy mnohem citlivější než adultní jedinci (Simon et al. 2018). Průměrná hodnota pH jakožto limitující faktor je 6,8 (AOPK ČR 2013 ex. Absolon a Hruška 1999). Při těchto hodnotách pH se kovy nevyskytují v toxické rozpuštěné formě. Černá et al. (2018) pomocí monitoringu jedinců v roce 2014 pomohli doložit korelaci mezi obsahem amonných iontů a mírou mortality. Na přítoku Teplé Vltavy – Volarském potoce byla pozorována vysoká míra přírůstků v bioindikačních destičkách při měsíční expozici. Ta ale nezachytila totální úhyn všech jedinců, který byl patrný až během delšího tříměsíčního bioindikačního experimentu.

Adultní jedinci jsou lépe přizpůsobeni vnějším vlivům než jedinci juvenilní (Ziuganov 1994). I přesto, že z bioindikačních metod není doposud známo nepřeborné množství informací, jsou nejjednodušším nástrojem odpovědi na otázky přežívání

mladých stádií perlorodek (Schmidt a Vandré 2010). Přežívání mladých jedinců během první zimy zkoumal např. Buddensiek (1995). Uvedl, že úspěch značně závisel na vstupní velikosti juvenilů. Stoprocentní mortalitu do třetího měsíce života zaznamenal u jedinců menších než 700  $\mu\text{m}$ . Pouze jedinci větší než 900  $\mu\text{m}$  měli 50% šanci na dožití následující sezóny. Další vliv na životaschopnost mláďat se jevil v kolonizaci komůrek bioindikačních objektů organickým materiálem v podobě larev vodního hmyzu. Jedinci uvnitř destiček, které byly z jedné až dvou třetin zaneseny organickým materiálem, vykazovali větší míru přežívání než jedinci v destičkách bez zaneseného materiálu či z většiny vyplněny zaneseným materiálem.

### 3.7 Charakteristika zájmového území

Zájmové území experimentu je situováno v okrese Prachatice do klidové zóny zvláště chráněného území Národního parku Šumava (dále jen NP Šumava). NP Šumava má svůj protějšek na hranicích s Německem, a to Národní park Bavorský les.

Z klimatického pohledu se NP Šumava nachází na rozhraní kontinentálního a oceánského podnebí. Průměrná roční teplota se pohybuje ve výšce 750 m n. m okolo 6 °C a okolo 3 °C ve výšce 1300 m n. m. Během roku pak spadne od 800 do 1600 mm srážek. (NP Šumava ©2023)

Z hydrologického hlediska spadá většina území NP Šumava k úmoří Severního moře do povodí Labe, menší část území náleží do povodí Dunaje s ústím v Černém moři (NP Šumava ©2023). V povodí Labe pramení nebo vznikají soutokem řeky Vltava, Otava, Úhlava, Blanice a mnoho další menších toků, které jsou známy svým zachovalým biotopem (Valenta 1994).

Za relativně nedotčené biotopy lze považovat např. údolí řeky Úhlavy, pramen řeky Blanice, luh řeky Vltavy a její přítoky. Kvalita říčního biotopu Blanice může být také konstatována s ohledem na výskyt zachovalé dlouhověké populace perlorodky říční. Hodnota pH šumavských toků se pohybuje v rozmezí hodnot 5 až 7 (Valenta 1994), což výrazně přispívá perlorodce, jejíž limitní hodnoty pH dosahují slabě kyselých až neutrálních hodnot 6 – 7,1 (AOPK ČR 2013 ex. Absolon a Hruška 1999). Jako problém pro perlorodky na Blanici se ale jeví málo dostupná kvalita potravy z důvodu špatného obhospodařování luk na lokalitě (Simon et al. 2018). Dalším významným biotopem je Vltavský luh zahrnující oblast Mrtvého luhu na soutoku

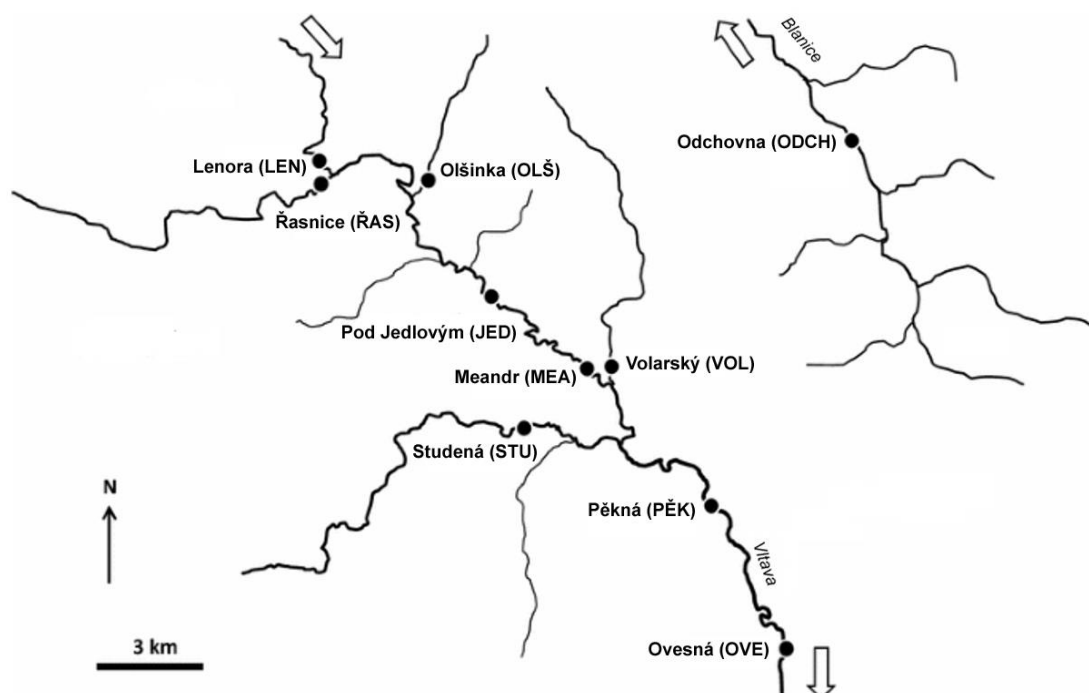
Teplé a Studené Vltavy (Valenta 1994), kde jsou známy nálezy středněvěké populace perlorodky říční (Hruška 1996).



## 4 Metodika

### 4.1 Popis studovaných lokalit

V zájmovém území bylo studováno 10 lokalit (viz. Obr. 1). Devět lokalit je situováno do povodí Teplé Vltavy a jedna lokalita do sousedního povodí řeky Blanice. V úseku Teplé Vltavy se nacházejí lokality Lenora (LEN), Pod Jedlovým (JED), Meandr (MEA) a na přítocích Teplé Vltavy lokality Řasnice (ŘAS), Olšinka (OLŠ), Volarský (VOL) a Studená (STU). Pod soutokem Teplé a Studené Vltavy se nacházejí lokality Pěkná (PĚK) a Ovesná (OVE). Poslední z deseti lokalit, Odchovna (ODCH), spadá do povodí řeky Blanice. Ta je brána spíše jako kontrolní bod, odkud pochází adultní jedinci perlorodek (Černá et al. 2018).



Obr. 1 Mapa studovaných lokalit v povodí řeky Vltavy a řeky Blanice (převzato z Černá et al. 2018, upraveno)

### 4.2 Časové rozmezí experimentu

Projekt probíhal v letních měsících mezi lety 2014 a 2022. Každý rok byly exponovány bioindikační destičky do volné vody optimálně na jeden měsíc s pravidelnými kontrolami. Kvůli nepříznivým meteorologickým podmínkám, které

způsobily zvýšení průtoků až na některý z povodňových stupňů (ČHMÚ ©2023), se mohla měsíční expozice prodloužit i o několik dní viz Tab. 1. Převažujícím letním měsícem expozice jedinců do bioindikačních objektů byl srpen (AUG), méně pak červenec (JUL) a jedinou výjimku v závěrečném roce 2022 tvořil měsíc červen (JUN).

Tab. 1 Přehled absolutní doby expozice ve dnech na lokalitách během jednotlivých let; \*rozdílná doba expozice pro část destiček na lokalitě MEA

rok	LEN	ŘAS	OLŠ	JED	MEA	VOL	STU	PĚK	OVE	ODCH	měsíc
2014		32		33	32	31	33	33	33	29	AUG
2015			31	30	30			30	30	30	JUL
2016	30		30	29	31			29	31		AUG
2017	38		38	38	38			38	38		AUG
2018	34		34	34	34			34	34		AUG
2019	38		38	38	38			38	38		AUG
2020	31	31		31	31			31	30		JUL
2021	31	31		31	31/37*			31	31		JUL
2022					44						JUN

### 4.3 Experimentální jedinci

Každý rok byli náhodně vybráni jednoletí jedinci (věkové kohorty 1+) z polopřirozeného odchovu v rámci záchranného programu perlorodky říční v České republice (AOPK ČR 2013). Po ukončení dílčí měsíční expozice byli jedinci opět vráceni zpět do odchovného zařízení.

### 4.4 Bioindikační destičky

Metodika celého procesu přípravy destiček, jejich instalace do terénu a monitoring jsou zpracovány na základě publikace Bílý et al. (2018). Po celou dobu experimentu v průběhu let byly aplikovány modifikované Buddensiekovy destičky se šesti komůrkami (Buddensiek 1995). Popis a vizualizace bioindikační destičky jsou uvedeny v kapitole „3.4.1 Bioindikace ve volné vodě pomocí Buddensiekových destiček“.

#### 4.4.1 Příprava destiček a juvenilních jedinců

V přípravné fázi laboratorní práce experimentu byla v prvním kroku složena část destičky za účelem vložení biologického materiálu v podobě juvenilních jedinců kohorty 1+. Byla sestavena spodní a střední část destičky. Postupně k sobě byly smontovány jeden plastový kryt, uhelonový materiál a hlavní plastové tělo. Následně

byla tato část destičky z poloviny ponořena do říční vody. Biologický materiál byl vyňat z izolovaného termoboxu a vložen do Petriho misek, přičemž změna teploty nepřesáhla 2 °C. Juvenilní jedinci byli dále zbaveni proséváním přebytečného detritu. Každý jedinec byl individuálně zkontrolován pomocí trinokulárního stereomikroskopu s fotoaparátem při čtyřicetinásobném zvětšení. Byla zhodnocena jeho kondice na základě aktivního pohybu otáčením lastury nebo vystrkováním svalnaté nohy ven. Uhybnulí jedinci bez známek pohybu či při zjištění degradace schránky nebo jedinci s nízkou kondicí byli automaticky vyřazeni z experimentu. Po provedení kalibrace byl každý jedinec vyfotografován dvakrát pro zajištění kvalitnějšího vyhodnocování délky schránky mlže. Po pořízení fotografií byli mladí jedinci vloženi po jednom do jednotlivých komůrek perforované destičky (Bílý et al. 2018).

Do dalšího zpracování dat byla využita fotografie s vyšší naměřenou hodnotou z důvodu eliminace záběrů jedinců, kteří v době pořízení fotografie neleželi podélně na boku (Michal Bílý, 2023, in verb.). Snímky byly číselně zaznamenávány a velikost jednotlivých jedinců byla následně vyhodnocována pomocí programu ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>). Délku program měřil podélně od nejvzdálenějších okrajů schránky (Simon et al. 2018). Po vložení všech šesti jedinců byl přimontován zbytek destičky, v pořadí uhelonová síťka a plastový kryt. Destičky byly nakonec vloženy do plastové nádoby s říční vodou tak, aby do ní byly zcela ponořeny. Následně byla celá sada vložena do termoboxu (Bílý et al. 2018).

#### **4.4.2 Instalace destiček v terénu**

Připravené bioindikační destičky s vybranými juvenilny byly přepravovány v termoboxu při udržování stabilní teploty  $\pm 2$  °C. Na příslušné lokalitě výsadku byl termobox vložena do vodního toku, aby byl redukován stres při přechodu z kontrolovaných podmínek ex situ do nekontrolovatelných podmínek in situ (Bílý et al. 2018).

Destičky byly poté vyjmuty z izolovaného boxu. Následně byly opatřeny hroty a kontinuálně měřícím a zaznamenávajícím teploměrem (vizualizace instalované destičky v terénu viz. Příloha 4). Příslušný bod umístění v rámci toku byl zvolen mimo přímé sluneční záření a v oblasti mírně proudící vody. Ideálním prostorem bylo břehové pásmo, nejlépe pod krytem stromové vegetace. Do příslušného místa pod hladinou vody byly destičky instalovány s natočením o 45° směrem do středu toku.

Destičky byly připevněny 10 cm nad povrchem dna. Mezi jednotlivými objekty byl zvolen rozestup větší než 2 metry (Bílý et al. 2018).

#### **4.4.3 Kontroly a údržba během expozice**

Během měsíčního experimentu byly destičky s pravidelnými rozestupy kontrolovány. V případě zanesení objektů materiálem ve formě sedimentu nebo přichycených makrofyt byly objekty očištěny (Černá et al. 2018).

#### **4.4.4 Ukončení experimentu**

Po expozici byly vyjmuty destičky z řeky a opět zbaveny veškerých usazených biologických či sedimentovaných struktur. Dále byly destičky umístěny zpět do izolovaného termoboxu s říční vodou. Pokud došlo při převezení juvenilů zpět do laboratorních podmínek k výkyvu teplot přes 5 °C mezi destičkami a laboratoří, byla nejprve teplota stabilizována. Jedinci byli následně vyfotografováni a jejich přírůstky byly vyhodnocovány stejným postupem měření jako při přípravné fázi. Mimo to bylo hodnoceno přežívání jednotlivých perlorodek.

Délka lastury jedince byla zaznamenána pomocí trinokulární stereomikroskopické lupy s fotoaparátem opět dvěma fotografiemi pro přesnější výsledky. Dále byl individuálně vyhodnocován životní stav jedinců, živých či uhynulých, který byl tentokrát zahrnut do tabulkových výsledků. Na základě analýzy obrazu počátečních a konečných délek schránek mladých jedinců byly v příslušném softwaru vypočteny jednotlivé přírůstky v procentech a míra přežívání v procentech jakožto hlavní faktory bioindikačního testování (Bílý et al. 2018).

Na závěr celého experimentu byly přeživší perlorodky vráceny zpět do odchovného programu, ze kterého byly původně odebrány (Bílý et al. 2018).

### **4.5 Experimentální design**

Na každou z uvedených lokalit bylo v roce 2014 instalováno šest destiček. V letech 2015–2022 bylo vystaveno po čtyřech destičkách na každé z lokalit vyjma lokality Meandr, kam se v roce 2021 instalovalo 6 destiček. V případě čtyř lokalit Pěkná (2014), Ovesná (2015, 2020) a Řasnice (2020) byly do výpočtů míry přirůstání a míry přežívání zahrnuty pouze 3 destičky z důvodu ztráty zbylých destiček nebo z důvodu jejich vytažení na břeh toku v důsledku vandalismu (viz Tab. 2).

Vzhledem ke ztrátě destiček s teploměry v roce 2020 nebyly zpracovány do celkového hodnocení teplotního průběhu během expozice lokality Pěkná a Řasnice. Teploměry na lokalitě Ovesná (2018, 2021) přestaly v průběhu experimentálního měsíce měřit, tudíž pro tento případ nemohla být též data zpracována, viz. bezbarvé buňky v Tab. 2.

Každá destička obsahovala **6 jedinců** spadajících do věkové **kohorty 1+**.

Tab. 2 Přehled počtu úspěšně sklizených destiček z lokalit v jednotlivých letech, oranžové buňky zobrazují dostupnost teplotních dat, bezbarvé buňky bez teplotních dat

rok	LEN	ŘAS	OLŠ	JED	MEA	VOL	STU	PĚK	OVE	ODCH
2014		6		6	6	6	6	3	6	6
2015			4	4	4			4	3	4
2016	4		4	4	4			4	4	
2017	4		4	4	4			4	4	
2018	4		4	4	4			4	4	
2019	4		4	4	4			4	4	
2020	4	3		4	4			4	3	
2021	4	4		4	6			4	4	
2022					4					

#### 4.6 Vyhodnocení dat

Na základě dat poskytnutých z devítiletého experimentu byla vytvořena maticová tabulka v softwaru Microsoft Excel viz. příložený CD disk. Tabulka obsahovala celkem 1296 jedinců. To odpovídalo všem jedincům na všech lokalitách během devíti let experimentu. Do tabulky se nezahrnuli pouze jedinci, kteří nebyli po ukončení expozice nalezeni.

Každému juvenilovi bylo přiřazeno identifikační číslo, příslušná lokalita a rok expozice. V tabulce byl ze vstupní a výstupní velikosti jedinců vypočten procentuální přírůstek, resp. celková velikost v procentech na konci expozice. Pro možnost porovnání přírůstků mezi jednotlivými lety byly hodnoty standardizovány z absolutní délky expozice na jednotnou délku 30 dnů. Přežívání juvenilních jedinců bylo hodnoceno formou 1 (živá) a 0 (mrtvá). Tyto hodnoty byly přepočteny na průměrné přežívání jedinců na destičku.

Teplotní hodnoty byly prezentovány sumou denních teplot nad 15 °C pro každou z lokalit a expoziční období. U experimentálních let, jež přesáhly třicetidenní dobu expozice, byla suma denních teplot nad 15 °C vypočítána z prvních 30 dnů bioindikací

(instalace destiček do terénu + 30 dní) v daném roce. Pro experimentální roky s kratší délkou expozice pod 30 dní nebyla hodnota upravována.

Pro teplotní souhrn z období před expozicí byl pro každý rok zjištěn počet dní, které v teplotě vzduchu přesáhly v zájmové oblasti hodnotu 20 °C. Byly stanoveny dvě sady hodnot pro počet dní od začátku nové sezóny do doby expozice (počet dní před expozicí) a počet dní v jarním období od začátku roku do 21. června (poslední jarní den). Pro tuto část hodnocení byla využita teplotní data z meteorologické stanice umístěné na lokalitě Malý luh, měřená ve výšce 2 m.

## 5 Výsledky

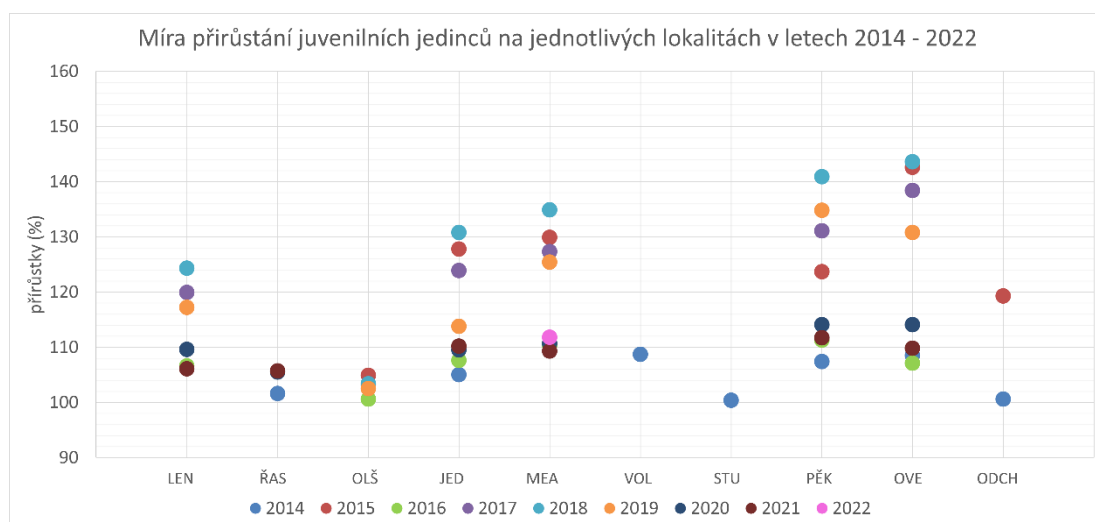
Výsledky jsou rozděleny do tří dílčích částí podle studovaných parametrů, a to na první část, kde jsou zobrazeny přírůstky a přežívání juvenilů na lokalitách v jednotlivých letech a druhou část a) vyhodnocení průběhu teplot předcházejících expozici a b) sledování a vyhodnocení teplot měřených v průběhu expozice. Třetí část výsledků je věnována vyhodnocení růstu jedinců v závislosti na teplotě, lokalitě, sezóně a vstupní velikosti jedinců.

### 5.1 Přírůstky a přežívání juvenilů na lokalitách v jednotlivých letech

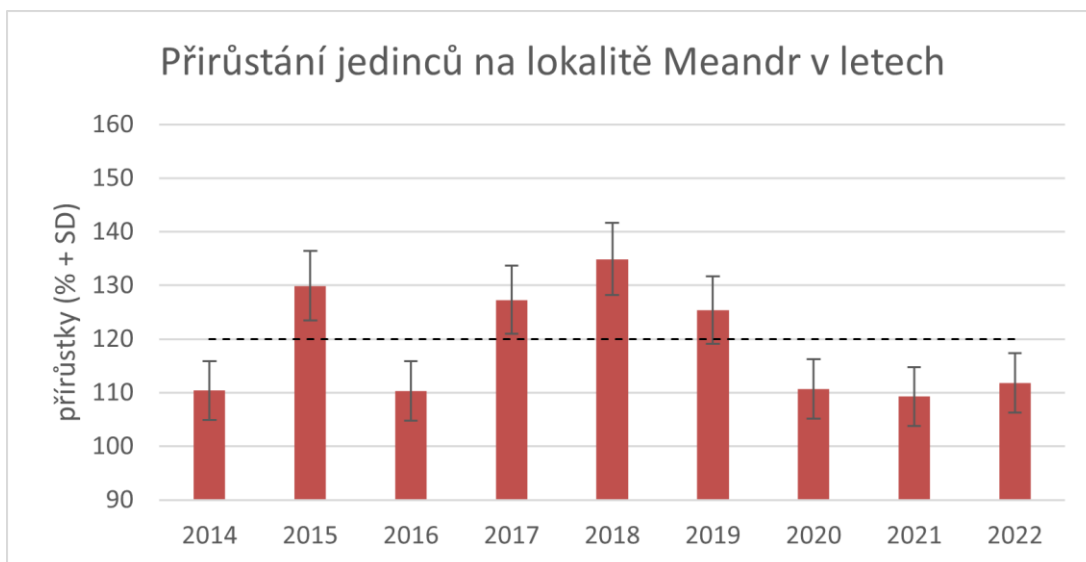
Přehledný graf shrnující přírůstky a přežívání juvenilních jedinců za celé devítileté experimentální období je k nahlédnutí v Příloze 5.

#### 5.1.1 Přírůstání jedinců

Z orientačního grafu na Obr. 2 je patrné, že v určitých letech juvenilní jedinci přirůstali více a v jiných méně. Pro tuto skutečnost byly roky pracovně rozděleny na „nepříznivé“, kdy ani jedna lokalita nedosáhla 120% přírůstků mladých perlorodek, a roky „příznivé“, kdy většina lokalit vykazovala průměrné přírůstky jedinců nad 120 %. Rozložení hodnot v grafu na Obr. 3 je zobrazeno na vybrané lokalitě Meandr, která byla jako jediná měřena po dobu všech devíti let. Přerušovaná linie odděluje roky nepříznivé a roky příznivé.



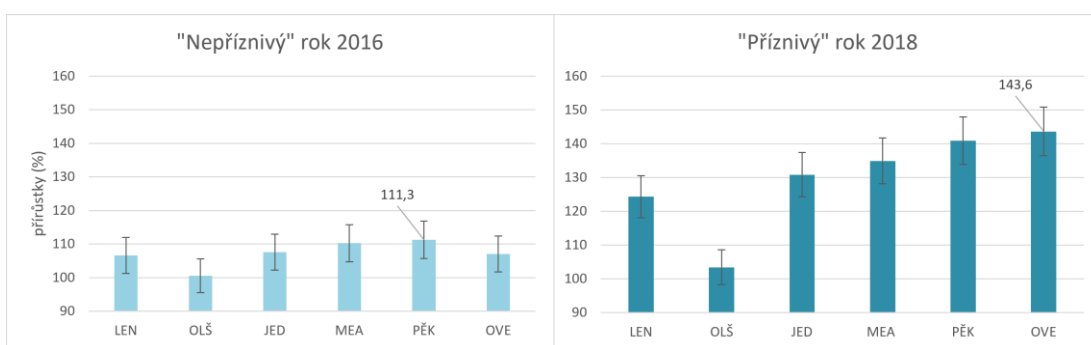
Obr. 2 Orientační souhrnný graf míry přirůstání na všech lokalitách v letech 2014–2022, Celkový počet jedinců (n)= 1296



Obr. 3 Míra přirůstání jedinců se směrodatnou odchylkou na reprezentativní lokalitě Meandr v průběhu devíti let; linie odděluje roky s nižšími a vyššími přirůstkami;  $n = 1296$

Do let nepříznivých byly zařazeny sezóny 2014, 2016, 2020, 2021 a 2022. Rok 2016 je reprezentován grafickým znázorněním níže (viz. Obr. 4 vlevo). Graf zobrazuje relativně nízkou míru přirůstání jedinců s největším procentuálním přírůstkem 111,3 % na lokalitě Pěkná.

Roky příznivé jsou reprezentovány sezónami 2015, 2017, 2018 a 2019. Vybraný růstově nejpriznivější rok 2018 v grafu na Obr. 4 vpravo představuje zřetelně vyšší přirůstkami v porovnání s grafem vlevo. Nejpozitivnější hodnoty přírůstku zaznamenala lokalita Ovesná se 143,6 %. Lokalita Olšinka vykazovala v obou případech minimální přirůstkami.



Obr. 4 Porovnání grafů přirůstků jedinců ve vybraném nepříznivém (2016, vlevo;  $n = 138$ ) a příznivém roce (2018, vpravo;  $n = 144$ ); přirůstkami jsou reprezentovány sloupce se směrodatnou odchylkou, sloupce s nejvyšším průměrným přírůstkem v každém roce jsou popsány; plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“



### 5.1.2 Přežívání jedinců

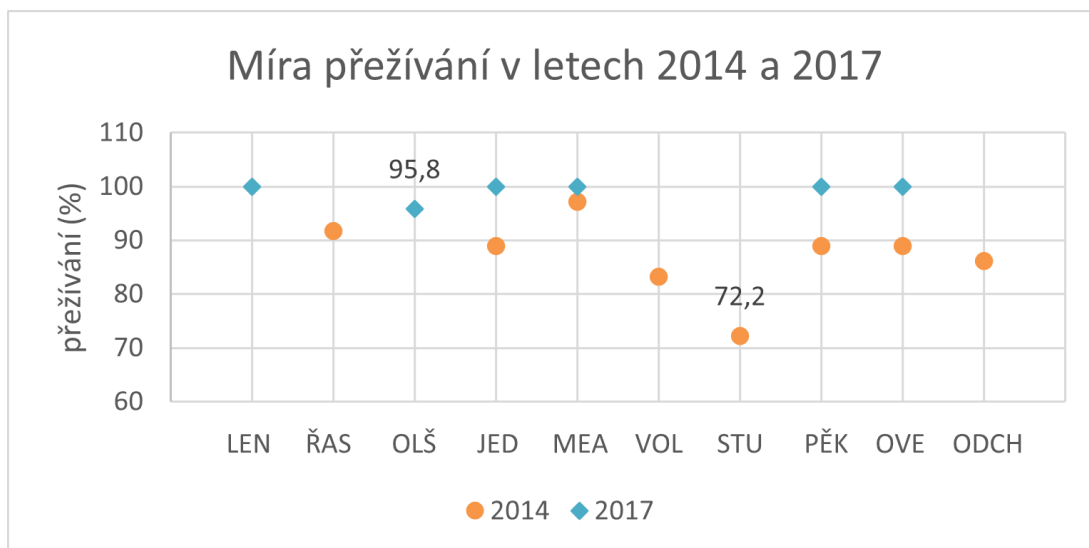
Přežívání juvenilních jedinců bylo rozdílné mezi jednotlivými lokalitami i lety (viz. Tab. 3). Jako nejvhodnější lokality pro přežívání juvenilních jedinců se jeví lokality Řasnice, Olšinka nebo Meandr, jejichž míra přežívání neklesla pod 90 % v žádném experimentálním roce. Srovnání je však výrazně limitováno chybějícími instalacemi na některých lokalitách v průběhu studovaného období. Z hlediska optimální sezóny se jevil nejlépe rok 2017. Naopak nejvyšší míru mortality zaznamenal rok 2014.

Tab. 3 Míra přežívání juvenilních jedinců (v %) na lokalitách během let 2014–2022

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
LEN			87,5	100	100	91,7	83,3	100	
ŘAS	91,7						100	100	
OLŠ		100	95,8	95,8	100	95,8			
JED	88,9	95,8	100	100	100	100	87,5	95,8	
MEA	97,2	91,7	95,8	100	95,8	95,8	95,8	94,4	100
VOL	83,3								
STU	72,2								
PĚK	88,9	95,8	91,7	100	100	100	87,5	100	
OVE	88,9	83,3	91,7	100	95,8	95,8	95,8	95,8	
ODCH	86,1	91,7							

Graf na Obr. 5 znázorňuje rozdíly v míře přežívání juvenilů mezi lety 2014 a 2017. V pohledu přežívání ve slabším roce 2014 nedosáhla ani jedna z lokalit stoprocentního výsledku. Nejvyšší míru mortality vykazuje lokalita Studená se 72,2 %. Tato lokalita se nedá dobře porovnávat se zbylými roky, jelikož byla měřena pouze v jednom roce (2014). Nejpozitivnější míra přežívání v roce 2014 byla zjištěna u lokality Meandr. Hodnoty roku 2017 naopak vykreslují téměř stoprocentní míru přežívání na všech měřených lokalitách. Pouze lokalita Olšinka zaznamenala jednoho uhynulého jedince (95,8 % míra přežívání).

Souhrnný graf míry přežívání juvenilních jedinců viz. Příloha 7.



Obr. 5 Porovnání nízké míry přežívání v roce 2014 ( $n = 270$ ) a vysoké míry přežívání v roce 2017 ( $n = 144$ ); v roce 2014 nebyly měřeny lokality Lenora (LEN) a Olšinka (OLŠ), v roce 2017 nebyly měřeny lokality Řasnice (ŘAS), Volarský (VOL), Studená (STU) a Odchovna (ODCH); plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“

## 5.2 Jarní teploty předcházející experimentu

V tab. 4 jsou zobrazeny sumární hodnoty počtu dní, jejichž průměrná teplota přesáhla 20 °C. První sloupec znázorňuje počet dní nad 20 °C od začátku roku do posledního jarního dne, tedy 21. června. Nejteplejší sezónou ze sledovaných let byl rok 2018. Naopak nejstudenější sezónu charakterizoval rok 2022.

Druhý, třetí a zejména čtvrtý sloupec znázorňují druhou sadu teplot ve dnech, které předcházely experimentu. Z podílu dnů nad 20 °C do začátku expozice (v %) je patrné, že byla teplejší příslušná období let 2014, 2016, 2017, 2018. Rok 2015 z pohledu přírůstků příznivějších let zaostával.

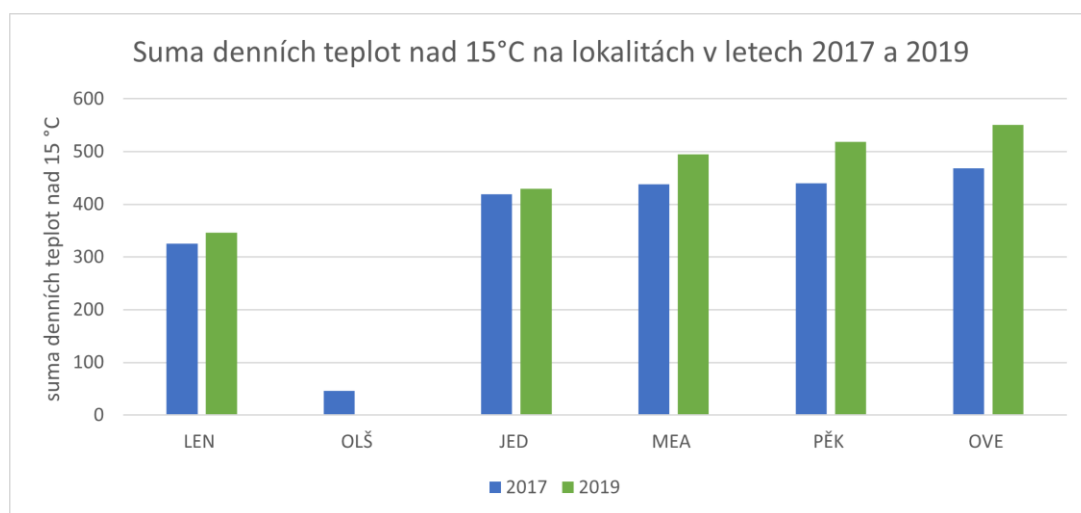
Tab. 4 Přehled počtu dní nad 20 °C předcházejících experimentu do 21.6. a do začátku expozice v jednotlivých letech, přehled počtu dní celkem do začátku expozice a podíl dnů s teplotou nad 20 °C do začátku expozice.

rok	počet dní nad 20 °C do 21.6.	počet dní nad 20 °C do začátku expozice	počet dní do začátku expozice	podíl dnů nad 20 °C do začátku expozice (%)
2014	31	66	209	32
2015	24	24	176	14
2016	29	66	213	31
2017	39	71	183	39
2018	57	84	214	39
2019	26	53	216	25
2020	28	36	206	17
2021	27	29	176	16
2022	21	21	157	13

### 5.3 Průběh teplotního režimu během bioindikací

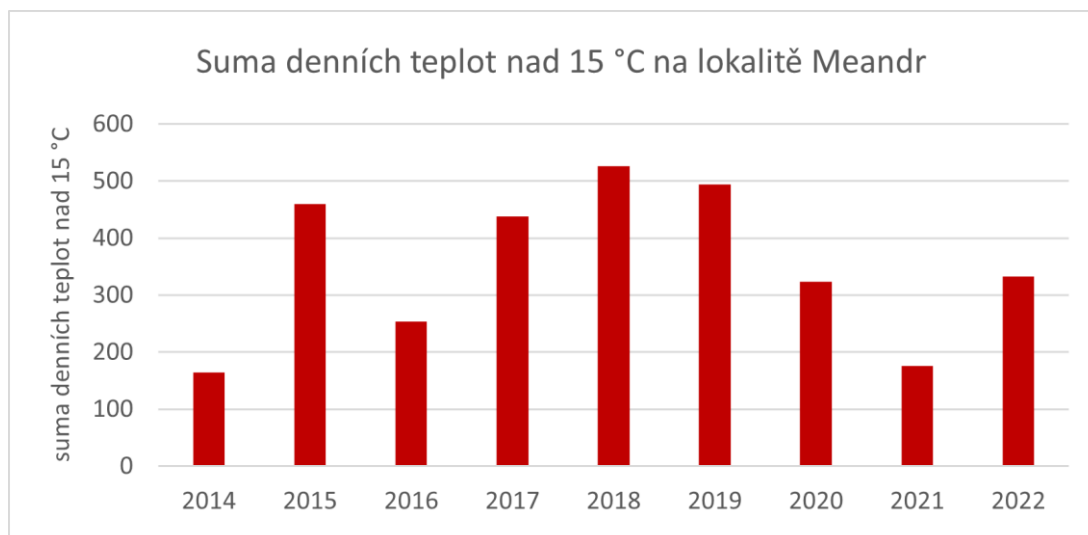
V grafu na Obr. 6 jsou porovnávány sumy denních teplot nad 15 °C v letech 2017 a 2019. Tyto roky představují nejlépe rostoucí jedince v souvislosti se sumou denních teplot nad 15 °C a zároveň mají přístup ke kompletním datům teplotního průběhu na všech měřených lokalitách (např. z roku 2018 chybí teplotní data lokality Ovesná). V roce 2019 byla suma denních teplot nad 15 °C na všech lokalitách vyšší než v roce 2017 kromě lokality Olšinka, jejíž suma denních teplot nad 15 °C činila 0 °C. Výrazný rozdíl sumy denních teplot nad 15 °C mezi lety byl zaznamenán u lokalit Meandr, Pěkná a Ovesná. U lokalit Lenora a Pod Jedlovým rozdíl mezi lety nebyl výrazný jako v nižších úsecích toku (MEA, PĚK, OVE).

Souhrnný graf sum denních teplot ve všech studovaných letech viz. Příloha 6.



Obr. 6 Suma denních teplot nad 15 °C na lokalitách v roce 2017 a v roce 2019, standardizováno na 30 dní; plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“

Lokalita Meandr, měřená po dobu všech devíti let, názorně ukazuje meziroční rozdíly v teplotním průběhu během experimentu na příslušné lokalitě (viz. Obr. 7). Suma denních teplot nad 15 °C v letech 2014, 2017, 2018 a 2019 přesáhla hranici 400 °C, přičemž v roce 2018 dokonce překonala hodnotu 500 °C. Pro srovnání, nejchladnější studované roky 2014 a 2021 nepřesáhly hranici ani 200 °C.



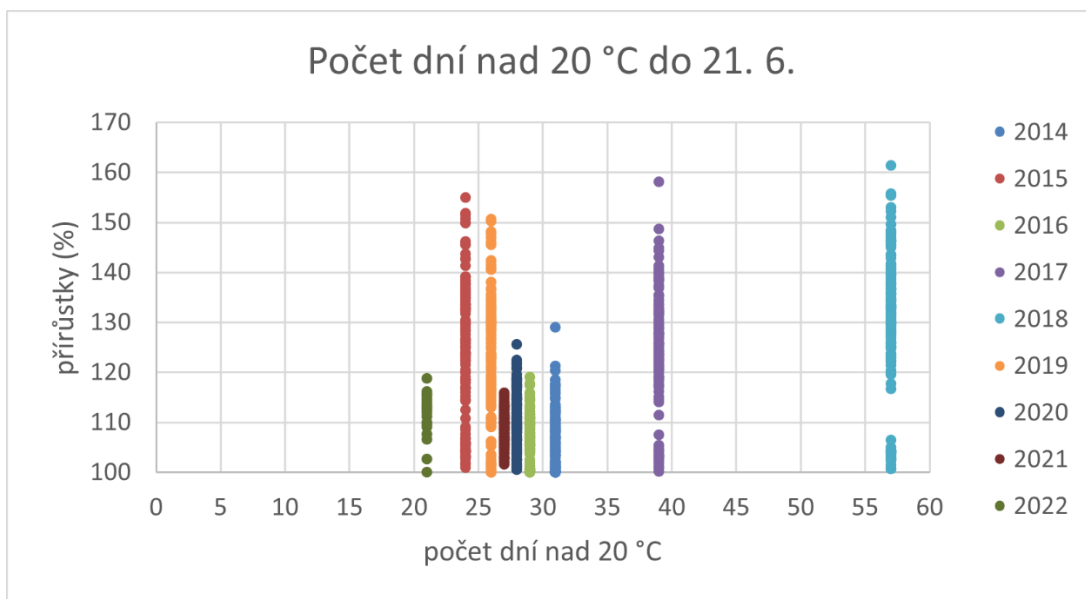
Obr. 7 Suma denních teplot nad 15 °C během devítiletého experimentu na lokalitě Meandr, standardizováno na 30 dní

## 5.4 Vliv průběhu teplot na přežívání a přírůstky juvenilních jedinců

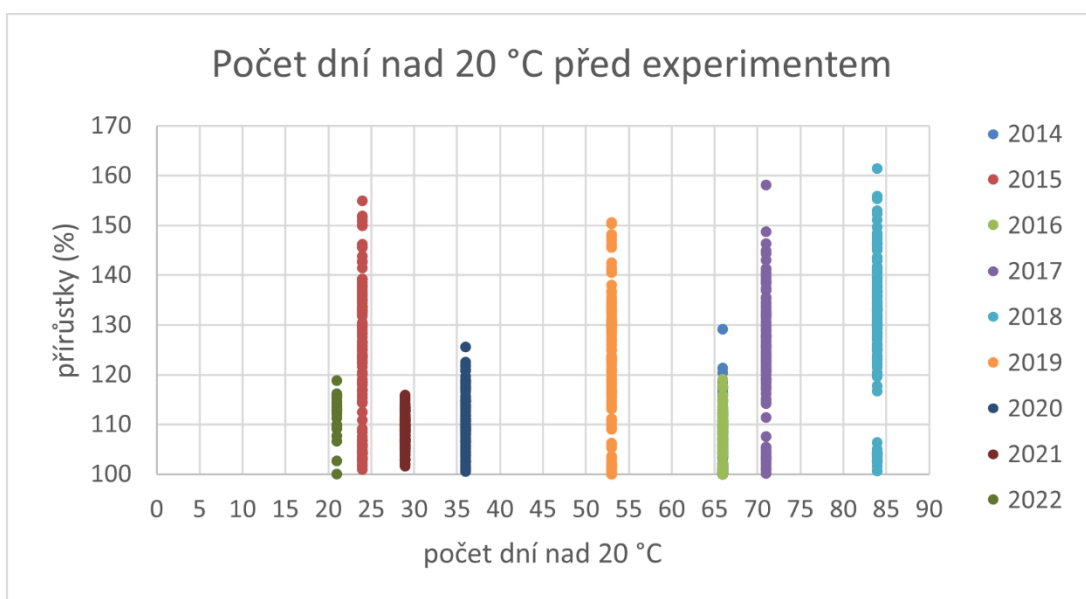
### 5.4.1 Vliv jarních teplot před experimentem

Teplotní průběh před experimentem nevykazuje ani u jedné sady hodnot jarních teplot lineární závislost mezi mírou přirůstání jedinců v jednotlivých letech a počtem dní nad 20 °C. Přírůstkově příznivější roky 2015 a 2019 dosahují v jarním období nižších teplot než přírůstkově nepříznivé roky 2014, 2016, 2020 a 2021 (viz. Obr. 8). Podobný jev je patrný i u Obr. 9 s ohledem na rozdílnou délku doby hodnocení do začátku instalace destiček (viz. Tab. 4). Přesto lze v obou grafech sledovat výjimku v roce 2018, který se pro obě sady jarních teplot jevil jako nejteplejší a zároveň i přírůstkově nejbohatší.

Grafické znázornění jarních teplot předcházejících experimentu na Obr. 8 se dá interpretovat i z druhého pohledu. Na růst příznivější roky byly na počet dní nad 20 °C různorodé, kdežto na růst nepříznivé roky se pohybovaly vždy okolo nižších jarních teplot. Obr. 9 podobnou skutečnost nevykazuje.



Obr. 8 Graf závislosti počtu dní nad 20 °C a přírůstků jedinců měřených v jarním období; přírůstky vyobrazeny průměrnými přírůstky jednotlivých jedinců



Obr. 9 Graf závislosti počtu dní nad 20 °C a přírůstků jedinců měřených do začátku expozice; přírůstky vyobrazeny průměrnými přírůstky jednotlivých jedinců

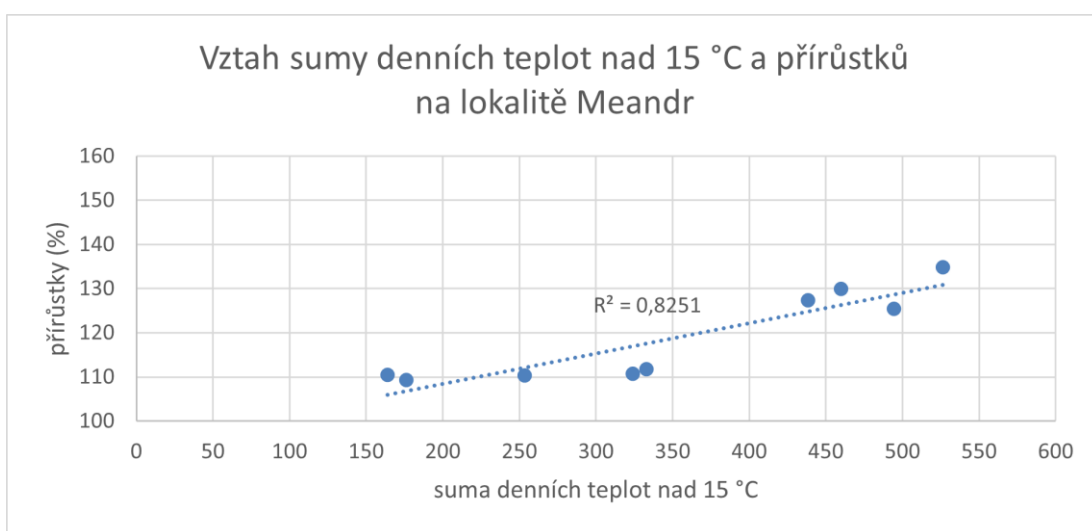
#### 5.4.2 Vliv sumy denních teplot během experimentu

Pozitivní závislost sumy denních teplot a přírůstků juvenilních jedinců zachycuje graf na Obr. 10 z lokality Meandr. Roky, které byly doprovázeny vyšší sumou denních teplot nad 15 °C, vykazovaly vyšší míru přirůstání jedinců než chladnější roky. Při porovnání grafu s Tab. 5 je zřetelný skokový rozdíl v přírůstcích

chladnějších let (2014, 2016, 2020, 2021, 2022) a teplejších let (2015, 2017, 2018 a 2019). Pozitivní korelace přírůstků jedinců a sumy denních teplot nad 15 °C se dá pozorovat i u dalších vybraných lokalit Lenora, Pod jedlovým, Pěkná a Ovesná (viz. Příloha 8).

Tab. 5 Závislost sumy denních teplot nad 15 °C a přírůstků na lokalitě Meandr v letech 2014–2022

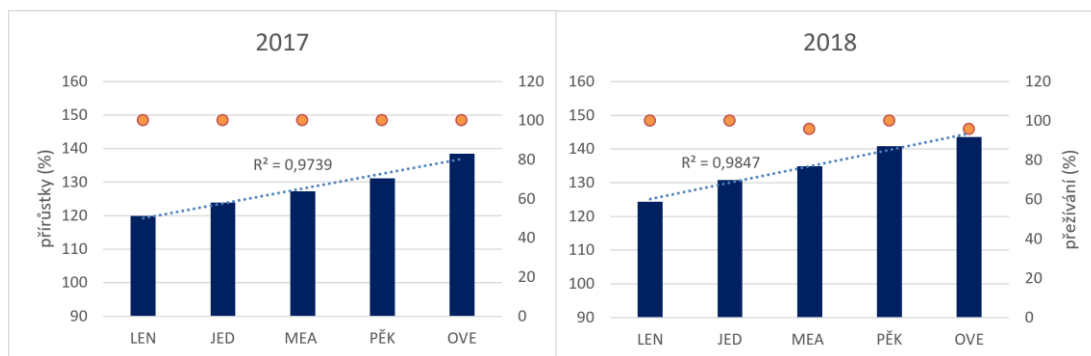
MEA	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
suma denních teplot nad 15 °C	163,86	460,02	253,6	438,45	526,3	494,49	323,91	176,33	333,08
přírůstky (%)	110,4	129,9	110,3	127,3	134,9	125,4	110,7	109,3	111,8



Obr. 10 Závislost sumy denních teplot nad 15 °C a přirůstání jedinců na lokalitě Meandr, body představují jednotlivé roky viz. Tab. 5

## 5.5 Hodnocené parametry na úrovni podélného profilu toku

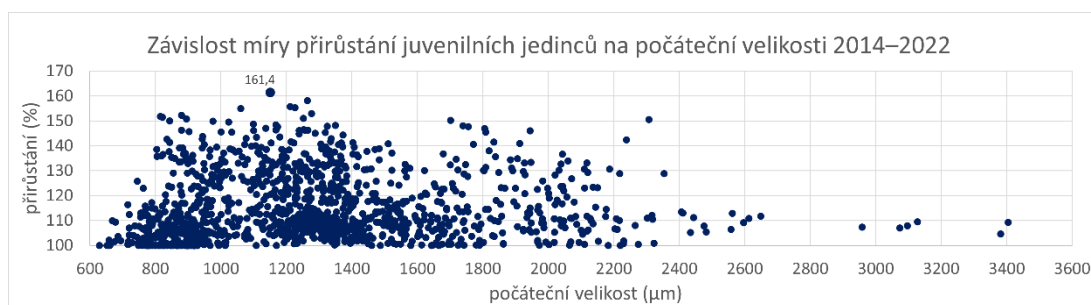
Při celkovém hodnocení podélného profilu toku Vltavy nebyl zjištěn výrazný pozitivní trend růstu jedinců v závislosti na vzdálenosti od pramene s výjimkou let 2017 a 2018 (viz. Příloha 9). V těchto letech bylo zjištěno zvyšování přírůstku jedinců od nejvýše položené lokality Lenora po nejnižší položenou lokalitu Ovesná viz. Obr. 11. Průměrné přežívání jedinců ve vyobrazených letech ukazuje téměř 100% míru přežívání, což se v porovnání s ostatními experimentálními roky v grafu v Příloze 7 liší.



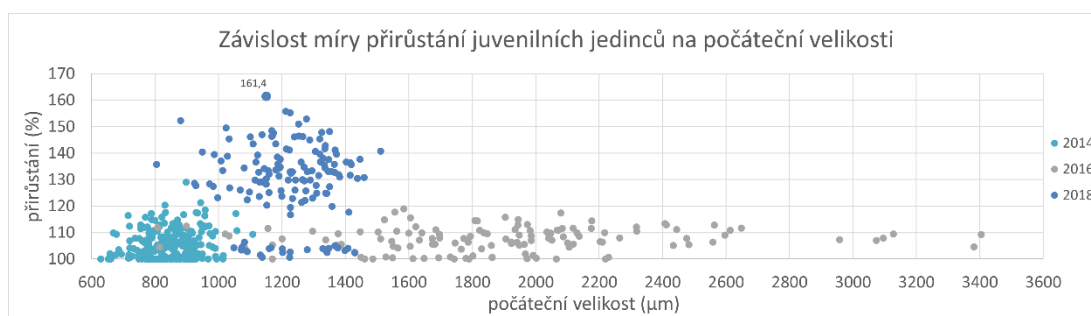
Obr. 11 Porovnání růstového trendu s narůstajícím říčním kilometrem v letech 2017 a 2018; přírůstky jsou reprezentovány sloupci (osa y, vlevo) a míra přežívání body (osa y, vpravo); plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“

## 5.6 Role vstupní velikosti jedinců na míře přírůstání

Zkoumání vlivu vstupní (počáteční) velikosti jedinců na jejich přírůstání bylo zjišťováno pouze u přeživších 1225 jedinců. Rozpětí počátečních velikostí všech jedinců sahalo přibližně od 600  $\mu\text{m}$  do 3400  $\mu\text{m}$  (viz Obr. 12).



Obr. 12 Závislost míry přírůstání jedinců na počáteční velikosti v letech 2014–2022, jedinec s největším přírůstkem je označen



Obr. 13 Závislost míry přírůstání jedinců na počáteční velikosti ve vybraných letech

Zajímavé výsledky přináší srovnání vybraných let s rozdílnými počátečními velikostmi jedinců a různou mírou přírůstání (viz. Obr. 13). Rok 2014 vykazuje malé přírůstání jedinců všech počátečních délek od 629  $\mu\text{m}$  do 1108  $\mu\text{m}$ . Mnohonásobně větší rozpětí počátečních délek (808,34 – 3404,83  $\mu\text{m}$ ) je pozorováno v roce 2016,

přičemž v grafu není ani v tomto případě viditelný vysoký přírůstek u žádného z jedinců. Naopak v roce 2018 jedinci vykazují znatelnou variabilitu přírůstků. Nejvyšší přírůstek ze všech sledovaných let vykázal jedinec v tomto roce s počáteční velikostí 1151  $\mu\text{m}$ .



## 6 Diskuse

Cílem této práce bylo vyhodnocení vlivu možných faktorů na růst a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční za pomoci bioindikačních metod in situ v povodí Teplé Vltavy a Blanice v letech 2014–2022.

Metody bioindikací ve volné vodě pomocí Buddensiekových destiček jsou z hlediska údržby méně náročné. Zároveň jedinci uložení v destičkách nepodléhají nedostatku nasycení vody kyslíkem, proto vykazují relativně dobré výsledky při přežívání. Úskalí této metody je vnímáno v nedostatku získávání informací o limitujících faktorech, které by za přirozených podmínek v intersticiální vodě ovlivňovaly růst a úmrtnost juvenilů (Simon et al. 2018). Nejnovější výzkumy představují inovativnější metody zaměřené do hyporeální zóny. Příkladem mohou být válcové síťové sondy (Bílý et al. 2021) instalované do říčního dna.

V této práci byly využity pro bioindikace ve volné vodě modifikované Buddensiekovy destičky. Každá destička obsahovala v jednotlivých komůrkách přesně 6 mladých jedinců. Stejný počet šesti jedinců při experimentu uvádí i Černá et al. (2018). Jiní autoři do každé destičky umísťovali větší počet juvenilních jedinců (Schmidt a Vandré 2010, Lange a Selheim 2011, Denic et al. 2015). Někteří z nich za účelem polopřirozeného odchovu (Buddensiek 1995).

### **Přírůstky, přežívání a suma denních teplot nad 15 °C**

Na základě první části výsledků byla vyzorována pozitivní korelace mezi sumou denních teplot nad 15 °C a mírou přírůstání jedinců. Tím byly potvrzeny výzkumy dalších autorů (Hruška 1992, Dunca et al. 2011, Denic et al. 2015, Černá et al. 2018). Klíčovou průměrnou teplotu 15+ °C po dobu 14 dní komentuje Hruška (1992) ve spojitosti s úspěšným dokončením metamorfózy larválního stádia perlorodek. Stejně důležitou roli hraje podle něj i teplota pro růst adultních jedinců. Horní hranice teploty vody pro biotop perlorodky říční je uváděna 20 °C s krátkodobým maximem 23 °C (AOPK ČR 2013 ex. Absolon a Hruška 1999). Z výsledků této práce lze tvrdit, že nejlépe rostoucím jedincům se dařilo při průměrných letních teplotách nad 15 °C oscilujících zejména kolem hodnoty 20 °C, konkrétně v letech 2015, 2017, 2018 a 2019. Suma denních teplot nad 15 °C, jež by nejlépe odpovídala maximálním přírůstkům vyjmenovaných let, se pohybovala okolo 450–550 denních stupňů. Mezi chladnějšími a teplejšími lety byl zaznamenán skokový

rozdíl pod 350 °C pro chladnější roky a nad 400 °C pro roky teplejší. Při nižších průměrných denních teplotách pod 15 °C byla sledována nižší míra přírůstání např. na lokalitě Olšinka, která dlouhodobě zaostávala oproti průměru. Podle Michala Bílého (2023, in verb) lokalita Olšinka zůstává chladnější oproti lokalitám na teplotně stabilnějším profilu Teplé Vltavy. Jelikož tekoucí voda přítoku protéká pod krytem stromové vegetace a překonává větší výškový rozdíl v profilu za krátký čas, nedochází k ohřátí turbulentně proudící vody potoka. Nízké přírůstky pozorovali i Černá et al. (2018) v experimentálním roce 2014 u lokalit, které dosahovaly průměrných teplot do 14 °C. Oproti tomu Denic et al. (2015) při svém výzkumu popsali nižší teplotní minimum pro úspěšnou míru přírůstání. Řeky s nejnižší průměrnou teplotou 13,5 °C vykazovaly lepší přírůstkovou bilanci než řeka s maximální průměrnou teplotou do 12,8 °C.

Jistou závislost mezi přírůstkou juvenilních jedinců a mírou přežívání popsali Lange a Selheim (2011) ve své publikaci. Podle jejich poznatků potok (B) s největšími přírůstkou dosahoval zároveň největší míry přežívání. Průměrná teplota potoka se pohybovala okolo 15 °C a ke 20 °C vystoupala jen velice ojediněle. Tok (A) s vyšší průměrnou teplotou a potok (C) s nižší průměrnou teplotou vykazovaly nízkou míru přežívání s nižší mírou přírůstání. K odlišným závěrům došli Schmidt a Vandré (2010), kteří korelaci přírůstků a přežívání jedinců nevypozorovali v žádném ze svých experimentů. Juvenilní jedinci byli schopni přežít po dlouhou dobu za nepřístupu kvalitní potravy a s malými přírůstkou. Výsledky této práce se přiklánějí k oběma navzájem protichůdným tvrzením. Téměř 100% míru přežívání zaznamenaly roky 2017 a 2018, u kterých byly vyhodnoceny nejvyšší přírůstky jedinců. Tento jev ale není patrný u ostatních let, kde míra přežívání kolísala nezávisle na přírůstání jedinců.

### **Přírůstky a poloha lokality**

Podélný profil toku byl reprezentován ve směru proudu lokalitami Lenora, Pod Jedlovým, Meandr, Pěkná a Ovesná. Výzkumem možné závislosti přírůstků a přežívání juvenilů na poloze lokality v toku se zabývali Černá et al. (2018). V roce 2015 odhalili lineární vztah mezi přírůstkou juvenilních jedinců a délkou říčního kilometru. Za hlavní faktory ovlivňující tento trend byla považována teplota vody a úživnost potravního detritu. V roce 2014 nebyl zjištěn obdobný trend, jelikož se míra přírůstání začala od lokality Meandr dále snižovat. I přestože se část této práce

věnovala stejnému vstupnímu data setu z let 2014 a 2015, grafy vykazují rozdílné výsledky. Jedním z důvodů by mohl být odlišný výpočetní systém. Zatímco Černá et al. (2018) využívala ověřenou výpočetní metodu 3 MAX, tj. průměrná hodnota tří nejvzrostlejších jedinců, v této práci byl zprůměrován přírůstek všech 6 jedinců v každé destičce. Zároveň byla data procentuálních přírůstků normalizována z absolutní délky expozice na jednotnou třicetidenní dobu expozice. Ze všech devíti experimentálních let byl vzrůstající trend nalezen pouze v letech 2017 a 2018. U ostatních let vždy jedna z lokalit v podélném profilu toku z nejasných důvodů zaostávala.

### **Přírůstky a jarní teploty před experimentem**

Úživnost detritu je považována za jeden z rozhodujících faktorů přirůstání a přežívání juvenilních jedinců (Lange a Selheim 2011, Eybe et al. 2013). Vyšší teplota je předpokladem pro rychlejší rozklad organické hmoty ve zkoumané nadmořské výšce 728–758 m n. m. (Hruška 1996). Tento faktor byl zohledněn při hodnocení výsledků této práce z hlediska počtu dnů nad 20 °C před expozicí. Z výsledků nebyla patrná regresní křivka ukazující významný trend ani v jedné sadě teplot předcházejících experimentu. Přesto se dá pozorovat, že přírůstkově méně příznivější roky zaznamenaly chladnější jarní teploty do konce června než přírůstkově příznivější roky. Ty se totiž teplotním průběhem v jarním období lišily více. Kupříkladu rok 2014, jenž byl z pohledu přirůstání jedinců hodnocen jako nepříznivý, dosahoval většího počtu dní nad 20 °C než na růst příznivější roky 2015 a 2019.

Mikroskopické detritové partikule jsou aktivně unášeny proudem toku. Transport detritu je rychlý a urychluje se s vyššími průtoky (Simon et al. 2018). Je tedy pravděpodobné, že proces rozkladu organické hmoty a následné unášení proudem v jarním období nemá vliv na růst jedinců exponovaných do terénu v letních měsících.

### **Přírůstky, přežívání a vstupní velikost jedinců**

Faktor vstupní velikosti jedinců ve svém výzkumu sledoval Buddensiek (1995). U jedinců menších než 700  $\mu\text{m}$  vyzoroval 100% mortalitu během první zimy. Pouze jedinci větší než 900  $\mu\text{m}$  podle něj měli 50% šanci na přežití. V této práci vykazovali jedinci úmrtnost v různých počátečních velikostech v rozmezí 674–2706  $\mu\text{m}$ . Je ale pravděpodobné, že by tito jedinci při dlouhodobějším vystavení v terénu reagovali na

přežívání podle své počáteční velikosti odlišně. Z pohledu přirůstání jedinců byly patrné nižší přírůstky u jedinců menších než 700  $\mu\text{m}$  nebo u jedinců větších než 2400  $\mu\text{m}$ . Při důkladnějším zkoumání bylo zjištěno, že jedinci těchto počátečních délek byli exponováni v méně příznivějších letech 2014 a 2016. Simon et al. (2018) uvádí, že větší jedinci přirůstají rychleji absolutně i relativně. Z této části výsledků ale vyplývá, že teplota vody má větší vliv na měřené parametry než vstupní velikost jedinců.

## 7 Závěr

Tato práce je zaměřena na vyhodnocení faktorů, zejména teplotního průběhu, polohy lokality v rámci podélného profilu toku nebo vstupní velikosti jedinců, které mohou mít vliv na přirůstání a přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční v bioindikačních destičkách ve volné vodě.

Sběr dat probíhal v rámci Záchraného programu perlorodky říční v ČR na vybraných lokalitách v povodí Teplé Vltavy a Blanice mezi lety 2014 a 2022. Celkem bylo do terénu vystaveno 222 Buddensiekových destiček, z čehož jich bylo následně 216 úspěšně deinstalováno. Sklizené destičky obsahovaly dohromady 1296 jedinců, kteří byli zahrnuti do výsledných analýz. Míra přežívání juvenilních jedinců činila 94 %. Uhynulí jedinci nevykazovali známky pohybu či u nich byla patrná koroze schránky.

Z pohledu míry přirůstání byly vyšší přírůstky jedinců pozorovány u lokalit na hlavním profilu toku. Jedinci vystavení na lokalitách přítoků nevykazovali výrazný růst, pravděpodobně z důvodu chladnější vody toku. Role teplotního průběhu během doby expozice se jevila jako jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňující juvenilní jedince. V teplejších letech 2015, 2017, 2018 a 2019 dosahovaly přírůstky na lokalitách Meandr, Pěkná a Ovesná přes 120 %. Suma denních teplot nad 15 °C nejlépe odpovídající přírůstkově příznivějším sezónám činila zhruba 450–550 °C. U chladnějších let byl pozorován skokový rozdíl přirůstání jedinců v závislosti na teplotě. V souvislosti s vyššími teplotami během letních experimentálních měsíců byl patrný lineární vztah mezi přírůstkem a polohou lokalit na toku. Průměrné přírůstky stoupali od nejvýše položené lokality Lenora po nejnižše položenou lokalitu Ovesná. Tento jev byl pozorován zejména v letech 2017 a 2018. Ve zbylých letech vždy nejméně jedna z lokalit zaostávala.

U faktorů jarních teplot před experimentem ani u vstupní velikosti jedinců nebyl pozorován vliv na přirůstání nebo přežívání juvenilních jedinců. Nicméně faktor vstupní velikosti jedinců by mohl při důkladnější analýze s ohledem na všechny parametry ukázat zajímavější výsledky. Faktor jarních teplot by zase mohl mít přínos při dalších bioindikacích např. v hyporeální zóně nebo při potenciálních jarních experimentech.

## 8 Literatura

- AOPK ČR, 2013: Záchraný program perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* v České republice. AOPK ČR, Praha, 77 s.
- Araujo R. & Ramos M. A., 2001: Action plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. *Nature and environment* 117, 29–66.
- Bauer G., 1988: Threats to the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation* 45, 239–253.
- Beran L., 1998: Vodní měkkýši ČR. ZO ČSOP Vlašim, Vlašim, 113 s. ISBN 80-902469-4-X.
- Bílý M., Němčíková S., Simon O. P., Douda K., Barák V., Dort B., 2018: Bioindication Testing of Stream Environment Sustainability for Young Freshwater Pearl Mussels Using *In Situ* Exposure Methods. *Journal of Visualized Experiments* 139, e57446.
- Bílý M., Simon O., Barák V., Jahelková V., 2021: Occurrence depth of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a river bed tested by experimental mesh tubes. *Hydrobiologia* 848, 3127–3139.
- 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.
- Černá M., Simon O. P., Bílý M., Douda K., Dort B., Galová M., Volfová M., 2018: Within-river variation in growth and survival of juvenile freshwater pearl mussels assessed by in situ exposure methods. *Hydrobiologia* 810, 393–414.
- Denic M., Taeubert J.-E., Lange M., Thielen F., Scheder Ch., Gumpinger C., Geist J., 2015: Influence of stock origin and environmental conditions on the survival and growth of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a cross-exposure experiment. *Limnologica* 50, 67–74.
- Dunca E., Söderberg H., Norrgrann O., 2011: Shell growth and age determination in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Sweden: natural versus limed streams. *Ferrantia* 64, 48–58.
- Eybe T., Thielen F., Bohn T., Sures B., 2013: The first millimetre – rearing juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.) in plastic boxes. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 23, 964–975.

- 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.
- Geist J., 2010: Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia* 644, 69–88.
- Gum B., Lange M., Geist J., 2011: A critical reflection on the success of rearing and culturing juvenile freshwater mussels with focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 21, 743–751.
- Hastie L. C. & Young M. R., 2003: Timing of spawning and glochidial release in Scottish freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) populations. *Freshwater Biology* 48, 2107–2117.
- Hruška J., 1991: Záchrana a obnovení reprodukce perlorodky říční v ČR – závěrečná zpráva (1985-1990). Volary, 39 s. "nepublikováno". Dep.: Knihovna Agentury ochrany přírody a krajiny ČR.
- Hruška J., 1992: The freshwater pearl mussel in South Bohemia: Evaluation of the effect of temperature on reproduction, growth and age structure of the population. *Archiv für Hydrobiologie* 126, 181–191.
- Hruška J., 1996: Program Margaritifera – výsledná zpráva za období 11/1995–10/1996. AOPK ČR Praha, Volary, 70 s. "nepublikováno". Dep.: Knihovna Agentury ochrany přírody a krajiny ČR.
- Lange M. & Selheim H., 2011: Growing factors of juvenile freshwater pearl mussels and their characteristics in selected pearl mussel habitats in Saxony (Germany). *Ferrantia* 64, 30–37.
- Lellák J., Kubíček F., 1992: *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 256 s., ISBN 80-7066-530-0.
- Österling E. M., 2015: Timing, growth and proportion of spawners of the threatened unionoid mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of water temperature, turbidity and mussel density. *Aquatic Sciences* 77, 1–8.
- Preston S. J., Keys A., Roberts D., 2007: Culturing freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: a breakthrough in the conservation of an endangered species. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 17, 539–549.

- Scriven K., Jones H., Taylor J., Aldridge D. C., McIvor A., 2011: A novel system for rearing freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (Bivalvia, Margaritiferidae), at Mawddach Fish Hatchery in Wales, UK. *Ferrantia* 64, 23–29.
- Scheder Ch., Gumpinger C., Csar D., 2011: Application of a five-stage field key for the larval development of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* Linné, 1758) under different temperature conditions – A tool for the approximation of the optimum time for host fish infection in captive breeding. *Ferrantia* 64, 13–22.
- Schmidt C. & Vandré R., 2010: Ten years of experience in the rearing of young freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*). *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 20, 735–747.
- Simon O. P., Van ckov I., B ly M., Douda K., Patzenhauerov H., Hruška J., Peltnov A., 2015: The status of freshwater pearl mussel in the Czech Republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. *Limnologica* 50, 11–20.
- Simon O., Tich K., Rambouskov K., B ly M.,  ern M., Dort B., Horckov J., Hruška J., Kladivov V., Švanyga J., Vydrov A., 2018: Metodika podpory perlorodky r  n  (*Margaritifera margaritifera*). V V TGM, Praha, 283 s., ISBN 978-80-87402-64-1.
- Taeubert J. E., Geist J., 2017: The Relationship between the Freshwater Pearl Mussel and Its Hosts. *Biology Bulletin* 44, 67–73.
- Valenta M., 1994: Šumava Biosphere Reserve. Empora, Prague, 14 s., ISBN 9788085779226;8085779226.
- Young M. & Williams J., 1983: The Status and Conservation of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* Linn. In Great Britain. *Biological Conservation* 25, 35–52.
- Ziuganov V., Zotin A., Nezhlin L., Tretiakov V., 1994: The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish. VNIRO Publishing House, Moscow, 104 s., ISBN 5-85382-126-1.

### **Legislativní zdroje**

Zkon  . 114/1992 Sb., o ochraně p rody a krajiny, v platn m znění.

Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně p rodn ch stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, v platn m znění.



Vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

### **Internetové zdroje**

ČHMÚ, ©2023: Hlásná a předpovědní povodňová služba (online) [cit. 2023. 02. 23.] dostupné z <<https://hydro.chmi.cz>>.

ImageJ, ©2023: Image Processing and Analysis in Java (online) [cit. 2023. 02. 23.] dostupné z <<https://imagej.net/ij/>>.

IUCN, ©2023. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2 (online) [cit. 2023. 02. 10.] dostupné z <<https://www.iucnredlist.org>>.

NP Šumava, ©2008-2023: Národní park Šumava (online) [cit. 2023. 03. 15.] dostupné z <<https://www.npsumava.cz/priroda/prirodni-pomery/>>.

## 9 Seznam tabulek

- Tab. 1 Přehled absolutní doby expozice ve dnech na lokalitách během jednotlivých let; \*rozdílná doba expozice pro část destiček na lokalitě MEA..... **16**
- Tab. 2 Přehled počtu úspěšně sklizených destiček z lokalit v jednotlivých letech, oranžové buňky zobrazují dostupnost teplotních dat, bezbarvé buňky bez teplotních dat..... **19**
- Tab. 3 Míra přežívání juvenilních jedinců (v %) na lokalitách během let 2014–2022 **23**
- Tab. 4 Přehled počtu dní nad 20 °C předcházejících experimentu do 21.6. a do začátku expozice v jednotlivých letech, přehled počtu dní celkem do začátku expozice a podíl dnů s teplotou nad 20 °C do začátku expozice. .... **24**
- Tab. 5 Závislost sumy denních teplot nad 15 °C a přírůstků na lokalitě Meandr v letech 2014–2022 ..... **28**

## 10 Seznam obrázků

- Obr. 1 Mapa studovaných lokalit v povodí řeky Vltavy a řeky Blanice (převzato z Černá et al. 2018, upraveno) ..... **15**
- Obr. 2 Orientační souhrnný graf míry přírůstání na všech lokalitách v letech 2014–2022, Celkový počet jedinců (n)= 1296..... **21**
- Obr. 3 Míra přírůstání jedinců se směrodatnou odchylkou na reprezentativní lokalitě Meandr v průběhu devíti let; linie odděluje roky s nižšími a vyššími přírůstky; n = 1296 ..... **22**
- Obr. 4 Porovnání grafů přírůstků jedinců ve vybraném nepříznivém (2016, vlevo; n = 138) a příznivém roce (2018, vpravo; n = 144); přírůstky jsou reprezentovány sloupci se směrodatnou odchylkou, sloupce s nejvyšším průměrným přírůstkem v každém roce jsou popsány; plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“ ..... **22**
- Obr. 5 Porovnání nízké míry přežívání v roce 2014 (n = 270) a vysoké míry přežívání v roce 2017 (n = 144); v roce 2014 nebyly měřeny lokality Lenora (LEN) a Olšinka (OLŠ), v roce 2017 nebyly měřeny lokality Rasnice (RAS), Volarský (VOL), Studená (STU) a Odchovna (ODCH); plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“ ..... **24**
- Obr. 6 Suma denních teplot nad 15 °C na lokalitách v roce 2017 a v roce 2019, standardizováno na 30 dní; plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“ ..... **25**
- Obr. 7 Suma denních teplot nad 15 °C během devítiletého experimentu na lokalitě Meandr, standardizováno na 30 dní ..... **26**
- Obr. 8 Graf závislosti počtu dní nad 20 °C a přírůstků jedinců měřených v jarním období; přírůstky vyobrazeny průměrnými přírůstky jednotlivých jedinců **27**
- Obr. 9 Graf závislosti počtu dní nad 20 °C a přírůstků jedinců měřených do začátku expozice; přírůstky vyobrazeny průměrnými přírůstky jednotlivých jedinců **27**
- Obr. 10 Závislost sumy denních teplot nad 15 °C a přírůstání jedinců na lokalitě Meandr, modré body představují jednotlivé roky viz. Tab. 5..... **28**
- Obr. 11 Porovnání růstového trendu s narůstajícím říčním kilometrem v letech 2017 a 2018; přírůstky jsou reprezentovány sloupci a míra přežívání body; plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“ ..... **29**
- Obr. 12 Závislost míry přírůstání jedinců na počáteční velikosti v letech 2014–2022, jedinec s největším přírůstkem je označen..... **29**
- Obr. 13 Závislost míry přírůstání jedinců na počáteční velikosti ve vybraných letech **29**

## 11 Seznam příloh

Příloha 1	Adultní jedinec perlorodky říční; © Ondřej Simon .....	<b>I</b>
Příloha 2	Juvenilní jedinci perlorodky říční; © Jan Švanyga .....	<b>I</b>
Příloha 3	Technické schéma destičky; © Vojtěch Barák .....	<b>II</b>
Příloha 4	Destička nainstalovaná v terénu se záznamovým teploměrem HOBOPendant; © Jan Švanyga.....	<b>II</b>
Příloha 5	Souhrnný graf přírůstků a přežívání juvenilních jedinců na lokalitách v letech 2014–2022 .....	<b>III</b>
Příloha 6	Souhrnný graf sum denních teplot nad 15 °C na lokalitách v letech 2014–2022.....	<b>IV</b>
Příloha 7	Míra přežívání juvenilních jedinců na lokalitách během let 2014–2022 .	<b>V</b>
Příloha 8	Závislost sumy denních teplot nad 15 °C a přírůstky jedinců na vybraných lokalitách .....	<b>V</b>
Příloha 9	Přehledný graf přirůstání a přežívání juvenilních jedinců na lokalitách podélného profilu toku v letech 2014–2022.....	<b>VI</b>
Příloha 10	Série grafů závislosti počáteční velikosti jedinců na jejich přirůstání podle roku expozice .....	<b>VII</b>

## 12 Samostatné přílohy

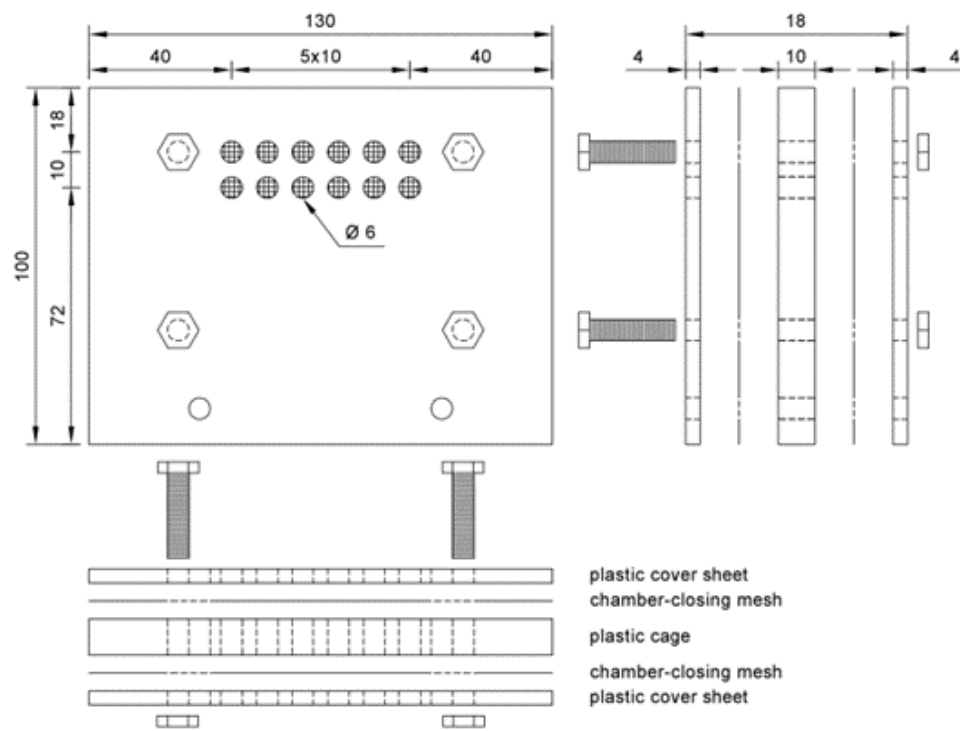
**Příloha 1**     Adultní jedinec perlorodky říční; © Ondřej Simon



**Příloha 2**     Juvenilní jedinci perlorodky říční; © Jan Švanyga



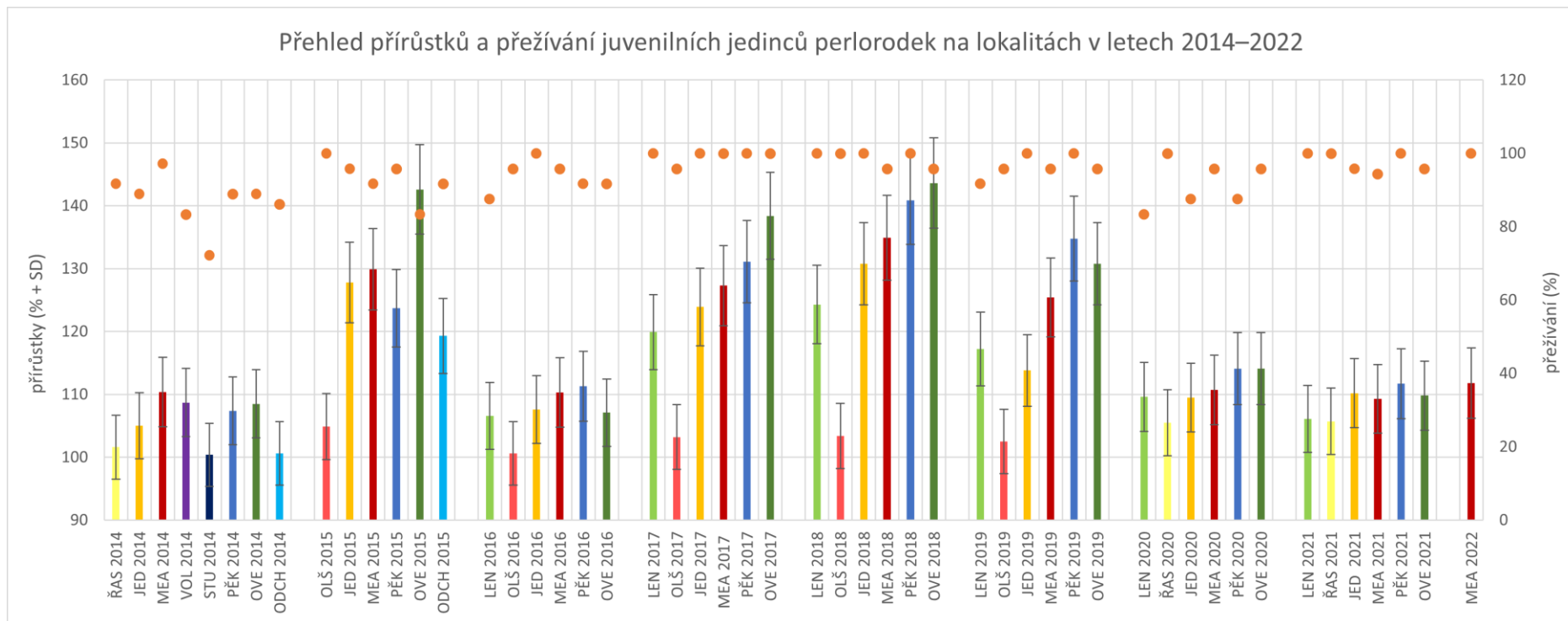
**Příloha 3** Technické schéma destičky; © Vojtěch Barák



**Příloha 4** Destička nainstalovaná v terénu se záznamovým teploměrem HOBO-Pendant; © Jan Švanyga

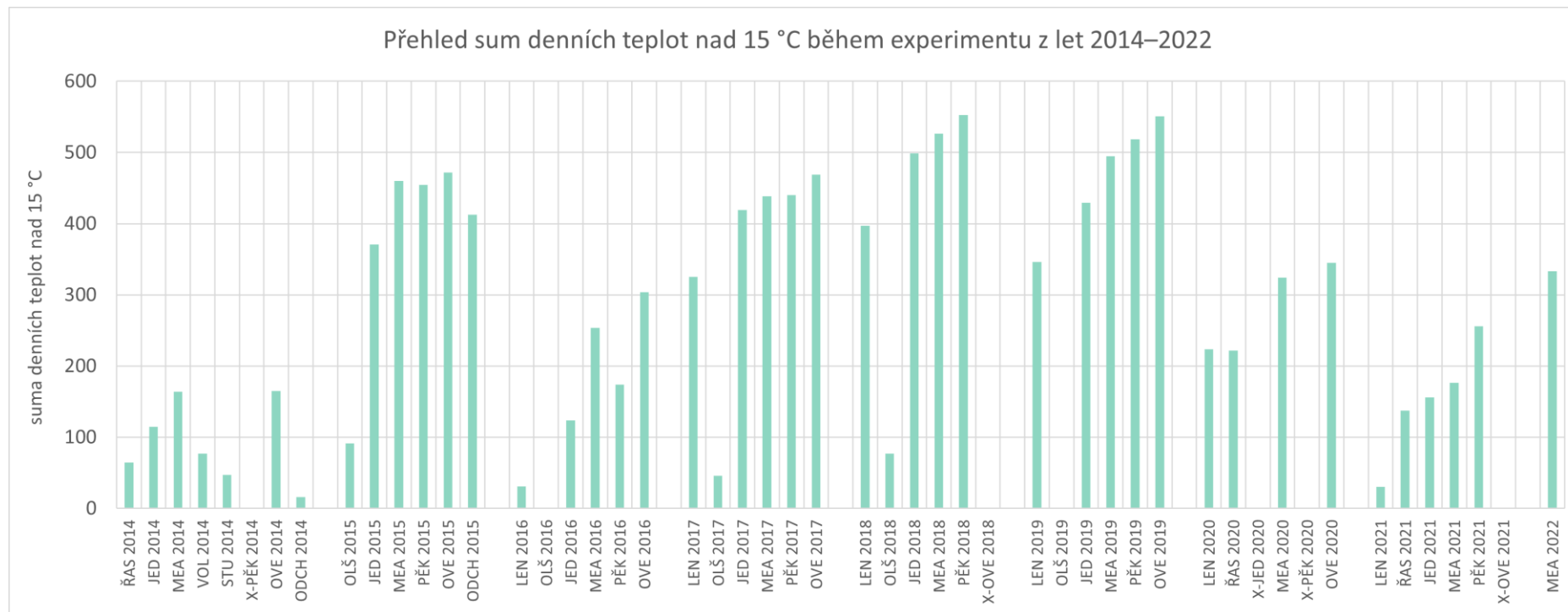


**Příloha 5** Souhrnný graf přírůstků a přežívání juvenilních jedinců na lokalitách v letech 2014–2022



*Průměrné přírůstky v procentech značené barevnými sloupci se směrodatnou odchylkou (osa y, vlevo); lokalita JED (oranžová), LEN (světle zelená), MEA (červená), ODC (světle modrá), OLŠ (růžová), OVE (tmavě zelená), PĚK (modrá), ŘAS (žlutá), STU (tmavě modrá), VOL (fialová); míra přežívání v procentech značená body (osa y, vpravo); plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“; n = 1296*

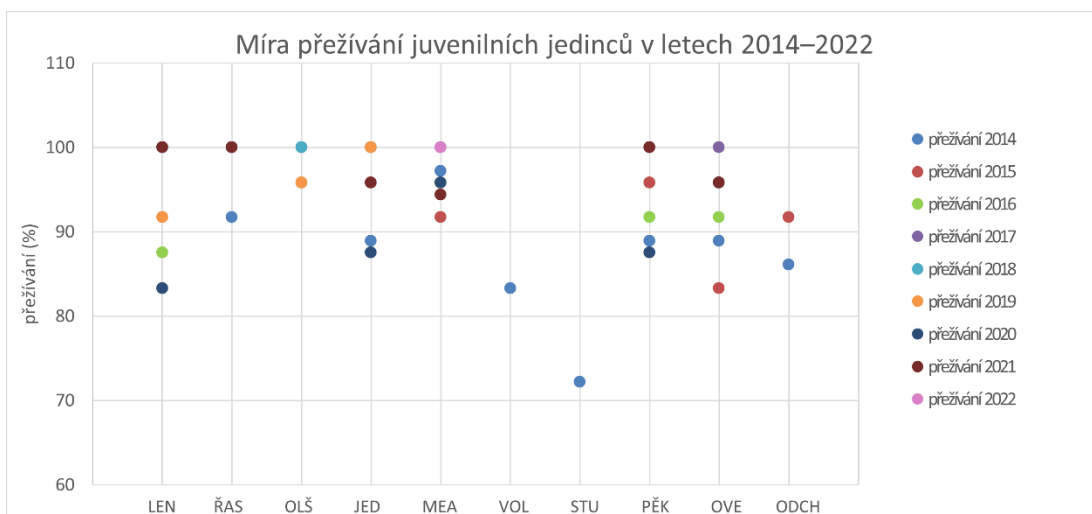
**Příloha 6** Souhrnný graf sum denních teplot nad 15 °C na lokalitách v letech 2014–2022



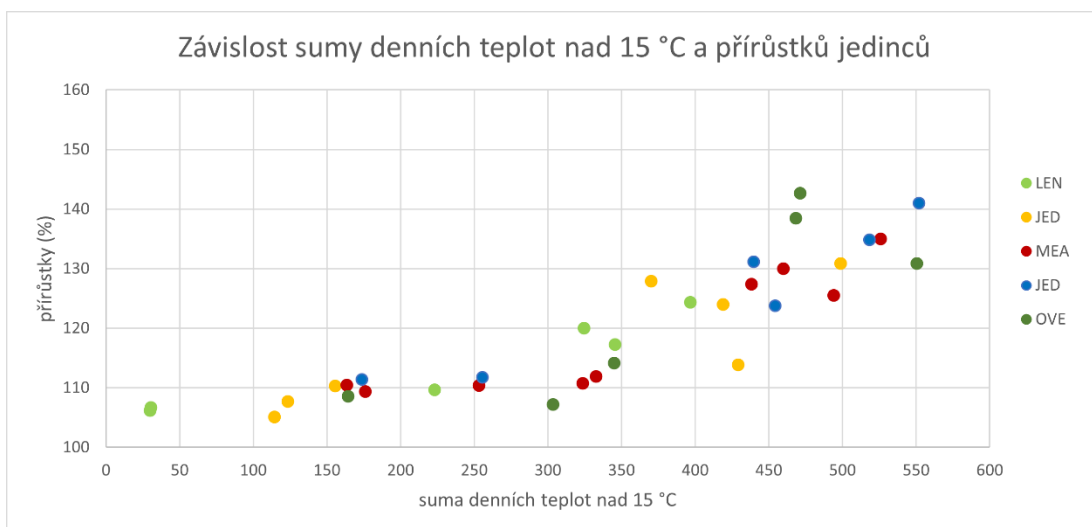
*Suma denních teplot nad 15 °C značena sloupci, lokality s předponou „X-“ neobsahují teplotní data; plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“*



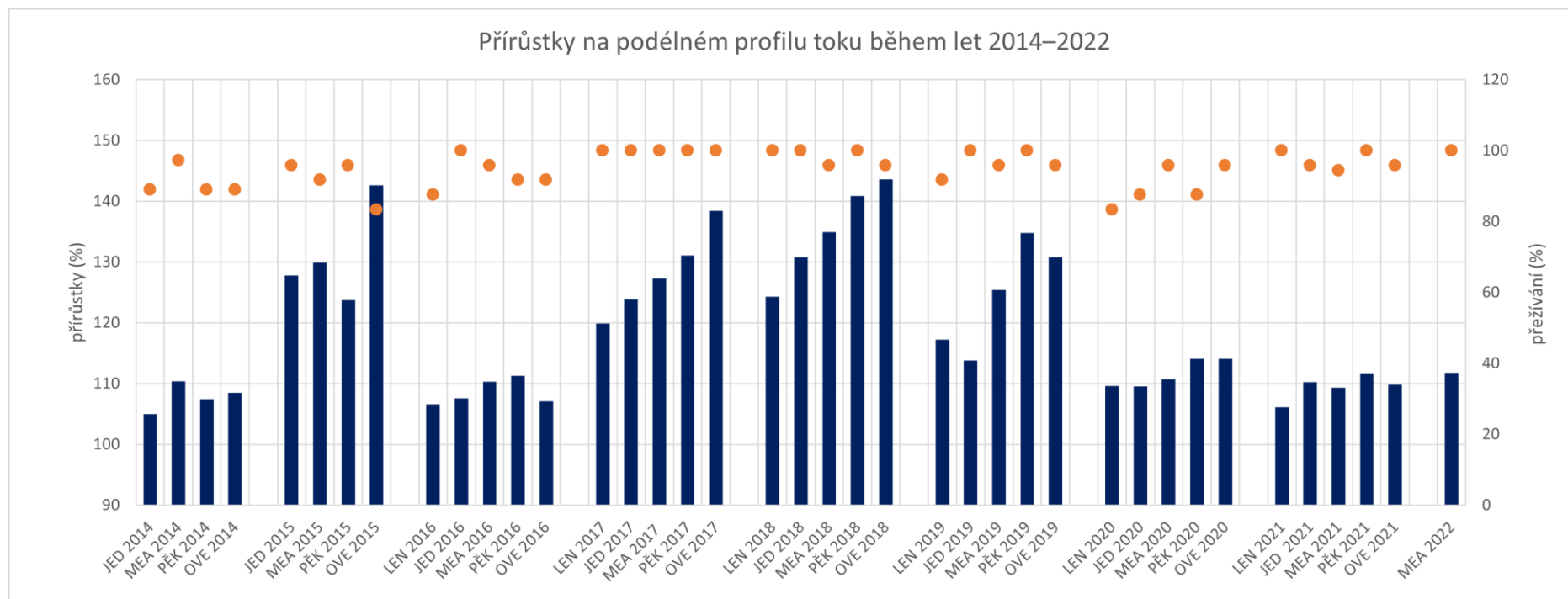
**Příloha 7** Míra přežívání juvenilních jedinců na lokalitách během let 2014–2022



**Příloha 8** Závislost sumy denních teplot nad 15 °C a přírůstky jedinců na vybraných lokalitách



**Příloha 9** Přehledný graf přírůstků a přežívání juvenilních jedinců na lokalitách podélného profilu toku v letech 2014–2022



Průměrné přírůstky v procentech jedinců značeny sloupci (osa y, vlevo); míra přežívání značena body (osa y, vpravo); plné názvy lokalit viz. kapitola 4.1. „Popis studovaných lokalit“

**Příloha 10** Série grafů závislosti počáteční velikosti jedinců na jejich přirůstání podle roku expozice

