

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů

Katedra: Katedra biologických disciplín

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Růst a přežívání perlorodky říční (*Margaritifera
margaritifera*) pro bioindikační účely**

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.

Konzultant: Ing. Ondřej Spisar, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Eva Niedlová

České Budějovice, 2015

Prohlášení autora diplomové práce:

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové, a to- v nezkrácené podobě- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 21. 4. 2015
studenta:

Podpis

Poděkování:

Velmi bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce RNDr. Ireně Šetlíkové, Ph.D. a konzultantovi mé diplomové práce Ing. Ondřejovi Spisarovi, Ph.D. Oběma za odborné vedení, cenné rady, vstřícnost a veškerý čas, který mně a mému tématu věnovali. Dále bych chtěla poděkovat Bc. Vojtěchu Kolářovi za odbornou konzultaci při statistickém hodnocení a Ing. Michaelu Langemu za poskytnutí ubytování v jeho krásném mlýnu při zakládání a vyhodnocování bioindikací.

ABSTRAKT

Růst a přežívání juvenilní perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) „*in situ*“ indikuje vhodné lokality pro odchov a následný návrat perlorodky do toků. V sezóně od 1. 6. do 31. 8. 2014 bylo hodnoceno 15 profilů v šesti vybraných *tocích* (řeka Rokytnice, Lužní potok, Pekelský potok, Újezdský potok, Perlový potok a Bockbach) v Ašském výběžku. Použito bylo celkem 580 jednoletých jedinců ve velikosti od 700 do 1400 μm . Průměrné přežití na všech *tocích* bylo 63 %. Průměrný absolutní přírůstek byl 755 μm a závisel na teplotě vody ($R^2 = 0,1084$). Jako nejvhodnější se ukázaly lokality v potoce Bockbach. V tomto toku přežilo na obou testovaných lokalitách 70 % perlorodek a jejich průměrný přírůstek byl 1027 μm a 997 μm při nejvyšší průměrné teplotě vody ze všech sledovaných toků (15,5°C a 15,4°C). Nejméně vhodným byl Lužní potok 2, kde přežilo 28 % testovaných jedinců a průměrný přírůstek byl 304 μm při nejnižší průměrné teplotě ze všech lokalit (13,4°C). Procento přežití dvouletých perlorodek bylo větší než jednoletých, jejich růst byl ve všech *tocích* srovnatelný.

Klíčová slova: *Margaritifera margaritifera*, perlorodka říční, bioindikace, přírůstek, přežití

ABSTRACT

Growth and survival of juvenile pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) „*in-situ*“ indicates suitable habitats for their rearing and subsequent reintroduction. Six streams in Aš region (Rokytnice, Lužní potok, Pekelský potok, Újezdský potok, Perlový potok, Bockbach) including 15 profiles were evaluated throughout the season (1. 6. – 31. 8. 2015). One year old pearl mussels (n = 580) sized from 700 – 1400 µm. Mean survival of pearl mussels was 63 % in all streams. Mean absolute growth increment attained 755 µm throughout the season. Growth of pearl mussels (1+) was positively correlated with the water temperature ($R^2 = 0,1084$). Both the highest survival (70 %) and the highest absolute growth (1027 µm and 997 µm) of pearl mussels was determined on localities in Bockbach (Bockbach 11 and 1). In contrast to Bockbach 11 and 1 mean survival (28%) and absolute growth (304 µm) was the lowest in Lužní potok 2. Survival rate of two years old pearl mussels was higher than that of one year old pearl mussels. Both of these age categories grew similarly.

Key words: *Margaritifera margaritifera*, pearl mussel, bioindication test, survival, growth

OBSAH

1.	ÚVOD	8
2.	LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
2.1	Popis a rozšíření perlorodky říční	9
2.1.1	Taxonomie rodu <i>Margaritifera</i>	9
2.1.2	Popis perlorodky říční	10
2.1.3	Rozšíření perlorodky říční ve světě a v ČR	11
2.2	Rozmnožování a vývojový cyklus perlorodky říční	14
2.3	Biotopové a potravní požadavky perlorodky říční	16
2.4	Příčiny ohrožení perlorodky říční	17
2.4.1	Eutrofizace	18
2.4.2	Acidifikace	18
2.4.3	Toxicita	19
2.4.4	Nedostatek hostitelských ryb	19
2.4.5.	Nevhodný průběh teplotní křivky	20
2.5	Ochrana perlorodky říční	20
2.6	Odchovy perlorodky říční v Evropě	21
3	METODIKA	24
3.1	Charakteristika lokalit	24
3.1.1	Lužní potok	24
3.1.2	Rokytnice	25
3.1.3	Újezdský potok (Mähringsbach)	26
3.1.4	Pekelský potok (Höllbach)	27
3.1.5	Perlový potok (Perlenbach)	28
3.1.6	Bockbach	29
3.2.	Dlouhodobé bioindikace	29
3.3	Vyhodnocení dat	30
4	VÝSLEDKY	31
4.1	Dlouhodobé bioindikace pomocí jednoleté perlorodky říční (1+)	31
4.1.1	Přežití a růst v jednotlivých lokalitách a tocích	31

4.1.2	Přírůstky a přežití testovaných jedinců perlorodky říční (1+) dle velikostních kategorií	36
4.1.3	Průběh teplot v jednotlivých profilech a její vliv na přírůstek testovaných jedinců perlorodky říční (1+)	39
4.2	Dlouhodobé bioindikace pomocí jednoleté (1+) a dvouleté (2+) perlorodky říční	47
5	DISKUZE	50
5.1.	Celkové přežití a růst v roce 2013 a 2014 ve všech tocích	50
5.2	Srovnání přežití a růstu v jednotlivých tocích v roce 2013 a 2014	51
5.3	Srovnání přežití a růstu v jednotlivých profilech v letech 2013 a 2014	52
5.4	Závislost absolutního přírůstku na teplotě	54
5.5	Porovnání přežití a růstu jednoletých a dvouletých perlorodek říčních	54
6	ZÁVĚR	55
7.	POUŽITÉ ZDROJE	57
8.	PŘÍLOHY	60

1. ÚVOD

Náš původní druh perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) je v současné době druhem ohroženým nejen u nás, ale v celém areálu svého výskytu. Perlorodka říční byla ohrožována již v dávné minulosti (od Středověku až do 2. sv. války), dnes již protizákonným, sběrem perel. Tento druh mlže je však stále negativně ovlivňován důsledky lidské činnosti, tj. degradací biotopů a jejich znečištěním a úbytkem hostitelských ryb. Její početnost se stále snižuje, a proto je předmětem ochrany mezinárodních, evropských i národních organizací. Většina zemí, kde se perlorodka říční vyskytuje má pro ni záchranný program a snaží se jí aktivně odchovávat. Vytvořen je i celoevropský záchranný program (ARAÚJO a RAMOS, 2001). V České republice je perlorodka říční součástí Červeného seznamu bezobratlých jako kriticky ohrožená (critically endangered – CR), je chráněna zákonem, má svůj záchranný program a naše země se podílí i na aktivním odchovu tohoto druhu (ŠVANYGA *et al.*, 2013). Pro úspěšné odchovy a následnou reintrodukci je nutno zjistit, které lokality, jsou k tomuto vhodné. Kvalitu lokalit je možno zhodnotit testy přežití a přírůstkem juvenilních jedinců, tj. bioindikačními testy, které byly předmětem této práce.

Hlavními cíli bylo (1) vyhodnotit růst a přežívání perlorodky říční na jednotlivých vybraných tocích s ohledem na podmínky prostředí a na základě tohoto (2) navrhnout některá praktická doporučení a vhodné lokality pro záchranný chov a následné vysazení jedinců do toku. (3) Poslední hodnocenou částí bylo obecně biologické zhodnocení rozdílu růstu mezi jednoletými a dvouletými jedinci perlorodky říční.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Popis a rozšíření perlorodky říční

2.1.1 Taxonomie rodu *Margaritifera*

Perlorodka říční je náš původní velký druh mlže (Unionoidea), který je v současné době kriticky ohroženým v celém areálu svého výskytu včetně naší země. Mezi velké, u nás žijící, mlže patří další 3 původní rody (*Unio*, *Anodonta a Pseudanodonta*) a jeden invazivní druh škeble asijská (*Sinanodonta woodiana*) (BERAN, 2002; SIMON, 2010). Všechny u nás původní druhy velkých mlžů jsou kategorizovány dle zákonné ochrany jako kriticky ohrožené nebo silně ohrožení. Velevrub tupý, velevrub nadmutý, škeble plochá a škeble rybníčná jsou také stejně jako perlorodka říční zahrnuty v Červeném seznamu bezobratlých ČR (FARKAČ *et al.*, 2005). Perlorodka říční byla pojmenována Carlem Linném v roce 1758. Systematicky je tento druh řazen dle BERANA (2002) a GEISTA (2010) do:

- kmene: Mollusca (měkkýši)
- třídy: Bivalvia (mlži)
- řádu: Unionoidea
- nadčeledi: Unionoidea (velevrubovití)
- čeledi: Margaritiferidae (perlorodkovití)
- rodu: *Margaritifera*

V rámci druhu *Margaritifera margaritifera* byly popsány i některé poddruhy, o kterých se ale stále vedou spory. Jsou jimi *Margaritifera margaritifera siluriana* Bloomer, 1927, která se vyskytuje v řece Irt (severní Anglie), a *Margaritifera margaritifera durrovensis*, která obývá vody s vysokou tvrdostí v jižním Irsku (ABSOLON a HRUŠKA, 1999). MACHORDOM *et al.* (2003) ve své studii potvrzují existenci *M. (m.) durrovensis* jako poddruhu.

Rod *Margaritifera* má v každém případě v Evropě ještě další druh: *M. auricularia* Spengler, 1793 (obr. 1), jež dříve patřil do rodu *Pseudounio* (GEIST, 2010). Dle IUCN (2014) jsou oba tyto druhy rodu *Margaritifera* kriticky ohrožené. Původní areál výskytu *M. auricularia* se částečně překrývá s areálem výskytu perlorodky říční. Recentně je tento druh potvrzen pouze na několika málo místech ve Francii a Španělsku. Podle GEISTA (2010) je téměř vyhynulý. Dalšími evropskými

druhy rodu *Margaritifera* jsou: *M. laevis* a *M. dahurica* a. *M. laevis* byla nalezena v Rusku (Sachalin) a Japonsku (Honschu a Hokaido). *M. dahurica* se nachází také v Rusku (Amur). Několik druhů se vyskytuje také v Severní Americe (IUCN, 2014).



Obr. 1: *Margaritifera margaritifera* (SPISAR, 2007)

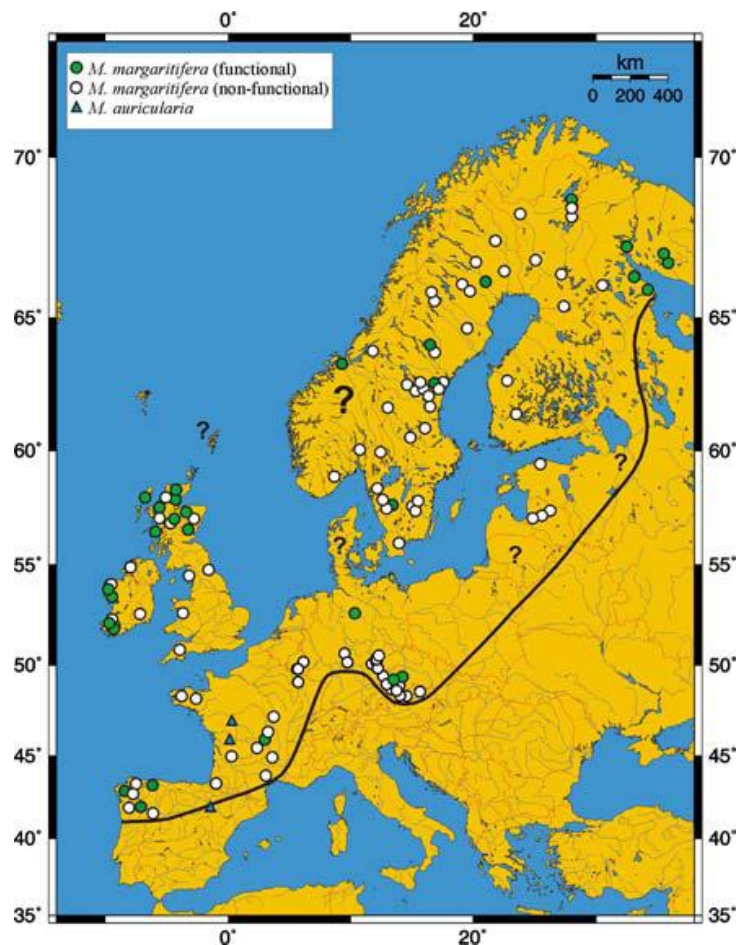
2.1.2 Popis perlorodky říční

Schránka dospělé perlorodky říční má typickou tmavě hnědou až téměř černou barvu s hustými a nepravidelnými přírůstkovými čarami. U mladých jedinců je schránka tmavohnědá. Délka lastury u dospělých jedinců dosahuje 95 až 140 mm, výšky 50 až 60 mm a tloušťka je 30 až 40 mm. (BERAN, 1998). Vzhledem k tomu, že plášťové lupeny perlorodek jsou jen volně přiložené, není branchiální a anální otvor ostře ohraničen a při vnějším pohledu na uzavřeného živočicha splývají. Lastury jsou silnostěnné a pevné, jejich tvar je protáhlý, ledvinovitý. Zámek lastury perlorodky je tvořen pouze hlavními zámkovými zuby a postranní zámkové zuby nejsou vyvinuty (BERAN, 1998; HORSÁK, *et al.*, 2013). Přírůstkové linie na povrchu lastur lze přirovnat k letokruhům (v zimě jedinci nerostou) a jsou jedním ze znaků, podle kterých se dá určit věk perlorodky říční. Nicméně, dle PFLEGERA (1988) nejsou přírůstkové linie spolehlivým znakem, neboť při delším přerušení příjmu potravy se mohou vytvořit druhotné linie i během období, kdy perlorodka říční roste. Proto pro určení stáří je spolehlivější počet pruhů na lasturovém vazů, tzv. ligamentu (PFLEGER, 1988).

2.1.3 Rozšíření perlorodky říční ve světě a v ČR

Perlorodka říční je rozšířena v holoarktické oblasti, a to od chladných oblastí západního Ruska až k severovýchodnímu pobřeží Severní Ameriky (GEIST, 2010). Historicky sahal její evropský areál výskytu od severního Španělska a Portugalska, přes západní Pyreneje, Bretañ, Normandii, Ardeny, Britské ostrovy, střední Evropu až po severní Evropu a Rusko (ABSOLON a HRUŠKA, 1999). Výskyt perlorodky říční je také limitován nadmořskou výškou a geografickou polohou, například v České republice se vyskytuje do 800 m, ve Švédsku do 575 m a v severním Norsku do 200 m. (ŠVANYGA *et al.*, 2013).

Nejnovější údaje o současném výskytu a počtech perlorodky říční v Evropě shromáždil a zveřejnil v roce 2010 Juergen Geist z Technické univerzity v Mnichově (obr. 2). Dle GEISTA (2010) se největší populace tohoto druhu nacházejí v Rusku, Švédsku, Velké Británii a Irsku (miliony kusů). Početné populace se nacházejí také v Norsku a Finsku. Další populace jsou v Belgii, České republice, Dánsku, Estonsku, Francii, Litvě, Lotyšsku, Lucemburku, Německu a Rakousku. Znovuobjevena byla perlorodka říční v severním Portugalsku a v řece Galicii v severozápadním Španělsku. Naopak vyhynutí perlorodky říční bylo potvrzeno v Polsku (obr. 2). V Severní Americe se výskyt perlorodky říční omezuje na sladké vody od Newfoundlandu, přes Kanadu a USA (státy Delaware a Pensylvánie) až k Apalačskému pohoří. Ovšem současné stavy respektive počty perlorodek zde nejsou známy (GEIST, 2010).

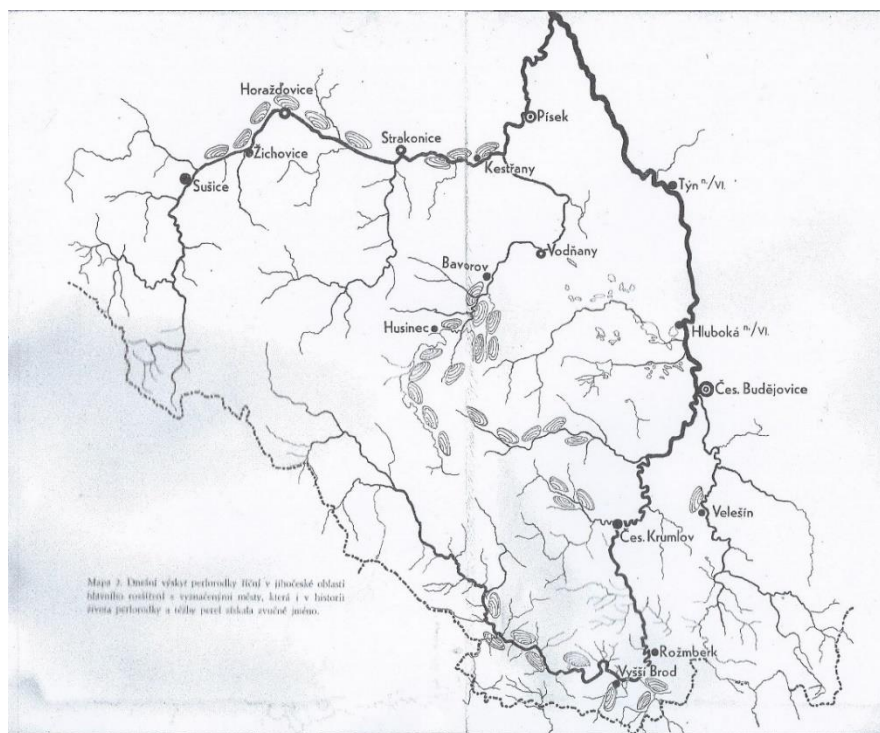


Obr 2. Mapa výskytu druhu *Margaritifera margaritifera* v Evropě. Zelený kroužek značí funkční populace s více jak 20% mladých perlorodek do 20 let. Bílý kroužek značí populace s nepotvrzeným výskytem dostatečného množství mladých jedinců. Modré trojúhelníky značí výskyt *M. auricularia*. Černá linie tvoří jižní hranici výskytu *M. margaritifera* v Evropě. Otazníky označují sporné údaje o výskytu *M. margaritifera* (GEIST, 2010).

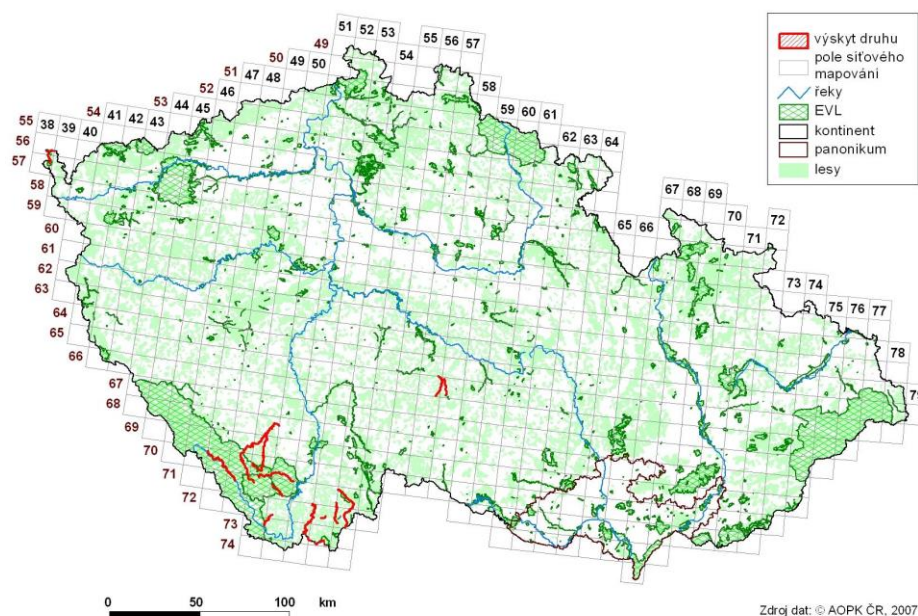
V historii se perlorodka říční nacházela na mnoha místech České republiky, obývala hlavně řeky na jihu Čech, ale též se vyskytovala v tocích západního a severního pohraničí a na severních svazích Rychlebských hor (severní Morava). Její výskyt byl zaznamenán také na Vysočině. Z historických pramenů byl nejvýznamnější výskyt perlorodek v řece Otavě a v mnoha přítocích Vltavy a i v samotné Vltavě (obr. 3) (SIMON, *et al.*, 2010). DYK (1947) nazýval tyto toky perlonosnými.

V současné době se na našem území perlorodka říční vyskytuje pouze blízko horní hranice svého výškového rozšíření a to jen na několika lokalitách (obr. 4) v Jižních Čechách (řeka Blanice, Zlatý potok, Teplá Vltava, Malše, Dluhošský potok, Chvalšinský potok, Křemežský potok a Stropnice) a v Ašském výběžku (řeka Rokytnice, Lužní potok, Bystřina a v povodí Pekelského potoka). Zbytková populace

se také nachází v Jankovském potoce na Vysočině (PATZENHAUEROVÁ, *et al.*, 2011; SPISAR, 2013, ŠVANYGA, *et al.*, 2013).



Obr. 3: Historický výskyt perlorodky říční v jižních Čechách s vyznačenými městy, které těžily perly. (DYK, 1947).



Obr. 4: Mapa rozšíření perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) v České republice (EVL = Evropsky významná lokalita) (AOPK ČR, 2007).

2. 2. Rozmnožování a vývojový cyklus perlorodky říční

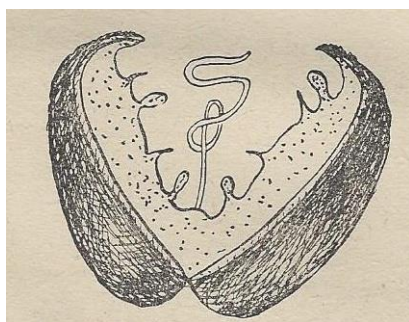
Perlorodka říční je jeden z nejdéle žijících známých druhů bezobratlých. Dožívá se v průměru více jak 100 let (BAUER, 1992). Maximální délka života se může lišit dle oblasti výskytu. Například jižní populace ve Španělsku se dožívají v průměru 35 let (MIGUEL *et al.*, 2004), naproti tomu populace ve studenějším podnebí, jako je Skandinávie, se mohou dožít až 200 let (GEIST, 2010). Pohlavní dospělosti dosahují ve věku od 10 do 20 let (THOMAS, *et al.*, 2010). ABSOLON a HRUŠKA (1999) uvádějí, že doba pohlavního dospívání je ovlivněna typem biotopu, kdy pohlavní zralost nastává ve spíše mezotrofním prostředí dříve než v prostředí oligotrofním. V našem prostředí nastává pohlavní dospělost mezi 15. a 20. rokem života.

Primárně je perlorodka říční, stejně jako jiní sladkovodní mlži, odděleného pohlaví. Ovšem při velmi nízkých populačních hustotách nebo v rozptýlených populacích byly pozorovány hermafroditní jedinci. U perlorodky říční se hermafrodity mohou stát pouze samice (u ostatních velkých mlžů obě pohlaví) a je to spíše nežádoucí jev, protože při zvyšování procenta hermafroditů dochází zároveň ke zmenšování genetické variability. Celkově ale o tomto jevu není mnoho informací (BAUER, 1987; GEIST a KUEHN, 2005).

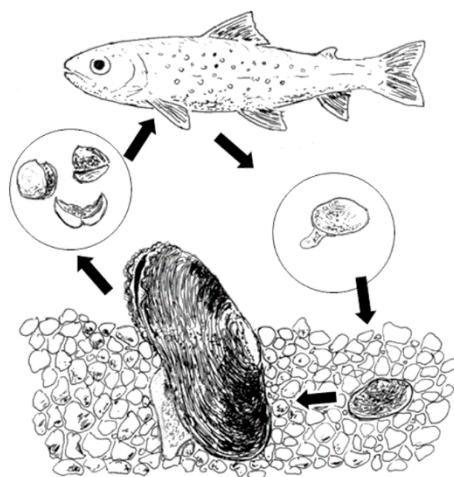
Spermie jsou vypouštěny na jaře a v létě volně do vodního prostředí, kde je samička nasaje přijímacím otvorem a v jejím těle dojde k oplodnění. Po oplodnění vajíček dochází k vývinu larev, tzv. glochidií v mezižaberních prostorách (váčky marsupia). Marsupia jsou tvořena z obou párů žaber. Vývoj glochidií pak trvá 4 až 6 týdnů. Po ukončení jejich vývoje jsou glochidie uvolňovány do vodního proudu (ABSOLON a HRUŠKA, 1999; SPISAR, 2013). Perlorodka říční produkuje nejmenší (60 – 80 μm) a nejjednodušší glochidie ze všech u nás žijících velkých druhů mlžů (obr. 5). Jejich počet se pohybuje mezi 3 až 4 miliony za rok. Velký počet malých larev s sebou typicky přináší i jejich vysokou úmrtnost (SPISAR, 2013).

Glochidie, které byly uvolněny do vodního toku, nemohou aktivně plavat a jsou unášeny proudem nebo zůstávají nepohyblivé v sedimentu. V České republice je uvolňování závislé na průběhu teplot v daném roce a dochází k němu obvykle od poloviny do konce léta (červenec až září) (GEIST, 2010; SPISAR, 2013). Glochidie ve vodě přežijí pouze několik dní a doba přežití je závislá na teplotě, při 16°C přežijí až 6 dní a při teplotě 5°C až 8 dní (ŠVANYGA *et al.*, 2013). Hostitelské ryby jsou obvykle invadovány při sběru potravy (filtraci). Vývojový cyklus perlorodky říční je

vázán na výskyt pstruha obecného (*Salmo trutta m. trutta* a *Salmo trutta m. fario*) a lososa obecného (*Salmo salar*). Tyto druhy jsou jediní hostitelé jejich parazitární larvy tzv. glochidie (obr. 5). V České republice je jediným možným hostitelem pstruh obecný potoční (*Salmo trutta morpha fario*), jelikož *Salmo trutta m. trutta* zde již vyhynul a losos obecný je kriticky ohrožený. Pokud zůstanou glochidie ve vodním sloupci je jejich šance na uchycení větší než pokud jsou nepohyblivé v sedimentu. Výběr hostitele je neselektivní, to znamená, že může dojít k napadení jiného rybího druhu, například pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), na kterém je larva perlorodky schopna se uchytit, ale vývoj již dál neprobíhá. Vývoj na hostitelské rybě trvá 3 až 12 měsíců a jeho délka je podmíněna nikoli geneticky, ale je závislá na sumě denních teplot a tvaru roční teplotní křivky vodního prostředí (ABSOLON a HRUŠKA, 1999). Glochidie perlorodky říční se uchycují pouze na žábřách hostitelských ryb (na žaberních lupenech, tyčinkách, výjimečně žaberních obloucích). Glochidie se uchytí pomocí lepkavého zachycovacího vlákna a pomocí hákovitých lasturek se vryje do kůže (DYK, 1947). Poté pomocí svalů, který pevně sevře obě poloviny glochidie, dojde během 6 až 12 hodin k zapouzdření a napojení na krevní řečiště hostitele (SPISAR, 2013; TAEUBERT *et al.*, 2013). Po dokončení vývoje na žábřách hostitelské ryby dojde k metamorfóze a juvenilní perlorodky se začínají dostávat ven z cysty (obr. 6).



Obr. 5 Nákres glochidie perlorodky říční s hákovitě zakončenými lasturkami a lepkavým vláknem (DYK, 1947).



Obr. 6: Vývojový cyklus perlodky říční (BÍLÝ, 2012).

2. 3 Biotopové a potravní požadavky perlodky říční

Perlodka říční obývá chladné, málo úživné vodní toky s nízkým obsahem vápníku. Osidluje tak oligotrofní a xeno- až oligosaprobni potoky a řeky. Substrát musí mít odpovídající pevnou mezerovitou strukturu. Takový substrát zajišťuje dostatečný přívod kyslíku a detritu a zabraňuje jeho častému převrstvování, a tím k rozdrčení schránek perlorodek. Nevhodný je vyšší obsah jílovitých částic, protože omezuje proudění, čímž se zároveň snižuje potravní zásobenění a celková vitalita perlorodek. Naopak z dlouhodobého hlediska je k přežití populace prospěšné, dojde-li k průchodu velkých povodňových průtoků v korytě potoka nebo říčky, protože tak se vyčistí substrát od jemných sedimentů a vytvoří se příznivé podmínky pro život juvenilních perlorodek (GEIST a AUSERWALD, 2007; SPISAR, 2013). Juvenilní perlodky jsou citlivější na kvalitu vody než dospělci, jsou citlivé nejen na změnu fyzikálně-chemických parametrů, ale i na kvalitu a kvantitu organického detritu. Extrémně jsou mladé perlodky říční citlivé na koncentrace některých látek, jako například měď, zinek, nikl nebo kadmium (SPISAR, 2013). Pro české lokality perlodky říční uvádějí ABSOLON a HRUŠKA (1999) dva typy pramenných vod. Prvním je pramenná oblast tvořená převážně zamokřenými lesy vyšších poloh, rašeliništi a slatěmi. Konduktivita pramenných vod je velmi nízká a vlivem nízké pufrací kapacity vod zde značně kolísá pH. U tohoto typu pramenné oblasti se perlodky vyskytují ve větší vzdálenosti od pramene (cca 20 km), kde je již vyšší stupeň mineralizace a vyšší konduktivita. Druhý typ pramenných oblastí se nachází převážně v podhorských polohách a v minulosti byl tvořen hlavně jedlobukovými lesy, loukami a pastvinami. Podpovrchový oběh vody má zde již větší kontakt s geologickým podložím a konduktivita je tak vyšší. Biotop

perlorodky říční ovlivňuje také teplota, která ovlivňuje reprodukční cyklus, tvorbu potravy a při vyšších hodnotách také toxicitu prostředí. Ideální teplotní poměry jsou v místech, kde je břeh zastíněn porostem, což zajišťuje teplotní stabilitu.

Perlorodka říční je filtrátorem tekoucích vod. Hlavní potravou tohoto druhu je organogenní detrit oligotrofních vod, vznikající na ploše povodí jako opad všech biologických složek ekosystému (odumřelé části rostlinných a živočišných složek, exkrementy) a jen z malé části vznikající ve vlastním vodním toku. Opad rostlinných částí je po vstupu do vodního prostředí zpracováván na menší části, např. blešivcem potočným (*Gammarus fossarum*) a ty jsou pak unášeny proudem vody v povrchové i dnové vrstvě, kde jsou perlorodkami filtrovány (ŠVANYGA, *et al.*, 2013). Perlorodky říční filtrují z vodního toku také jednobuněčné řasy a další potamoplankton. Ten ale zůstává z větší části v trávicím traktu perlorodky nevyužit. Složení a množství organického detritu je závislé na charakteru povodí, vydatnosti a proudění toku, teplotním režimu, nadmořské výšce lokality, charakteru vegetace na prameništích a v okolí toků a na antropogenních faktorech (používání hnojiv, druh a intenzita zemědělské výroby, atd.) (SPISAR, 2013). Další důležitou složkou potravy perlorodky říční je organický vápník, který potřebují na stavbu své schránky. Na druhou stranu anorganický vápník působí na perlorodku říční nepříznivě, protože zvyšuje konduktivitu vodního prostředí, čímž může snižovat dostupnost organického detritu vlivem koagulace. Anorganický vápník se do vodního prostředí dostává výluhem z půd (ABSOLON a HRUŠKA, 1999; SPISAR, 2013). Kromě kvality detritu je důležitá i jeho dostupnost v průběhu roku.

2. 4 Příčiny ohrožení perlorodky říční

Ještě před sto lety (19. století) se perlorodka říční vyskytovala ve vysokých hustotách v celém svém areálu rozšíření a její populace obývaly v několika vrstvách spodní proudy chladných, tekoucích toků. Během následujícího 20. století začaly klesat její početnosti v celém areálu výskytu. BAUER (1988) odhaduje pokles až 90% u evropské populace. Současné odhady poklesu populací ve střední Evropě jsou 98 – 99% (SPISAR, ústní sdělení). V České republice se DYK (1947) ve své knize zmiňuje o značném poklesu počtu populací perlorodky říční již po 2. světové válce.

Jako přímé příčiny úbytku se uvádí predace ondatrou, invazivními druhy raků a úhoří, kteří se živí juvenilními jedinci (GEIST, 2010). Vlastní sběr perel má

dalekosáhlou historií v celé Evropě. Nejprve sice byli známé pouze perly mořských druhů, avšak první zmínky o sběru sladkovodních perel pocházejí již z 15. století. Perly byly žádané a byly i cenným platidlem až do 19. století. Cenným platidlem a výměnnou surovinou se opět staly na konci 2. světové války, kdy se perly daly draze prodat nebo vyměnit. Vzhledem k tomu se rozmohlo i pytláctví. V České republice bylo v tuto dobu například vypleněno jedno z největších nalezišť, horažďovický mlýnský náhon (u Klatov) (DYK, 1947). V současné době je sběr perlorodek říčních pro perly protizákonný jak v České republice, tak i v ostatních státech Evropy, kde se perlorodka říční vyskytuje. Ovšem tyto příčiny, jako je sběr nebo predace mají spíše lokální charakter a nejsou vysvětlením globálního úbytku (GEIST, 2010). V současné době jsou hlavními příčinami úbytku nepřímé vlivy spojené s lidskou činností, jako je degradace biotopu, a to jak znečištěním (eutrofizace (kap. 2.4.1.), acidifikace (kap. 2.4.2.) a toxicita (kap. 2.4.3.)), tak úbytkem hostitelských ryb způsobeným úpravami toků a rybářským managementem.

2. 4. 1 Eutrofizace vod

Eutrofizace způsobuje změnu toku z původně oligotrofního postupně na mezotrofní až eutrofní, čímž dochází ke změně skladby celých přírodních společenstev. Eutrofizace představuje nebezpečí, jak pro juvenilní, tak pro dospělé perlorodky (SKINNER *et al.*, 2003). Mění skladbu potravy, zvyšuje intenzitu metabolismu, což zvyšuje úmrtnost (nejdéle se perlorodka říční drží ve středních částech toků, kde dochází k ředění vody jejich přítoky) a snižuje reprodukci populací. Juvenilní perlorodky jsou ohroženy již nízkou mírou eutrofizace, neboť dochází k zanášení intersticiálního prostředí dna organickým sedimentem, čímž může dojít ke kyslíkovému deficitu. Eutrofizace také může blokovat celý reprodukční cyklus druhu, protože jemné sedimenty uzavírají dno pro juvenilní stádia (ABSOLON a HRUŠKA, 1999; ŠVANYGA *et al.*, 2013; AOPK ČR, 2014). Eutrofizace byla dlouho považována spolu se znečištěním vod za hlavní příčinu vymírání perlorodky říční.

2. 4. 2 Acidifikace

Acidifikace (okyselování) vodního prostředí významně zhoršuje potravní nabídku biotopu a znemožňuje růst mladých jedinců. Vlivem kyselých dešťů se vyplavuje vápník z geologického podloží, které má samo o sobě přirozeně nízký obsah vápníku. Tak klesá i jeho obsah v rostlinách, z jejichž odumřelých částí jej perlorodky

získávají (ŠVANYGA *et al.*, 2013). Acidifikace na rozdíl od eutrofizace poškozuje nejvíce biotopy v pramenných oblastech a horních úsecích. Dospělé perlorodky, které vyrostly ještě před jejím působením, jsou schopné přežít. ABSOLON a HRUŠKA (1999) označují acidifikaci za hlavní faktor stagnace reprodukce tohoto druhu ve střední a západní Evropě.

2. 4. 3 Toxicita

Obrovskou zátěží pro perlorodku je také toxické znečišťování vod (hnojiva, pesticidy, průmyslové odpadní vody a toxické kovy), které často souvisí s nevhodnými způsoby hospodaření. Jedná se o velkoplošné zemědělské hospodaření, změny původní skladby lesů převážně na smrkové monokultury nebo používání těžké techniky. Toxické znečištění se začalo vlivem industrializace projevovat již v 19. století. NOWAK (1936) uvádí, že již ve 20. letech 20. století vymírala perlorodka říční v horní Vltavě díky odpadním látkám z papíren u Českého Krumlova. Papírny totiž vypouštěly do řeky barviva, kaolin, chlorové vápno nebo siřičitan vápenatý. Ve druhé polovině 20. století se tento jev projevil i v horních částech toků a v pramenných oblastech díky velkoplošnému používání minerálních hnojiv a pesticidů v zemědělství a lesnictví (ABSOLON a HRUŠKA, 1999; SKINNER *et al.*, 2003; AOPK ČR, 2014). Juvenilní jedinci jsou obecně na toxicitu náchylnější než dospělí jedinci. To je často důvodem toho, že jsou na lokalitě adultní jedinci, kteří se sice rozmnožují, ale mladí jedinci zcela chybí (ŠVANYGA *et al.*, 2013).

2. 4. 4 Nedostatek hostitelských ryb

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3, jediným hostitelským druhem perlorodky říční je v České republice pstruh obecný potoční. Během dlouhé koevoluce vznikla mezi perlorodkou a pstruhem silná vazba, jejíž specifita roste s geografickou blízkostí obou populací, která je ovšem narušena lidskými vlivy, čímž se snižuje úspěšnost přirozené reprodukce. Většina evropských lokalit postrádá úspěšně se rozmnožující populace již 30 až 50 let, a tak se dříve celistvé populace mění v reprodukčně izolované (GEIST, 2010; DORT, 2012). Lidé zasahují do úspěšné reprodukce zarybňováním povodí nepůvodními liniemi pstruhů nebo nepůvodními druhy ryb, čímž se narušuje genofond křížením populací s nepůvodními jedinci, zvyšování kompetice o zdroje a překročení nosné kapacity prostředí přerybněním. Nepůvodní druhy, jako například pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) mají také odlišnou imunitní reakci po invadaci

žaber glochidiemi perlorodky, a proto se zde dále nemohou vyvíjet (ŠVANYGA, *et al.*, 2013; AOPK ČR, 2014).

Opačným problémem je nízká početnost hostitelských ryb na lokalitě. Vhodnějším způsobem než umělé zarybňování je zvyšování počtu přirozených úkrytů pro pstruha obecného potočního nad i pod koloniemi perlorodek. Pokud se k umělému zarybňování přistoupí, je nutno respektovat lokální původ (ŠVANYGA, *et al.*, 2013).

Přirozenou reprodukci přerušují i úpravy toků, jako například výstavba přehrad. DORT (2012) uvádí, že v povodí Vltavy se na fragmentaci populací významně podílela výstavba Vltavské kaskády. Byl tak přerušen důležitý článek reprodukčního řetězce, a to migrace hostitelského druhu pstruha obecného potočního. Ten je ještě navíc vytlačován dravými rybami z lipenské nádrže.

2.4.5. Nevhodný průběh teplotní křivky

Lokality, kde se v současné době perlorodka říční vyskytuje, jsou při horní hranici jejího výškového limitu rozšíření. Tyto oblasti ale byly již v minulosti ovlivněny antropogenními vlivy, jako je odlesňování nebo naopak systematické zalesňování smrkem. I v těchto podhorských oblastech je nutno, aby teplota vody po určitou část roku překročila 15°C, protože pak teprve dohází k dozrání glochidií uvnitř samic a následnému vyvrhování larev do vodního prostředí (AOPK ČR, 2014). Dostatečné množství denních stupňů je také nutné pro úspěšný průběh metamorfózy na zábrách hostitelských ryb. Nízké teploty způsobují další negativní jevy, jako je snížení úživnosti organického detritu. Klesá rychlost jeho rozkladu, čímž se snižuje jeho využitelnost perlorodkou říční. Naopak na lokalitách, kde je teplota trvale vyšší, se zrychluje metabolismus, zvyšují se přírůstky na úkor délky života (ŠVANYGA *et al.*, 2013).

2. 5 Ochrana perlorodky říční

Perlorodka říční splňuje všechny charakteristiky bioindikátorového (její výskyt na lokalitě indikuje nenarušené oligotrofní prostředí), vlajkového (populární druh živočicha, který pomáhá spouštět ochranu celého ekosystému) i klíčového (pokud má dobré podmínky dosahuje obrovské početnosti a mění morfologicko-chemické parametry ekosystému) druhu (GEIST, 2010). V současné době je tento druh chráněn hned několika mezinárodními i evropskými organizacemi. Mnoho států Evropy zařadilo perlorodku říční do národní ochrany a věnuje se i jejímu odchovu (Irsko,

Lucembursko, Francie, Německo, Norsko, Rakousko, Spojené království Velké Británie a Severního Irsku, Španělsko a Švédsko). IUCN (2014) jí klasifikuje jako ohrožený druh (endangered – EN). Perlorodka říční je také součástí Přílohy III Bernské úmluvy (Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť). V návaznosti na Bernskou úmluvu byl přijat evropský záchranný program pro perlorodku říční (ARAUJO a RAMOS, 2001). Dále je také součástí Přílohy II (druhy živočichů a rostlin v zájmu Společenství, jejichž ochrana vyžaduje vyhlášení zvláštních oblastí ochrany) a Přílohy V (druhy živočichů a rostlin v zájmu Společenství, jejichž odebrání z volné přírody a využívání může být předmětem určitých opatření na jejich obhospodařování) Směrnice o stanovištích (Směrnice Rady Evropy č. 92/43/EHS z 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin – NATURA 2000). V České republice je perlorodka říční klasifikována jako zvláště chráněný druh dle zákona č. 114/1992 Sb. a kriticky ohrožený druh dle vyhlášky 395/1992 Sb. (BIOMONITORING.CZ, 2014). Je také vedena v Červeného seznamu ohrožených druhů ČR jako kriticky ohrožený (FARKAČ *et al.*, 2005). V současné době probíhá v České republice záchranný program. První záchranný program byl schválen již v roce 1993 (HRUŠKA, 1993), jeho druhá etapa probíhala od roku 2000 (ABSOLON a HRUŠKA, 1999) a od 18. 12. 2013 byl schválen aktualizovaný záchranný program (ŠVANYGA *et al.*, 2013), který je v souladu s evropským záchranným programem. Klíčová je v záchranném programu ochrana celého ekosystému, tedy biotopu perlorodky říční a obnovení přirozené reprodukce (AOPK ČR, 2014).

2. 6 Odchovy perlorodky říční v Evropě

V evropských státech se záchrana a odchov sladkovodních mlžů od začátku zaměřil na jediný druh a to perlorodku říční, zatím co ve Spojených státech amerických byly vytvořeny metodiky a postupy pro minimálně 40 druhů mlžů. Až v posledních několika letech se začínají i v Evropě objevovat systematizované přístupy k záchraně dalších druhů sladkovodních mlžů, jako je velevrub tupý nebo škeble rybničná (GUM *et al.*, 2011; SPISAR, 2013).

Prvním systematizovaný postup publikoval v roce 1992 Čech Jaroslav Hruška, jehož metoda se v několika modifikacích používá ve většině zemích Evropy. Před samotným chovem juvenilních perlorodek říčních je nutno založit celý odchovný

cyklus, tzn. shromáždit dostatečné množství adultních perlorodek a zajistit hostitelské ryby. V současné době jsou využívány dva způsoby sběru glochidií. První přístup zachovává dospělé jedince v přirozeném biotopu. Založení odchovu probíhá po dozrání parazitárních larev v žaberním aparátu samice, které jsou pravidelně kontrolovány. Samice se seberou a umístí do nádrží, kde dochází k uvolnění glochidií. Ryby poté nasají pasivní glochidie z vodního proudu nebo dna. Ty se uchytí na žábách hostitele, zapouzdří se a začne probíhat metamorfóza – další fáze odchovného cyklu (GUM *et al.*, 2011; SPISAR, 2013). Tento způsob je využíván v České republice, Německu a Lucembursku. Ve Velké Británii a Irsku se metoda odlišuje v tom, že jsou některé perlorodky přenášeny do lidské péče a do přírody se již nevrací. Důvodem je zabránění lokálního vymření dané populace. Většinou se přenáší kolem 50 jedinců, kteří jsou poté chováni v nádržích se systémem připomínající jejich přirozený biotop nebo se umisťují do umělých toků či náhonů, kde se přichycují na hostitelské ryby (GUM *et al.*, 2011).

Samotná metamorfóza probíhá buď přirozeně, nebo je řízena v laboratorních podmínkách. Pokud metamorfóza proběhne úspěšně, juvenilní perlorodky se vylíhnou z cyst a vypadnou ven na připravený substrát. Po dokončení metamorfózy začíná další fáze odchovného cyklu a to samotný chov juvenilních perlorodek. Jednou z možností je umístění perlorodek do klíček nebo do speciálních perforovaných destiček dle Buddensieka (1995), které jsou poté umisťovány do přírodního vodního toku nebo do polo-přirozeného odchovného ramene (SPISAR, 2013). Jedinci starší dvou let se poté umisťují do plastových krabiček naplněných štěrkem (GUM *et al.*, 2011). Během prvních měsíců života je k výživě použit filtrovaný detrit z prameniště. A po umístění do toků se již mladí jedinci živí filtrací z volné vody (SPISAR, 2013). Tato metoda je používaná v České republice a Sasku. Před několika lety se začala používat i v Bavorsku a v Lucembursku.

V České republice probíhá odchovný program od roku 1983 a v současné době jsou zde vybudovány odchovné prvky na třech lokalitách (Lužní potok - Ašsko; Zlatý potok a Spálenecký potok - Jižní Čechy) (SPISAR, 2013). Dle GUM *et al.* (2011) bylo v České republice do roku 2011 odchováno více než 30 000 mladých perlorodek (od 3 do 5 let). Ve střední Evropě probíhají odchovné programy také v Rakousku, Německu a Lucembursku. V Rakousku začal odchovný program v roce 2011. V Lucembursku v roce 2008 a od tohoto roku do roku 2010 zde bylo odchováno cca 1500 juvenilních jedinců. V západní Evropě probíhají odchovné programy

v Německu, Irsku a Velké Británii. V Německu probíhá odchovný program od roku 1989 (GUM *et al.*, 2011). Ve Francii a Španělsku jsou odchovy plánované jako součást záchranných programů. V Irsku začali s odchovy v roce 2005 a v období od roku 2009 do 2010 zde bylo odchováno 13 600 juvenilních jedinců. Zde se zaměřují na odchovy poddruhu *M. margaritifera durrovensis*. Prvním státem Velké Británie, který začal odchovávat perlorodku říční, bylo Severní Irsko (1998), poté Skotsko (2001), Wales (2005) a Anglie (2007) (GUM *et al.*, 2011; ŠVANYGA *et al.*, 2013). V severní Evropě se odchovům věnují státy Norsko a Švédsko, kde v současné době probíhají velké programy s roční odchovnou kapacitou v řádu desítek až statisíců juvenilních jedinců (SPISAR, 2014).

3. METODIKA

3.1 Charakteristika lokalit

3.1.1. Lužní potok

Lužní potok je hraničním tokem mezi Českou republikou a Spolkovou republikou Německo. Pramení na české straně v nadmořské výšce 650 m severozápadně od města Krásná u Aše a ústí do řeky Rokytnice (obr. 7). Jeho pramenná oblast je převážně zalesněná. Níže protéká mozaikovitou krajinou s rozptýlenou zelení, vlhkými loukami a pastvinami. Na sousední bavorské straně se nacházejí také plochy s ornou půdou (ŠVANYGA *et al.*, 2013; CITTADELLA, 2015). Niva Lužního potoka je tvořena převážně písčitojílovitými a hlinitojílovitými náplavy. Lesní porosty zde tvoří smrk nebo borovice s příměsí bukových porostů (*Fagus sylvatica*) a břízy bělokoré (*Betula pendula*). Kolem celého toku se objevuje olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a některé druhy vrb (*Salix* sp.) (CITTADELLA, 2015). Na nivních loukách lze najít chrstici rákosovitou (*Phalaris arundinacea*), klikev bahenní (*Oxycoccus palustris*) nebo zevar nejmenší (*Sparganium minimum*).

Některé části Lužního potoka jsou poměrně hluboké, s tůněmi a někdy s velkou vrstvou sedimentu (převážně pomaleji tekoucí části). Dno toku je šterkopisčité, písčité nebo kamenité. Kamenité dno se nachází v rychleji proudících místech. Kromě perlorodky říční se zde vyskytuje také rak říční (*Astacus astacus*), mihule potoční (*Lampetra planeri*) nebo vranka obecná (*Cottus gobio*) (SPISAR, ústní sdělení). V současné době je vyhlášen národní přírodní památkou (NPP) a Evropsky významnou lokalitou (EVL) Bystřina-Lužní potok. Povodí Lužního potoka je velmi ovlivněno lidskou činností (např. meliorace toků). Za problematické je zde považováno potravní zásobení toku detritem, chemismus vody i splaveninový a teplotní režim. V rámci teplotního režimu je Lužní potok tokem chladným, protože v průběhu roku jen málo dosahuje teplota nad 15°C. Dosažení této teploty se udává jako hraniční pro úspěšný průběh parazitární fáze perlorodky říční. Jako nejvhodnější se z tohoto úhlu jeví Lužní potok ve spodní části, kde ústí do řeky Rokytnice. Populace hostitelského pstruha obecného potočního je zde stabilní (ŠVANYGA *et al.*, 2013).



Obr. 7: Soutok Lužního potoka a Rokytnice (NIEDLOVÁ, 2014).

3.1.2. Rokytnice

Řeka Rokytnice pramení na území České republiky a je pravostranným přítokem řeky Sály. Pramení v nadmořské výšce 550 m. Délka toku je 35 km. Dno řeky tvoří kamenitý, kamenino-šterkový nebo písčité substrát. V tůních se nacházejí písčité sedimenty, v některých opravdu hlubokých místech je dno velmi silně zaneseno. Původní smíšené zalesnění a louky vystřídaly na mnoha místech v okolí toku pastviny. Tok je opět ovlivněn člověkem, který jej v některých místech napřímil (regulace na české straně s kamennou a dřevěnou výstuhou) (obr. 8) a vytvořil brody na pastviny. Nad městem Nentschau je také tok viditelně zatížen lidským odpadem, jako je stavební suť, kbelíky nebo igelity. Místy jsou břehy kolem toku erodované. Kolem toku se kromě velkých stromů a zalesněných míst nacházejí různé druhy vrb a kromě toho také louky a již zmiňované pastviny. Na dně toku se nacházejí ostrůvky porostlé vegetací, například lakušníkem (*Batrachium sp.*) (SPISAR, ústní sdělení). Na toku se nacházejí plně průtočné rybníky. Kromě výskytu perlorodky říční jsou zde také nacházeni jedinci velevruba tupého (*Unio crassus*) nebo škeble říční (*Anodonta anatina*). V horní oblasti k ústí Lužního potoka se vyskytuje více pstruh obecný potoční (*Salmo trutta m. fario*), vranka obecná (*Cottus gobio*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), mník jednovousý (*Lota lota*) a jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*). V dolní oblasti od ústí Lužního potoka ustupuje výskyt pstruha obecného potočního ve prospěch okouna říčního (*Perca fluviatilis*), jelce tlouště, kapra obecného (*Cyprinus carpio*), amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*), štiky obecné (*Esox lucius*) a candáta obecného (*Stizostedion lucioperca*). Objevuje se zde také střevle říční.

Rokytnice spolu s Lužním potokem jsou součástí chovného rybářského revíru (SPISAR, 2012).



Obr. 8: Napřímený úsek Rokytnice (SPISAR, 2012).

3.1.3. Újezdský potok (Mähringsbach)

Újezdský potok je levostranným přítokem Pekelského potoka (Höllbach). V okolí soutoku je Újezdský potok široký až 1,5 m a kolem toku se zde nachází několik rybníků. Jsou zde smrkové lesy s výsadbou jedlí a listnatých stromů. Některé části jsou naopak typickým lučním tokem s dobrým osluněním. V dalších částech toku se nacházejí břízy, olše, několik druhů vrb. Dno toku je pokryto kamenitým, kamenino-štěrkovým nebo štěrkovým substrátem. Meandry a tůně jsou často zaneseny pískem (obr. 9). Na české straně je již potok malý a je na něm vybudován průtoční rybník bez obtokové stoky. V tomto toku se vyskytuje kromě perlorodky říční i rak říční (*Astacus astacus*), invazivní rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), velká populace pstruha obecného potočního, vranka obecná, střevele potoční a mihule potoční (SPISAR, ústní sdělení).



Obr. 9: Újezdský potok (SPISAR, 2012)

3.1.4. Pekelský potok (Höllbach)

Pekelský potok pramení na německo-české hranici v nadmořské výšce 610 m a jeho délka je přibližně 7,5 km (obr.10). Dno toku je pokryto kamenitým nebo štěrkovitým substrátem a na mnoha místech je zaneseno písčítými sedimenty. U soutoku s Újezdským potokem jsou v místech, kde tok proudí pomalu, jílovité sedimenty. Břehy části toku jsou celé zarostlé střemchou obecnou (*Prunus padus*) a různými druhy vrb (*Salix sp.*). Část toku protéká intravilánem obce Rehau, kde je koryto napřímené a zpevněné betonem nebo kameny vloženými do betonu. Z velké části je tok zastíněn nebo protéká lesem. V celém toku se ostrůvkovitě vyskytují porosty rdestu uzlinatého (*Potamogeton nodosus*), rdestu kadeřavého (*Potamogeton crispus*) a lakušníku vodního (*Batrachium aquatile*). U soutoku s Újezdským potokem byla prováděna těžba a místo je znovu osázeno různými druhy listnatých stromů. Kolem toku se opět vyskytují rybníky. Na hranicích Německa a České republiky, kde tok pramení, jsou v okolí mokřady, křoví, lesy a také několik vodojemů (odběr vody pro město Rehau) (SPISAR, ústní sdělení)



Obr. 10: Pekelský potok (SPISAR, 2012)

3.1.5. Perlový potok (Perlenbach)

Perlový potok neboli německy Perlenbach byl v minulosti významnou lokalitou pro perlorodku říční. Jeho jméno je od perlorodky také odvozeno. Nachází se zde i muzeum perlorodky říční (Perlenhaus). V současné době se pravděpodobně perlorodky vyskytují již jen u soutoku s Bockbach. Perlový potok pramení v nadmořské výšce 575 m a celková délka toku je 12,6 km. Ve městě Rehau se spojuje s Pekelským potokem v řeku Schwesnitz. Pramení u města Schönwald. Část toku tedy protéká městem Rehau, další části jsou zalesněné nebo v otevřené krajině (obr. 11) (ERNSTBERGER *et al.*, 2008; SPISAR, ústní sdělení).



Obr. 11: Část Perlového potoka protékající luční krajinou, která je kolem zalesněna (NIEDLOVÁ, 2014).

3.1.6 Bockbach

Bockbach (obr. 12) je levostranným přítokem Perlového potoka. Vlévá se do něho u města Rehau. Bockbach pramení v nadmořské výšce přibližně 580 m a jeho celková délka je 3,5 km. Částečně protéká kolem železniční tratě, kde je také zavezená skládka z 50. let z města Rehau a v okolí této skládky se nachází několik jedinců perlorodky říční (řádově od desítky po stovku kusů) (SPISAR, ústní sdělení). Velká část toku protéká zalesněnou krajinou a v jeho okolí se nachází několik rybníků



Obr. 12: Mělká část toku Bockbach (NIEDLOVÁ, 2014).

3.2 Dlouhodobé bioindikace

Dlouhodobé bioindikace (test vhodnosti lokalit) byly prováděny „*in situ*“ podle metodiky popsané Spisarem (2013). Test trval 92 dní, a to v době od 1. 6. do 31. 8. 2014. K dlouhodobým bioindikacím byly použity nepoškozené jednoleté a dvouleté perlorodky říční, tj. jedinci na počátku druhého a třetího vegetačního období z odchovů. Na začátku a na konci testu byla změřena délka lastury jednotlivě u všech perlorodek pod binokulární lupou (zvětšení 10x2). Pro digitální záznam a analýzu obrazu byl použit program Image Focus 3 a kamera typu CMEX 1300 s rozlišením 1,3 MPix. Z počtu jedinců a rozdílu délek lastur na začátku a na konci bylo spočteno přežití a přírůstek.

Dlouhodobé bioindikace byly prováděny za použití bioindikačních destiček dle Buddensika (1995). Tato destička se skládá ze tří vrstev s provrtanými otvory, mezi které se vkládá filtrační tkanina s velikostí ok 40 μm (obr. 13). Dvacet změřených a vyfotografovaných jedinců perlorodek bylo Pasteurovou pipetou jednotlivě vkládáno do jednotlivých otvorů destičky. Celkově bylo takto založeno 30 destiček, které byly

vždy po dvou rozmístěny na 15 lokalit na šesti tocích. Lokality byly označeny čísly: 11 – profil nad horní částí toku, 1 – horní část toku, 2 – střední část toku, 3 – dolní část toku, 4 – místo pod dolní částí toku. Pro porovnání růstu jednoletých a dvouletých perlorodek říčních bylo do dalších sedm destiček stejným způsobem, jako u testu s jednoletými perlorodkami, umístěno deset jednoletých a deset dvouletých jedinců. Tyto destičky byly přidány na vybraných sedmi profilů z výše uvedených 15 lokalit.



Obr. 13: Bioindikační destička dle Buddensika, vpravo je vidět filtrační tkanina, která propouští detritové částice menší než 40 μm (NIEDLOVÁ, 2014).

Poté byly destičky transportovány v chladičím boxu se vzduchováním na lokality. Destičky byly ve vodních tocích upevněny těsně nad dno na železné trn pevně uchycené v substrátu. V průběhu testu byla ve 14-ti denním intervalu kartáčkem čištěna filtrační tkanina destiček, aby nedošlo k jejímu zanesení a nezmenšila se tak filtrační plocha a velikost ok. Čištění bylo prováděno bez přemístování destičky z místa uchycení ve vodním toku. Na každé lokalitě bylo umístěno automatické teplotní čidlo, které v průběhu testu snímalo teplotu v hodinových intervalech po celou dobu dlouhodobé bioindikace.

3.3 Vyhodnocení dat

Získaná data z teplotního čidla byla zpracována jako denní teplotní průměry a procenticky rozložena do kategorií ($< 12^{\circ}\text{C}$), ($<12;15^{\circ}\text{C}$), ($<15;18^{\circ}\text{C}$) a ($>18^{\circ}\text{C}$) (SPISAR, 2013). Na konci testu byla opět změřena délka lastury jednotlivých jedinců perlorodky říční a vyhodnocen počet přežitých/uhynulých jedinců. Základní vyhodnocení bylo prováděno v programu MS Excel 2013 (tabulky, grafy) a pro statistické vyhodnocení byly použity neparametrický Kruskal-Walisův test na hladině významnosti $p < 0,0500$ a korelační matice v programu STATISTICA 12. Výsledky jsou zobrazeny do „krabicových grafů“.

4. VÝSLEDKY

4.1. Dlouhodobé bioindikace pomocí jednoleté perlorodky říční

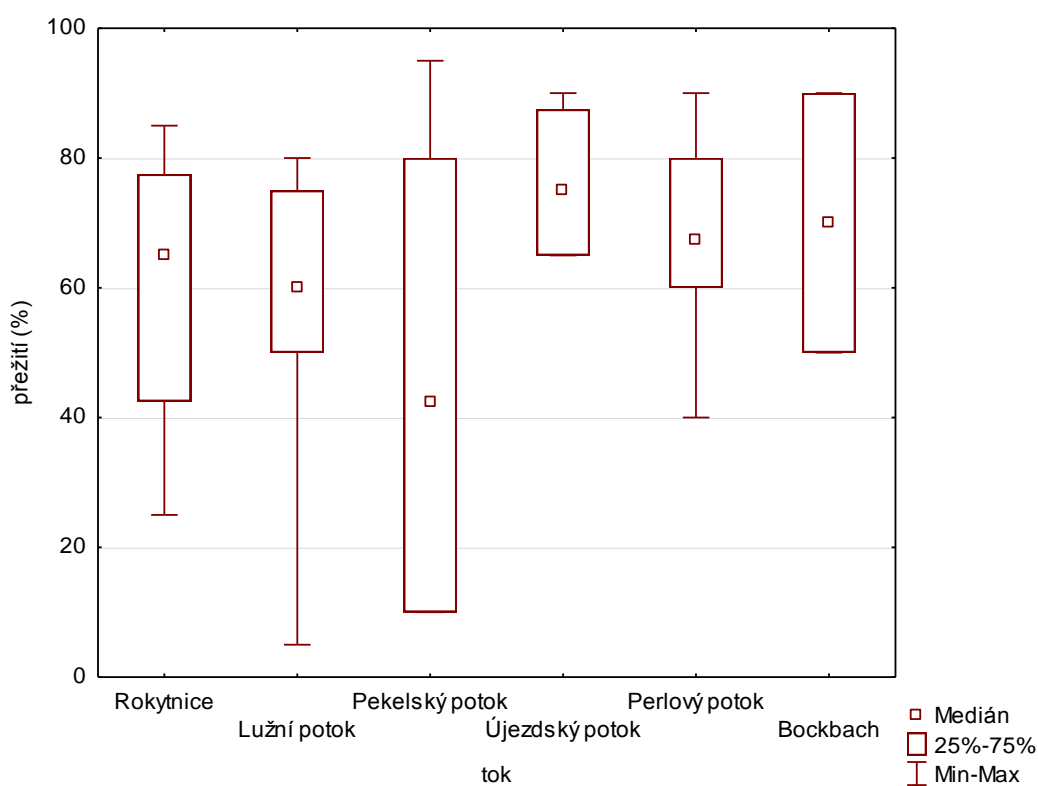
4.1.1. Přežití a růst v jednotlivých lokalitách a tocích

Pro dlouhodobé bioindikační testy bylo použito celkem 580 juvenilních perlorodek (věk 1+) rozmístěných na 15 lokalit na 6 tocích. Průměrné přežití na všech tocích bylo 63 % (47 % - 76 %), přičemž úhyn byl zaznamenán na všech lokalitách. Celkem tedy uhynulo 226 testovaných jedinců perlorodky říční z 580, tj. 37 %. Největší procento jedinců přežilo v (1) Újezdském potoce (76% jedinců), (2) v potoce Bockbach (70% jedinců) a (3) Perlovém potoce (68%) Naopak největší úhyn byl zaznamenán v (1) Pekelském potoce (53 %), (2) Lužním potoce (45 %) a (3) Rokytnici (40 %) (tab. 1).

Tab. 1: Absolutní a relativní přežití jedinců perlorodky říční v jednotlivých místech šesti toků.

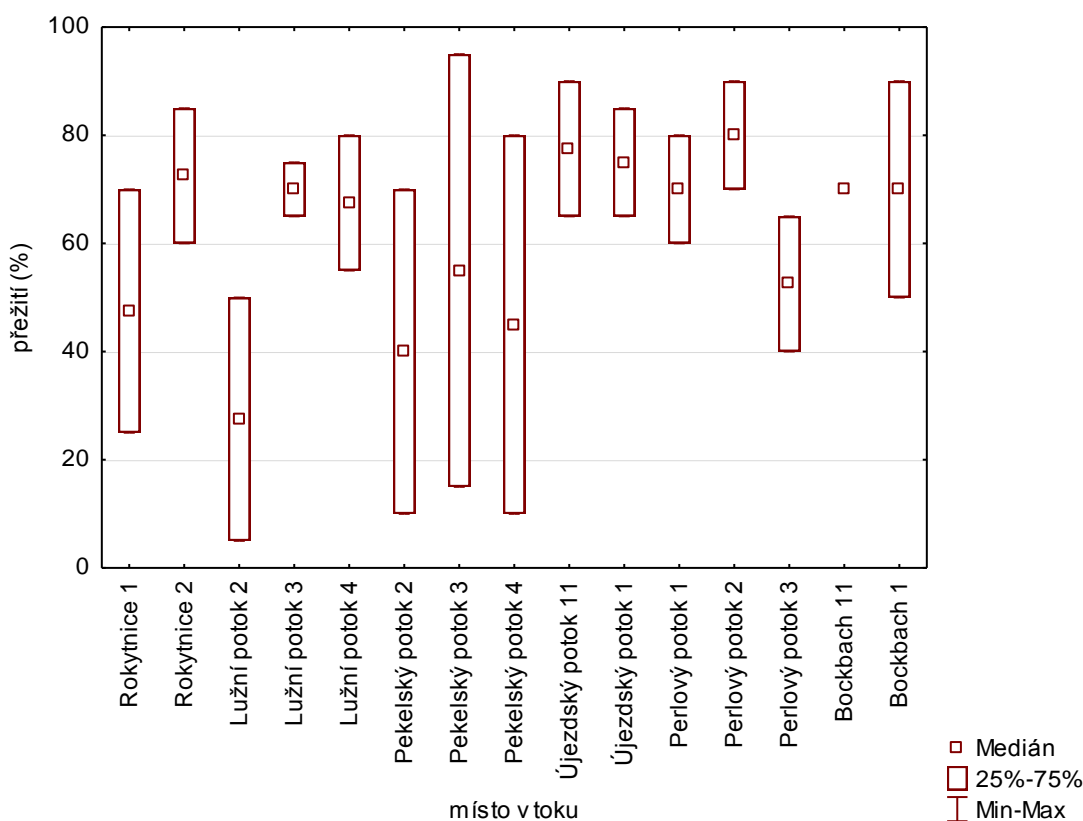
tok	místo v toku	počet jedinců (ks)	přežití (ks)	přežití (%)
Rokytnice (S. Regnitz)	celkem tok	80	48	60
	Rokytnice 1	40	19	47
	Rokytnice 2	40	29	73
Lužní potok (Zinnbach)	celkem tok	120	66	55
	Lužní potok 2	40	11	28
	Lužní potok 3	40	28	70
	Lužní potok 4	40	27	68
Pekelský potok (Höllbach)	celkem tok	120	56	47
	Pekelský potok 2	40	16	40
	Pekelský potok 3	40	22	55
	Pekelský potok 4	40	18	45
Újezdský potok (Mähringsbach)	celkem tok	80	61	76
	Újezdský potok 11	40	31	77
	Újezdský potok 1	40	30	75
Perlový potok (Perlenbach)	celkem tok	120	81	68
	Perlový potok 1	40	28	70
	Perlový potok 2	40	32	80
	Perlový potok 3	40	21	53
Bockbach	celkem tok	60	42	70
	Bockbach 11	40	28	70
	Bockbach 1	20	14	70
Celkem	všechny toky	580	354	63

Vybrané toky, kam byly destičky s testovanými jedinci perlorodky říční umístěny, tvořily celkem tři celky. Prvním byla řeka Rokytnice, jejíž přítokem je Lužní potok. Dále Pekelský potok, jehož přítokem je Újezdský potok a Bockbach, jež je přítokem Perlového potoka. Přežití v Lužním potoce a Rokytnici bylo téměř stejné (Rokytnice 60 % a Lužní potok 55 %), podobně jako v potoce Bockbach a Perlovém potoce (Bockbach 70 % a Perlový potok 68 %). Naopak přežití v Újezdském potoce bylo výrazně vyšší než v Pekelském potoce (Újezdský potok 76 % a Pekelský potok 47 %). Přežití testovaných jedinců v Bockbachu bylo téměř stejné jako v Perlovém potoce (Bockbach 70 % a Perlový potok 68 %) (obr. 14).



Obr. 14: Přežití jedinců perlorodky říční (1+) v šesti vybraných tocích.

Přežití bylo nejen mezi toky, ale i v jednotlivých vybraných místech v rámci toku variabilní, a to v Rokytnici, Lužním potoce a Perlovém potoce (obr. 15). Například v Rokytnici 1 přežilo jen 47 %, zatímco v Rokytnici 2 přežilo 73 % testovaných jedinců. V ostatních tocích se přežití na jednotlivých vybraných místech výrazně nelišilo (obr. 15).



Obr. 15: Přežití jedinců perlorodky říční (1+) na jednotlivých místech v šesti vybraných tocích.

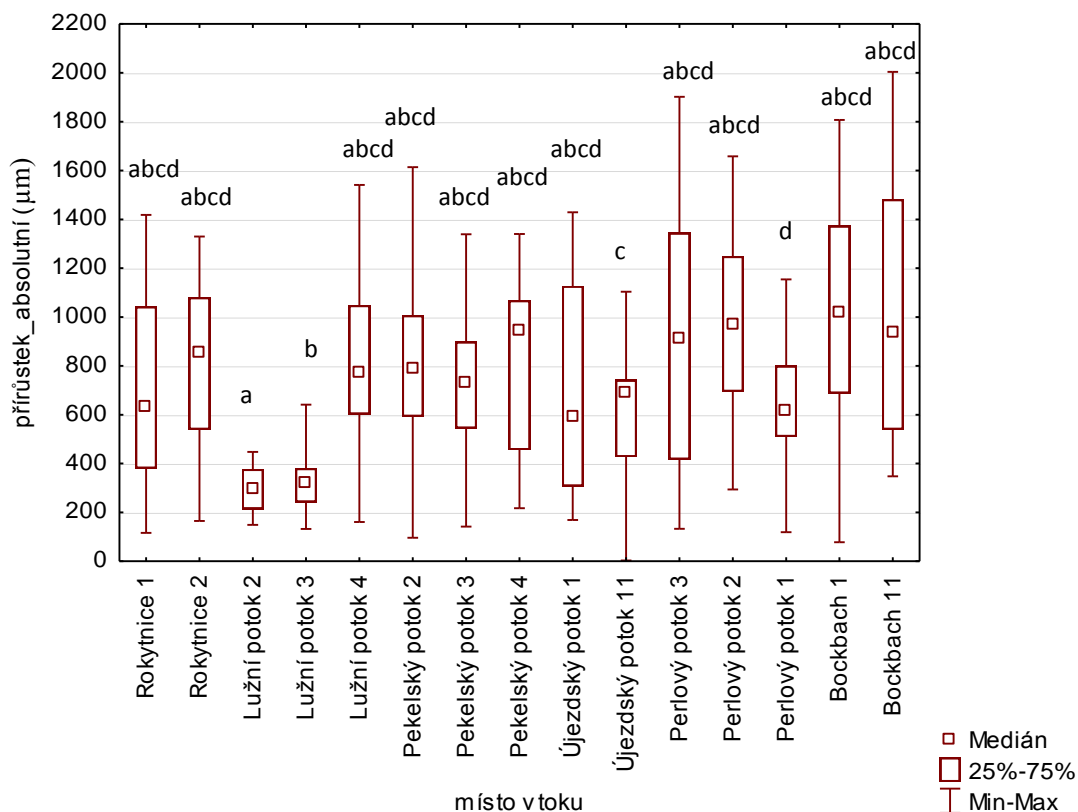
Průměrná vstupní velikost testovaných jedinců na všech tocích byla 1035 μm a průměrná velikost na konci testu byla 1808 μm , z toho vyplývá, že přeživší testovaní jedinci narostli průměrně o 70 %. Největší průměrný přírůstek (o 91 %) byl zaznamenán v potoce Bockbach, poté v Perlovém potoce (o 78 %) a v Rokytnici (o 75 %) (tab. 2). Nejméně přirůstali (o 49 %) testovaní jedinci v Lužním potoce, v Újezdském potoce (o 67 %) a Pekelském potoce (o 68 %) (tab. 2).

Co se týká profilů v jednotlivých tocích, nejvíce přirůstali testovaní jedinci v profilu Bockbach 1 (93 %), Perlový potok 2 (89 %) a Bockbach 11 (82 %). Přírůstky nad 80 % byly zaznamenány ještě na Perlovém potoce 3 a na Rokytnici 2. Na ostatních profilech se relativní přírůstek pohyboval kolem 60 a 70 %. Nejméně přirůstali testovaní jedinci na Lužním potoce 2 (26 %) a Lužním potoce 3 (31 %) (tab. 2).

Tab. 2: Průměrný absolutní a relativní přírůstek (\pm S.D.) perlorodky říční (1+) na jednotlivých tocích a místech v toku. V hranatých závorkách jsou uvedeny počty jedinců.

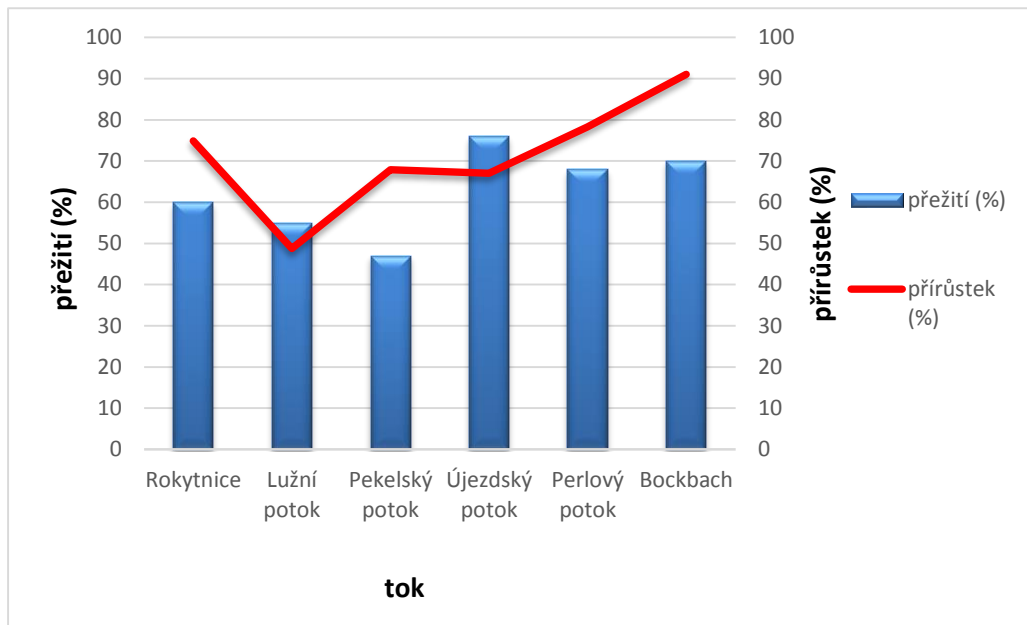
Tok	místo v toku	velikost na počátku (μm)	velikost na počátku přeživších (μm)	velikost na konci přeživších (μm)	přírůstek relativní (%)
Rokytnice (S.Regnitz)	celkem tok	1030 ± 150 [80]	1051 ± 166 [48]	1828 ± 434 [48]	$74,9 \pm 37$ [80]
	Rokytnice 1	1043 ± 131 [40]	1131 ± 124 [19]	1868 ± 464 [19]	$65,4 \pm 38$ [19]
	Rokytnice 2	1017 ± 169 [40]	999 ± 171 [29]	1801 ± 420 [29]	$81,2 \pm 35$ [29]
Lužní potok (Zinnbach)	celkem tok	1031 ± 143 [120]	1070 ± 143 [66]	1588 ± 373 [66]	$48,8 \pm 30$ [66]
	Lužní potok 2	1053 ± 134 [40]	1164 ± 102 [11]	1467 ± 166 [11]	26 ± 8 [11]
	Lužní potok 3	1020 ± 155 [40]	1053 ± 152 [28]	1374 ± 204 [28]	$30,9 \pm 11$ [28]
	Lužní potok 4	1020 ± 141 [40]	1049 ± 136 [27]	1859 ± 403 [27]	$76,5 \pm 26$ [27]
Pekelský potok (Höllbach)	celkem tok	1031 ± 137 [120]	1126 ± 121 [56]	1892 ± 392 [56]	$67,9 \pm 29$ [56]
	Pekelský potok 2	1045 ± 143 [40]	1159 ± 129 [16]	1960 ± 347 [16]	71 ± 34 [16]
	Pekelský potok 3	1035 ± 149 [40]	1115 ± 141 [22]	1809 ± 417 [22]	61 ± 24 [22]
	Pekelský potok 4	1014 ± 118 [40]	1109 ± 82 [18]	1933 ± 401 [18]	$73,7 \pm 31$ [18]
Újezdský potok (Mähringsbach)	celkem tok	1033 ± 143 [80]	1033 ± 147 [61]	1681 ± 288 [61]	67 ± 42 [61]
	Újezdský potok 11	1018 ± 139 [40]	1008 ± 141 [31]	1607 ± 229 [31]	$62,3 \pm 30$ [31]
	Újezdský potok 1	1048 ± 148 [40]	1058 ± 152 [30]	1758 ± 326 [30]	$71,9 \pm 52$ [30]
Perlový potok (Perlenbach)	celkem tok	1029 ± 139 [120]	1045 ± 136 [81]	1864 ± 446 [81]	$78,3 \pm 35$ [81]
	Perlový potok 1	1041 ± 138 [40]	1017 ± 126 [28]	1653 ± 277 [28]	$63,3 \pm 24$ [28]
	Perlový potok 2	1018 ± 138 [40]	1041 ± 140 [32]	1982 ± 467 [32]	$88,9 \pm 27$ [32]
	Perlový potok 3	1028 ± 142 [40]	1090 ± 137 [21]	1964 ± 509 [21]	$82,1 \pm 49$ [21]
Bockbach	celkem tok	1069 ± 161 [60]	1091 ± 160 [42]	2098 ± 580 [42]	91 ± 42 [42]
	Bockbach 11	1143 ± 104 [20]	1135 ± 99 [14]	2162 ± 635 [14]	$86,2 \pm 47$ [14]
	Bockbach 1	1032 ± 172 [40]	1069 ± 181 [28]	2066 ± 560 [28]	$93,4 \pm 40$ [28]
celkem	všechny toky	1035 ± 145 [580]	1068 ± 148 [354]	1808 ± 443 [354]	$70,3 \pm 38$ [354]

Přírůstky testovaných jedinců perlorodky říční se na jednotlivých vybraných profilech statisticky průkazně lišily $H(14 \ N = 354) = 83,75$ a $p = 0,0001$. Přírůstky jedinců perlorodky říční (1+) se statisticky významně lišily na 4 místech, a těmi byly Lužní potok 2 a 3, Újezdský potok 11 a Perlový potok 1. Přírůstky na ostatních místech se od sebe statisticky průkazně nelišily (obr. 16).



Obr. 16: Absolutní přírůstek jedinců perlorodky říční (1+) na vybraných profilech v šesti vybraných tocích. Profily označené různými písmeny jsou statisticky průkazně odlišné ($p < 0,05$).

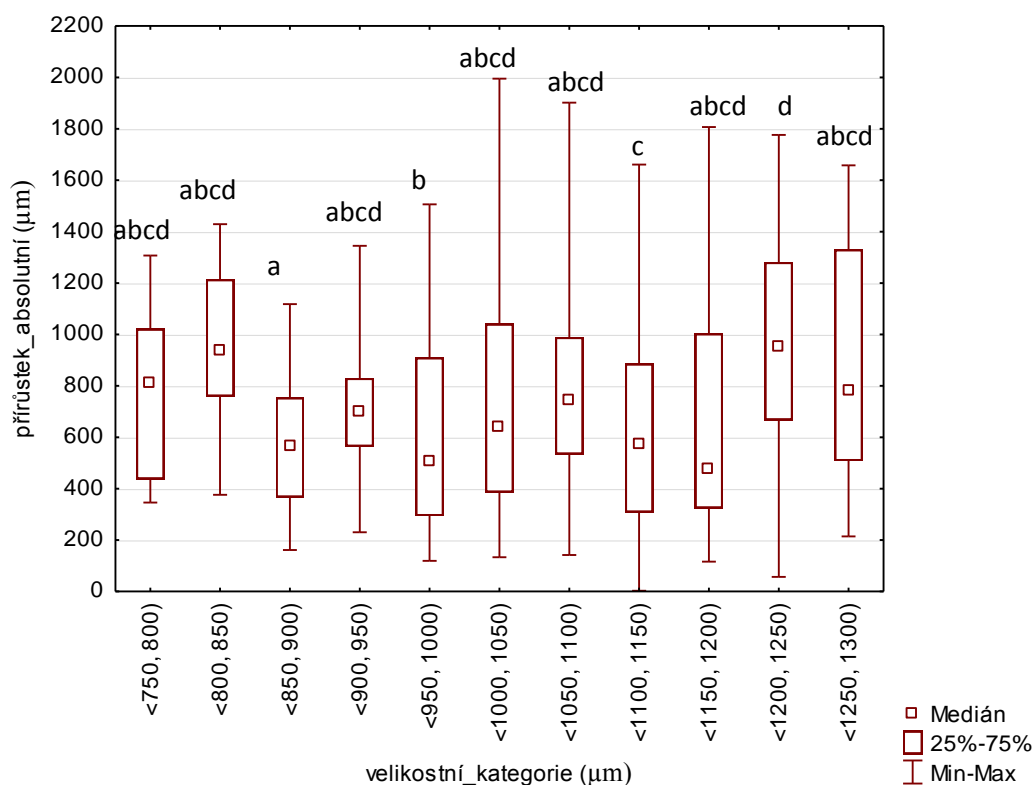
Na Újezdském potoce přežilo sice nejvíce testovaných jedinců perlorodky říční (76 %), ale jejich přírůstek byl druhý nejmenší (67 %) (obr. 17). Nejvíce testovaných jedinců uhynulo na Pekelském potoce (53 %), ale procento přírůstku na tomto toku bylo 68 %. Nejmenší procento přírůstku (49 %) a zároveň nízké přežití (55 %) bylo zaznamenáno v Lužním potoce (obr. 17).



Obr. 17: Procento přežití a průměrného přírůstku jedinců perlířodky říční (1+) v jednotlivých tocích

4.1.2 Přírůstky a přežití testovaných jedinců perlířodky říční (1+) dle velikostních kategorií

Přírůstky se v jednotlivých velikostních kategoriích (obr. 18) statisticky průkazně lišily $H(10; N = 340) = 33,97$ a $p = 0,0002$. Statisticky průkazně se od sebe lišily velikostní kategorie $<1200;1250$), $<850;900$), $<950;1000$) a $<1100;1150$) μm .



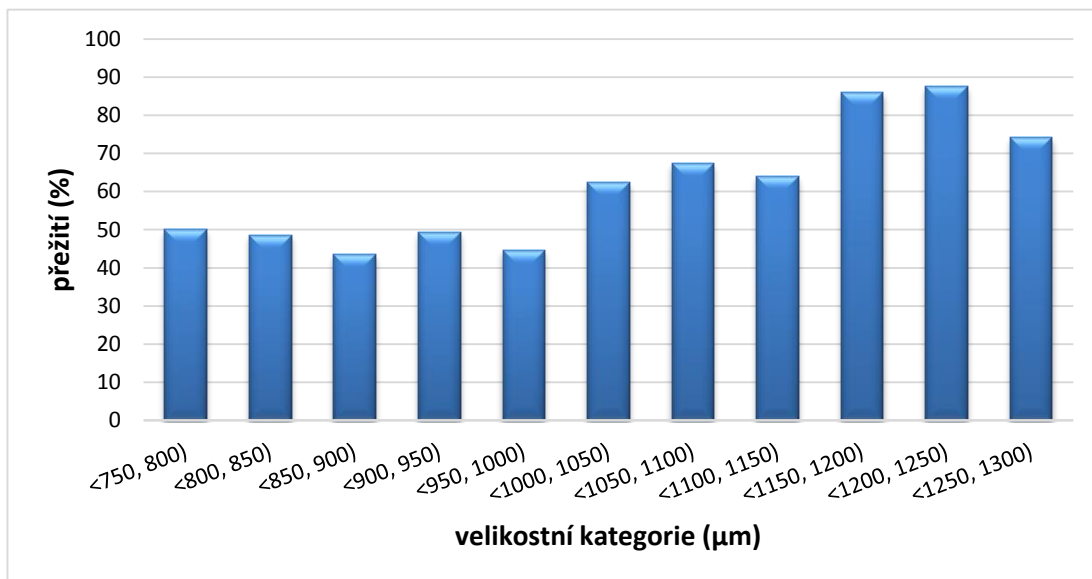
Obr. 18: Variabilita přírůstků testovaných jedinců perlorodky říční v jednotlivých velikostních kategoriích. Profily označené různými písmeny jsou statisticky průkazně odlišné ($p < 0,05$).

Úhyny byly zaznamenány ve všech velikostních kategoriích kromě první kategorie $<750, 800$ μm , kde byl ovšem na počátku pouze 1 jedinec (tab. 3). Tato velikostní kategorie nebyla z důvodu malého počtu jedinců, podobně jako další dvě velikostní kategorie $<1300, 1350$) a $<1350, 1400$) μm , dále statisticky hodnocena.

Tab. 3: Průměrný absolutní a relativní přírůstek \pm S.D. přeživších jedinců perlorodky říční dle vstupní velikosti a rozdělení do jednotlivých velikostních kategorií po 50 μm .

Velikostní kategorie (μm)	Počet jedinců (ks)	Počet přeživších (ks)	Přírůstek absolutní (μm)	Přírůstek relativní (%)
<700, 750)	1	1	451	60,2
<750, 800)	16	8	773 \pm 346	99,3 \pm 45
<800, 850)	37	18	954 \pm 286	114,9 \pm 34
<850, 900)	62	27	597 \pm 266	68 \pm 30
<900, 950)	71	35	705 \pm 279	76,5 \pm 29,9
<950, 1000)	76	34	606 \pm 384	62,2 \pm 39
<1000, 1050)	61	38	724 \pm 428	70,7 \pm 42
<1050, 1100)	55	37	755 \pm 401	70,2 \pm 37
<1100, 1150)	64	41	612 \pm 375	54,4 \pm 33
<1150, 1200)	43	37	680 \pm 428	57,6 \pm 36
<1200, 1250)	48	42	955 \pm 398	77,9 \pm 32
<1250, 1300)	31	23	885 \pm 460	69,4 \pm 36
<1300, 1350)	9	8	1045 \pm 614	79,4 \pm 47
<1350, 1400)	6	5	557 \pm 348	40,4 \pm 25
celkem	580	354	741 \pm 400	70,3 \pm 38

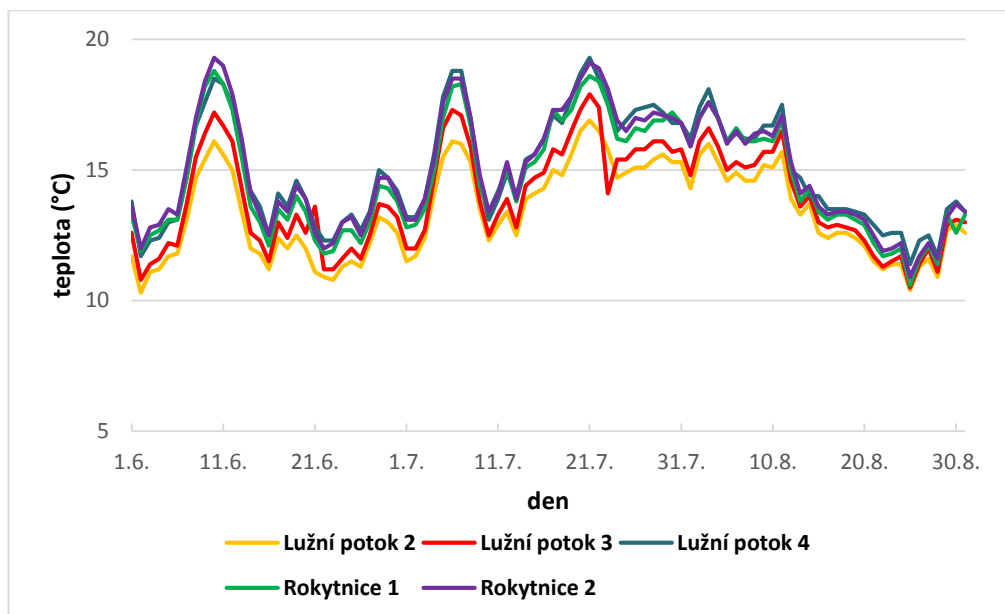
Nejvíce testovaných jedinců (88 %) přežilo ve velikostní kategorii (1) <1200, 1250). Dále pak následovaly velikostní kategorie <1150, 1200) (86 %) a <1250, 1300) (74 %) μm . Naopak nejméně testovaných jedinců přežilo ve velikostní kategorii (1) <850, 900) (44 %), (2) <950, 1000) (45 %) a (3) <800, 850) (49 %) (obr. 19). Podle vyrovnanosti přírůstků (\pm S.D.) (tab. 3) a procenta přežití (> 50 %) (obr. 19) se pro bioindikační testy jeví jako vhodné velikosti od 1000 μm do 1300 μm .



Obr. 19: Procentuální přežití v jednotlivých velikostních kategoriích perlorodky říční ve všech tocích.

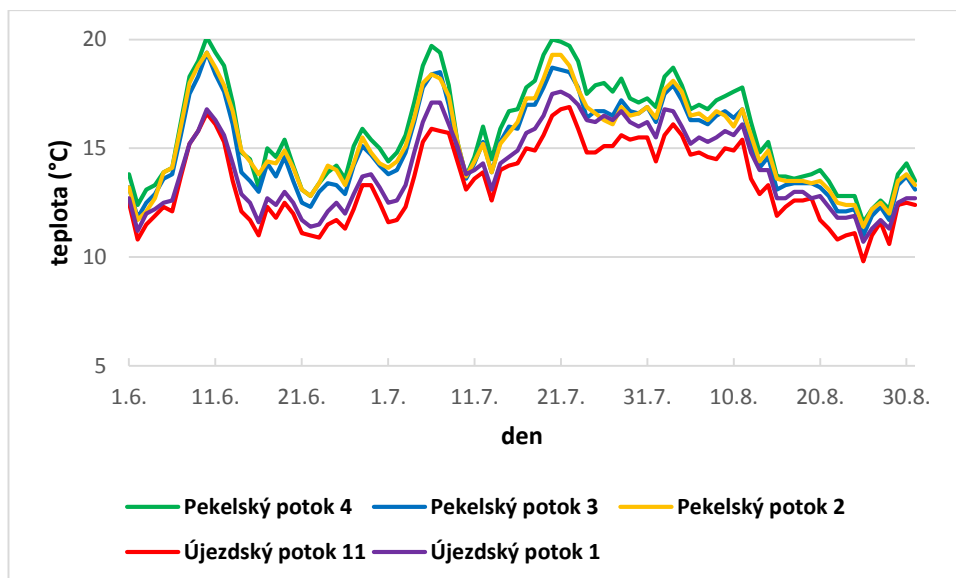
4.1.3 Průběh teplot v jednotlivých profilech a její vliv na přírůstek testovaných jedinců perlorodky říční

Průběh teplot v profilech v Rokytnici a jejím přítoku Lužním potoce byl vyrovnaný (obr. 20). Na všech pěti profilech Rokytnice a Lužního potoka byla průměrná denní teplota větší než 15 °C méně jak polovinu sezóny (28 dní). Nejchladnější profil, v rámci těchto dvou toků, byl Lužní potok 2, zatímco nejteplejšími profily byly: Rokytnice 2 a Lužní potok 4.



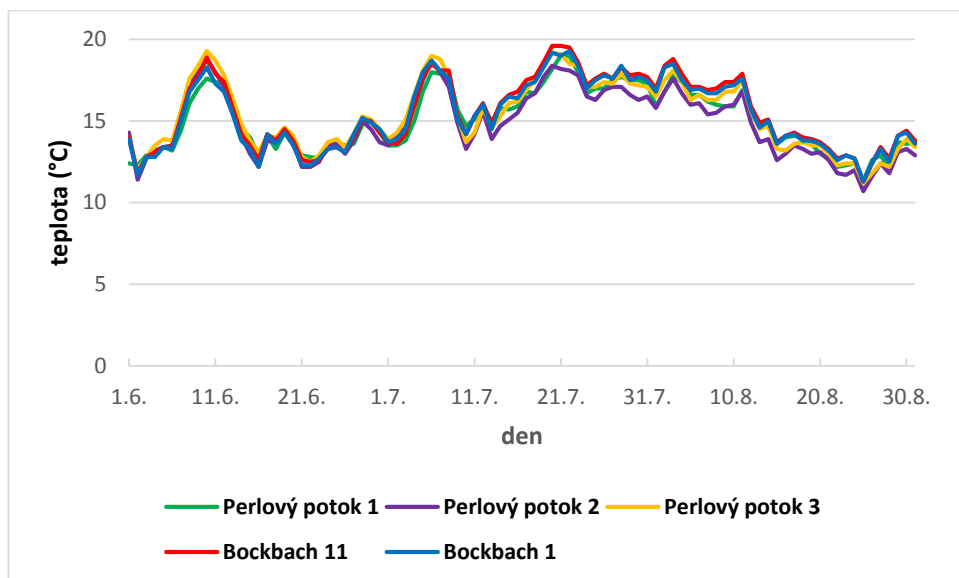
Obr. 20: Průběh průměrných denních teplot za celé období bioindikací na vybraných profilech v tocích Rokytnice a Lužní potok.

Pekelský potok byl celkově teplejší než jeho přítok Újezdský potok. Nejteplejším profilem byl Pekelský potok 4, kde průměrné teploty vody v průběhu června a července dosahovaly 20°C. Podobně tomu bylo v Pekelském potoce 2. Nejchladnějším profilem byl Újezdský potok 11 (obr. 21).



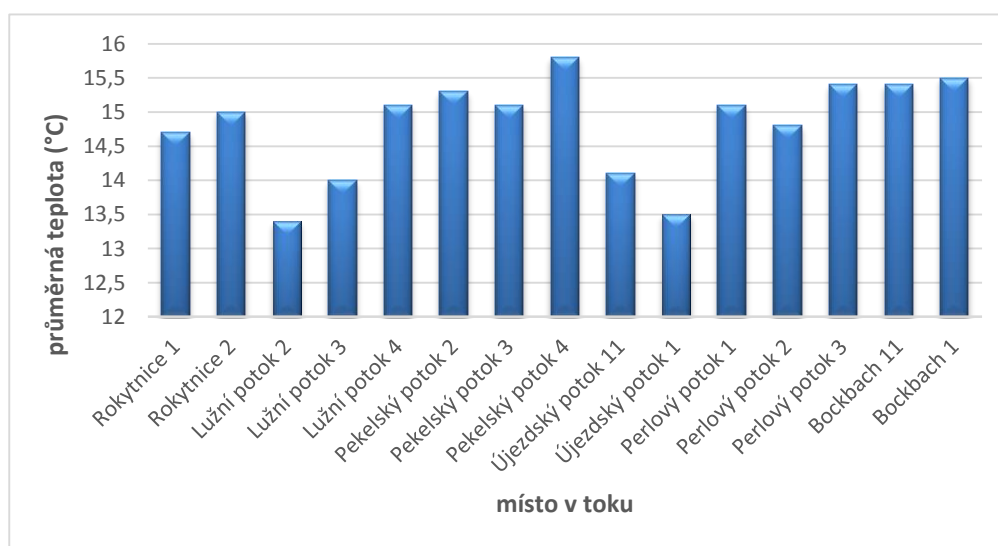
Obr. 21: Průběh průměrných denních teplot za celé období bioindikací v jednotlivých profilech v tocích Pekelský potok a Újezdský potok.

Průběh denních teplot ve všech profilech Perlového potoka i jeho přítoku Bockbachu byl podobný (obr. 22).



Obr. 22: Průběh průměrných denních teplot za celé období bioindikací v jednotlivých profilech v tocích Perlový potok a Bockbach.

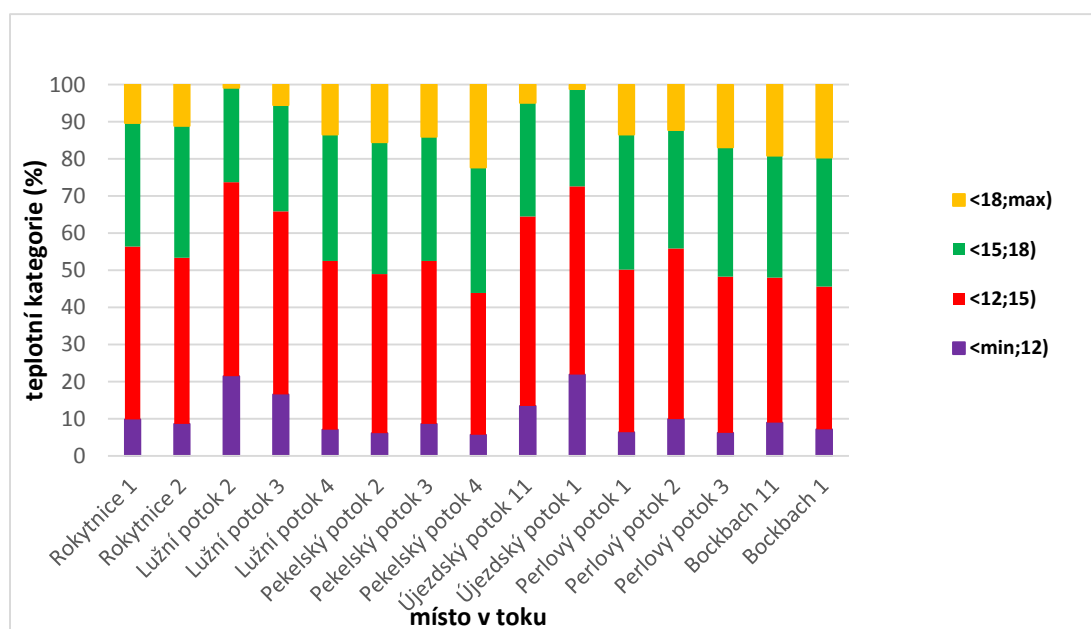
Nejteplejší lokalitou byl dle průměrné teploty za celé sledované období: (1) Pekelský potok 4 (15,8°C), (2) Bockbach 1 (15,5°C), (3) Bockbach 11 a Perlový potok 3 (15,4°C). Naopak nejchladnějšími profily byly: (1) Lužní potok 2 (13,4°C), (2) Újezdský potok 1 (13,5°C), (3) Lužní potok 3 (14°C) a (4) Újezdský potok 11 (14,1°C). (obr. 23) Z hlediska teplot byly profily v potoce Bockbach a Rokytnice vyrovnané. Nejvíce teplotně variabilní byly profily v Lužním potoce, kdy rozdíl mezi nejchladnějším a nejteplejším profilem byl 1,7°C.



Obr. 23: Rozdíl průměrných teplot vody za sledované období v jednotlivých místech v tocích.

Změřené teploty byly rozděleny do čtyř teplotních kategorií (1) <min;12), (2) <12;15), (3) <15;18) a (4) <18;max). Nejčastěji zastoupenou teplotní kategorií na všech vybraných profilech byla <12;15) a poté <15;18) (obr. 24). Ostatní dvě teplotní kategorie se ve své četnosti lišily dle toho, zda byl profil celkově teplejší nebo chladnější.

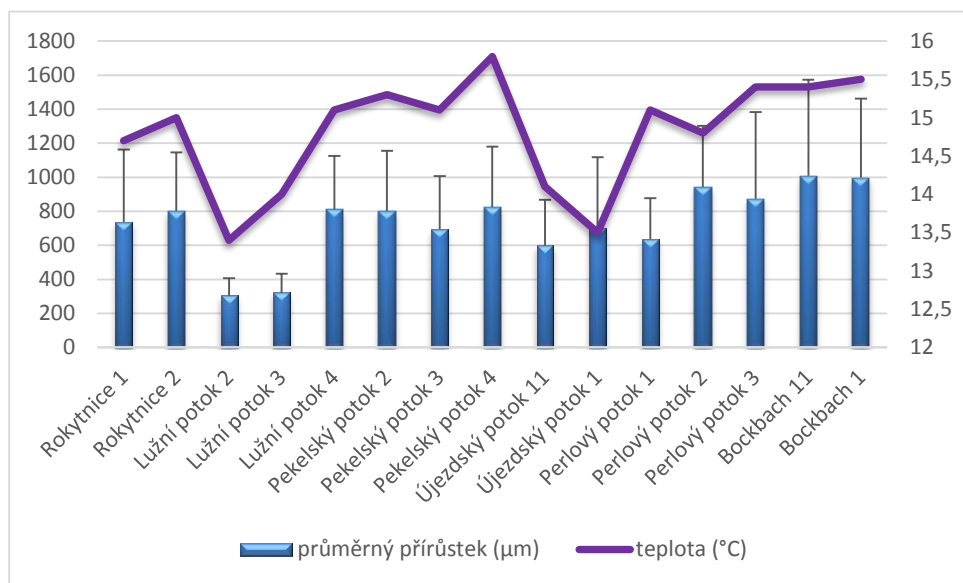
Na nejchladnějších profilech: Lužním potoku 2, Lužním potoku 3, Újezdském potoku 11 a Újezdském potoku 1 dosahovaly teploty vody nad 18°C nejvýše 6 % a teplota vody do 12 C až 22 %. Naopak nejteplejší profily Pekelský potok 4, Bockbach 11, Perlový potok 3 a Bockbach 1 dosahovaly teplot nad 18 °C nejvýše v 22 % a teplot do 12 °C nejvýše v 9 % (obr. 24).



Obr. 24: Procentuální zastoupení teplotních kategorií v jednotlivých profilech v šesti tocích.

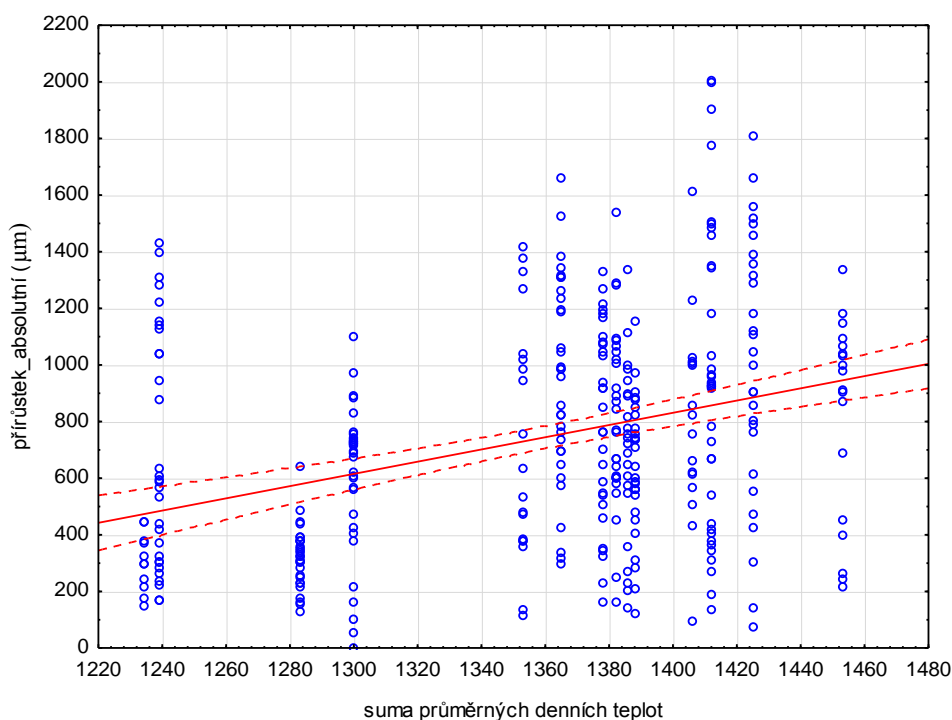
Nejmenší absolutní přírůstek testovaných jedinců perlorodky říční byl na lokalitách Lužní potok 2, Lužní potok 3, kde byly zároveň zaznamenány nejnižší průměrné teploty (13,4 °C a 13,8 °C) (obr. 25). Ve dvou profilech v Újezdském potoce (11 a 1) také průměrná teplota dosahovala maximálně 14°C a přírůstek zde byl také poměrně nízký (tab. 2). Naopak nejvyšší přírůstky byly zaznamenány v obou profilech v potoce Bockbach, kde i průměrná teplota za celou dobu trvání dlouhodobých

bioindikací patřila k nejvyšším (15,4 a 15,5°C). I na dalších lokalitách, kde průměrné teploty dosáhly přibližně 15 °C, byly přírůstky poměrně vysoké.



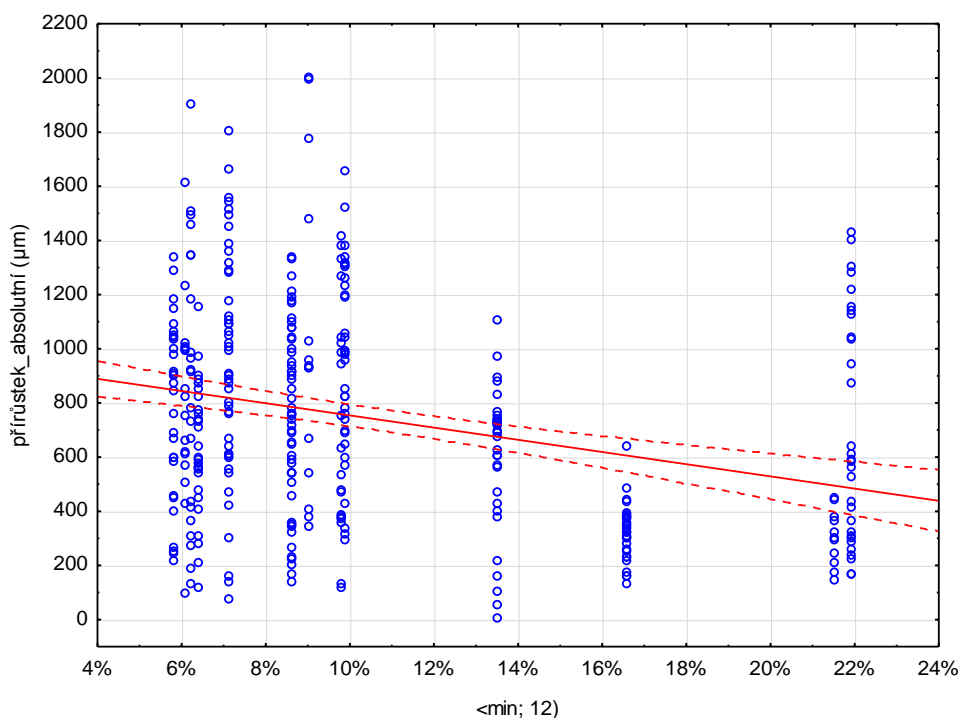
Obr. 25: Průměrný absolutní přírůstek perlorodky říční (± S.D.) a průměrná teplota v jednotlivých profilech.

Statistickou korelací byla vyhodnocena závislost přírůstků testovaných jedinců perlorodky říční. Vztah mezi sumou průměrných denních teplot v profilu a absolutním přírůstkem perlorodky říční byl statisticky průkazný na hladině významnosti $p < 0,0500$ (obr. 26). Korelace byla pozitivní ve směru rostoucí sumy teplot ($R^2 = 0,1084$)

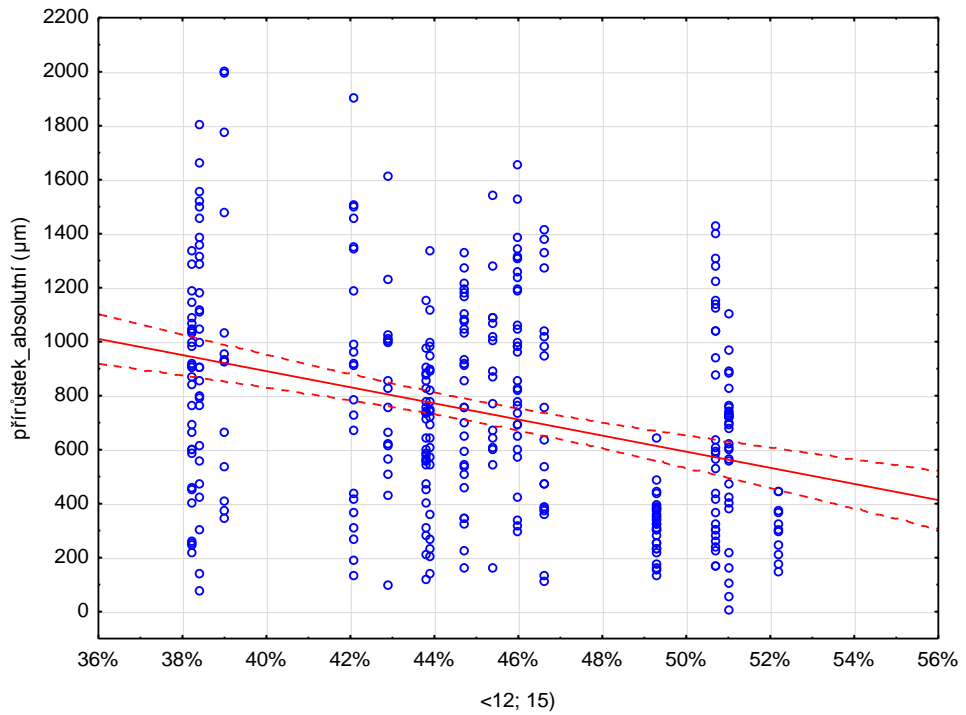


Obr. 26: Závislost absolutního přírůstku p. říční (1+) na průměrné teplotě vody.

Statisticky byly testovány také individuální přírůstky perlorodky říční ve vztahu k jednotlivým teplotním kategoriím. Vztah přírůstku ke všem teplotním kategoriím vody byl statisticky průkazný na hladině významnosti $p < 0,0500$. Závislost teplotních kategorií vody $< \text{min}; 12)$ °C a $< 12; 15)$ °C byla negativní, což znamená, že teploty pod 15 °C snižují přírůstky perlorodky říční (1+) (obr. 27 a 28).

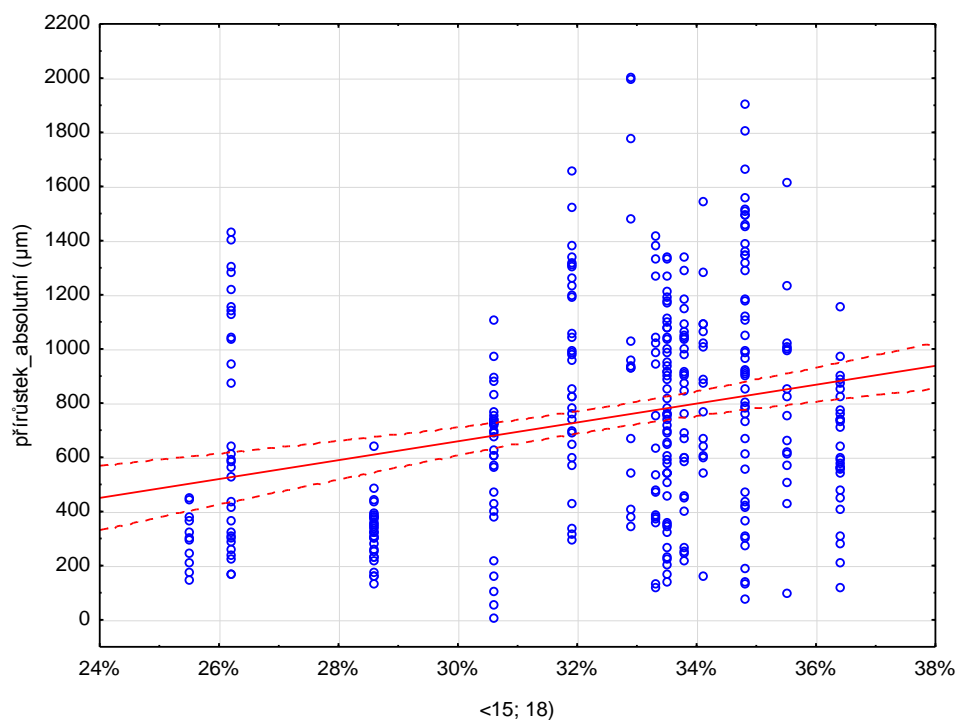


Obr. 27: Závislost mezi absolutním přírůstkem perlorodky říční (1+) a procentickým zastoupením teplotní kategorie $< \text{min}; 12)$ ($R^2 = 0,0784$).

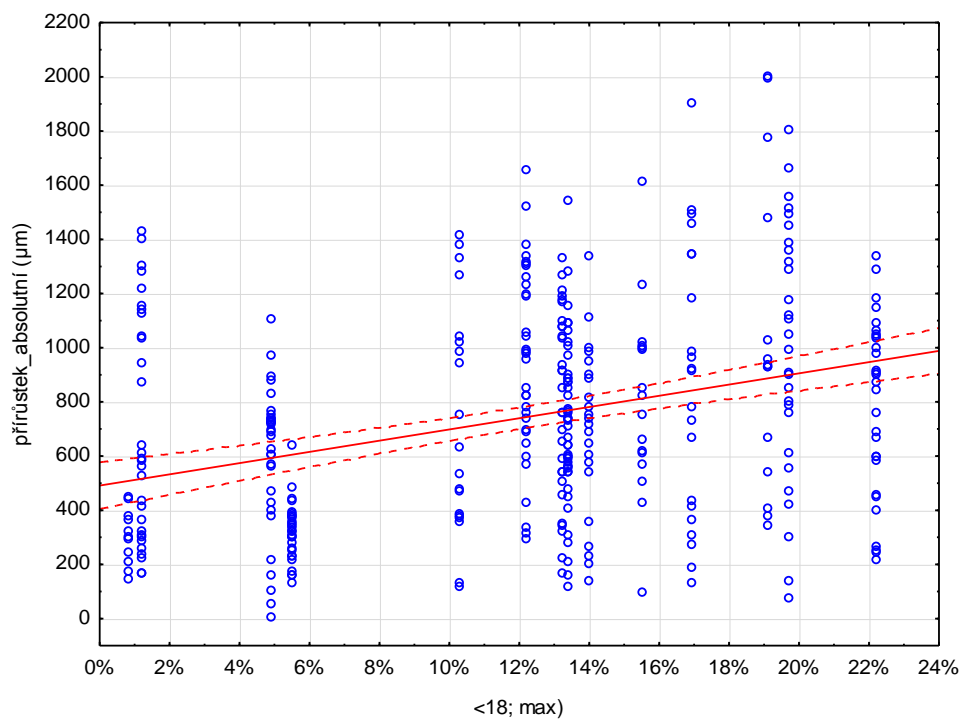


Obr. 28: Závislost mezi absolutním přírůstkem perlorodky říční (1+) a procentickým zastoupením teplotní kategorie <12;15) ($R^2 = 0,1014$).

Závislost teplotních kategorií vody <15;18) °C a <18;max) °C byla pozitivní, což znamená, že teploty nad 15 °C zvyšují přírůstky perlorodky říční (1+) (obr. 29 a 30).



Obr. 29: Závislost mezi absolutním přírůstkem perlorodky říční (1+) a procentickým zastoupením teplotní kategorie <15;18) ($R^2 = 0,0668$).



Obr. 30: Závislost mezi absolutním přírůstkem perlorodky říční (1+) a procentickým zastoupením teplotní kategorie <18;max) ($R^2 = 0,1029$).

4. 2. Dlouhodobé bioindikace pomocí jednoleté (1+) a dvouleté (2+) perlorodky říční

Pro test dlouhodobých bioindikací v kombinaci jednoletých a dvouletých perlorodek říčních bylo použito, ve stejném časovém období jako u dlouhodobých bioindikací jednoletých perlorodek říčních, celkem 140 jedinců (70 jedinců jednoletých a 70 jedinců dvouletých) na stejných šesti tocích. Celkem přežilo 66 jedinců (31 jednoletých a 35 dvouletých perlorodek), tj. 47 %. Jednoletých perlorodek říčních přežilo 44 % a dvouletých perlorodek přežilo 50 % (tab. 4).

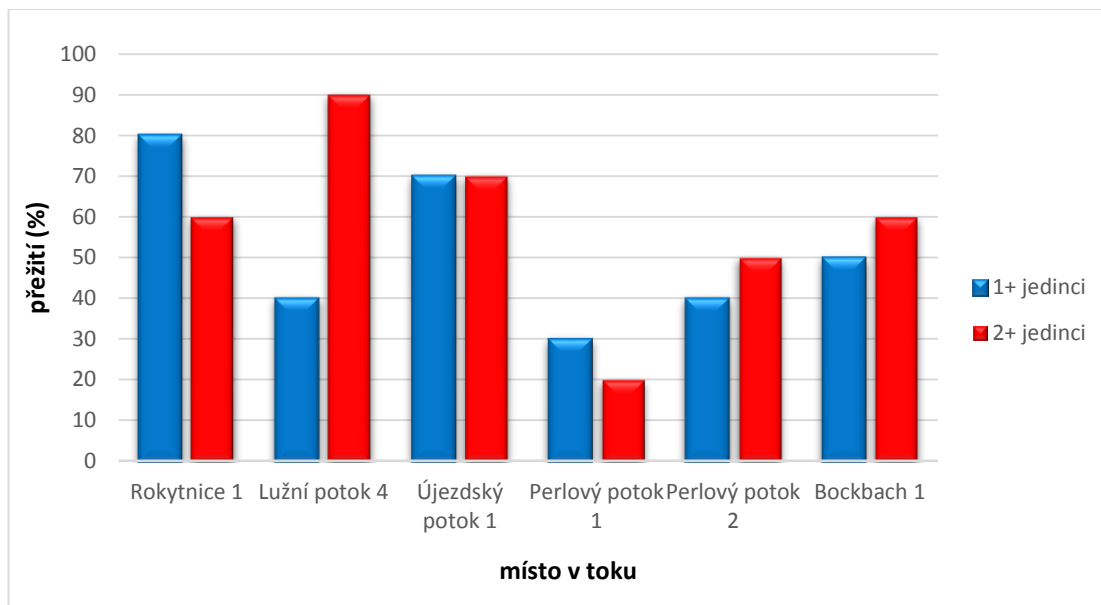
Tab. 4: Absolutní a relativní přežití 1+ a 2+ jedinců perlorodky říční ve vybraných profilech v jednotlivých tocích. Profily vybrané pro kombinaci 1 + a 2+ testovaných jedinců v dlouhodobých bioindikacích.

Tok	Místo v toku	Počet jedinců 1+ (ks)	Počet jedinců 2+ (ks)	Přežití 1+ (ks)	Přežití 2+ (ks)	Přežití 1+ (%)	Přežití 2+ (%)
Rokytnice (S. Regnitz)	Rokytnice 1	10	10	8	6	80	60
Lužní potok (Zinnbach)	Lužní potok 4	10	10	4	9	40	90
Pekelský potok (Höllbach)	Pekelský potok 3	10	10	0	0	0	0
Újezdský potok (Mähringsbach)	Újezdský potok 1	10	10	7	7	70	70
Perlový potok (Perlenbach)	celkem v toku	20	20	7	7	40	35
	Perlový potok 1	10	10	3	2	40	20
	Perlový potok 2	10	10	4	5	40	50
Bockbach	Bockbach 1	10	10	5	6	50	60
celkem	celkem toky	70	70	31	35	44	50

Nejvíce jednoletých perlorodek říčních přežilo v (1) Rokytnici 1 (80 %), (2) Újezdském potoce 1 (70 %) a (3) Bockbachu 1 (50 %). V ostatních profilech bylo přežití jednoletých jedinců 40 %. Nejvíce dvouletých perlorodek přežilo v (1) Lužním potoce 4 (90 %), (2) Újezdském potoce 1 (70 %), (3) Bockbachu 1 a Rokytnici 1 (60 %). Přežití dvouletých jedinců v Perlovém potoce 1 bylo jen 20 % (tab. 4).

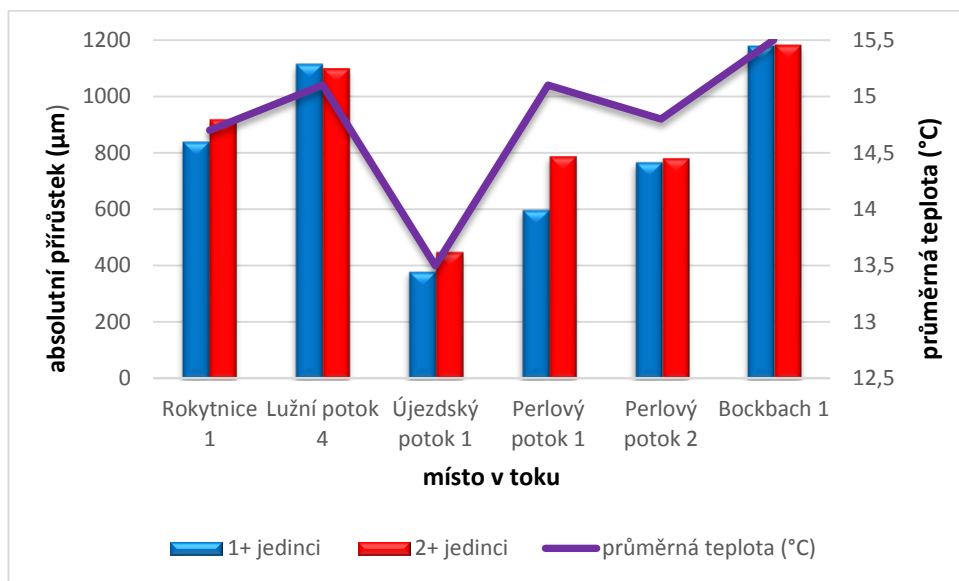
Přežití obou věkových skupin bylo stejné v Újezdském potoce 1 (70 %). Naopak největší rozdíl v přežití 1+ a 2+ jedinců byl v Lužním potoce 4, kdy

jednoletých perlorodek přežilo jen 40 %, zatímco dvouletých 90 %. Nejnižší přežití u obou věkových skupin bylo v Perlovém potoce 1 (obr. 31). Ze statistických hodnocení byla vyřazena lokalita Pekelský potok 4, protože zde na konci testu nebyl nalezen žádný živý jedinec, pouze prázdné schránky.



Obr. 31: Přežití jednoletých a dvouletých perlorodek říčních ve vybraných profilech v tocích.

Nejvyšší absolutní přírůstek obou věkových skupin byl v profilu (1) Bockbach 1 (1+ 1177 μm a 2+ 1179 μm) a (2) Lužním potoce 4 (1+ 1114 μm a 2+ 1179 μm). V obou těchto profilech byla zároveň i nejvyšší průměrná teplota (15,5 °C a 15,1 °C). Nejnižší absolutní přírůstek byl v profilu Újezdský potok 1, a to opět u obou věkových skupin (1+ 380 μm a 2+ 449 μm), zároveň zde byla i nejnižší průměrná teplota (13,5 °C). Obě věkové skupiny přirůstaly ve všech testovaných profilech téměř stejně, rozdílný byl profil Perlový potok 1, kde byl absolutní přírůstek dvouletých jedinců o 188 μm vyšší (obr. 32).



Obr. 32: Absolutní přírůstek jednoletých a dvouletých perlůrodek říčních a průměrná teplota za období bioindikací ve vybraných profilech v tocích.

5. DISKUZE

Svou diplomovou prací navazuji na práci Ing. Ondřeje Spisara, Ph.D., který provádí dlouhodobé bioindikační testy na různých lokalitách a v různém rozsahu již od roku 2008. Stejně lokality, které hodnotím v mé diplomové práci, byly testovány již v roce 2013 (SPISAR, 2013). Dlouhodobé bioindikace „*in situ*“, tak jak jsou popsány v metodice této diplomové práce, jsou prováděny jen v České republice. Ostatní země nacházející se v areálu výskytu perlorodky říční je provádějí jiným způsobem dle charakteru lokalit nebo teprve metodiku bioindikací testují (SPISAR, ústní sdělení). Každý tok je individuální a přežití i přírůstky se mohou, nejen mezi jednotlivými roky, ale i v rámci vybraných profilů v toku, velmi lišit. Vzhledem k tomu je vhodné porovnávat stejné toky a pokud možno i stejné profily.

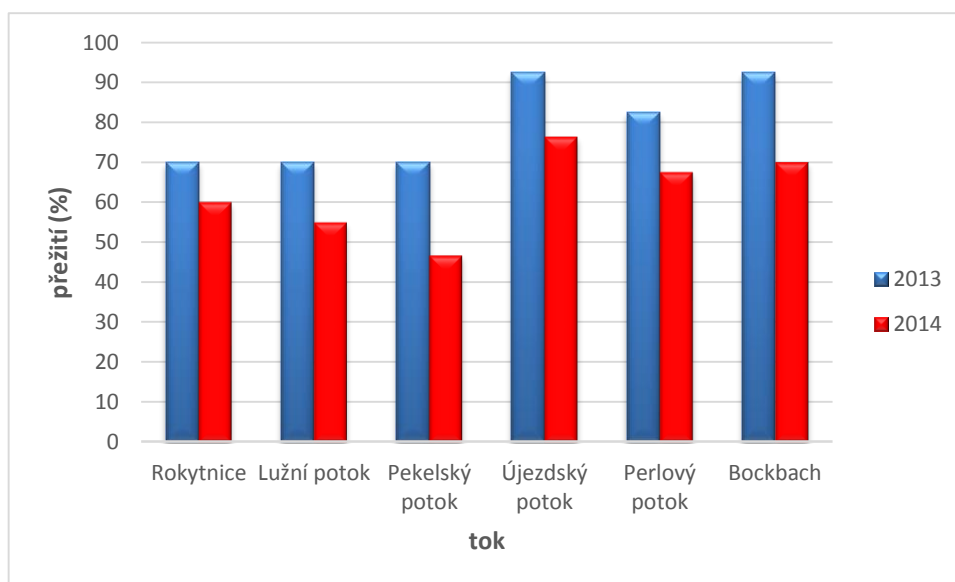
5.1. Celkové přežití a růst v roce 2013 a 2014 ve všech tocích

Dlouhodobé bioindikační testy byly prováděny jak v roce 2013 (SPISAR, 2013), tak v roce 2014 na těchto tocích: Rokytnice (S. Regnitz), Lužní potok (Zinnbach), Pekelský potok (Höllbach), Újezdský potok (Mähringsbach), Perlový potok (Perlenbach) a Bockbach. V obou rocích bylo použito 600 juvenilních jedinců perlorodky říční ve věku 1+. V roce 2013 bylo průměrné přežití ve všech tocích 80 % (SPISAR, 2013), což bylo o 17 % více než v roce 2014 (63 %). Rozdíl v přežití mohl být částečně způsoben i jednou ztracenou destičkou v roce 2014 v toce Bockbach tzn., že na jedné lokalitě se ztratilo celkem 20 testovaných jedinců, kteří tak nemohli být zahrnuti do statistického hodnocení. Naopak absolutní přírůstek perlorodky říční byl v roce 2013 jen 555 μm (SPISAR, 2013), zatímco v roce 2014 přirostli jedinci perlorodky říční (1+) o 755 μm . I přesto, že průměrná teplota za celé období bioindikací v roce 2013 a 2014 byla stejná (2013: $15^{\circ}\text{C} \pm 1,03$; 2014: $15^{\circ}\text{C} \pm 0,71$), tak vyšší přírůstek v roce 2014 mohl být způsoben vyšší sumou teplot v této sezóně 2014 (20 416 $^{\circ}\text{C}$). Na základě dat dle SPISAR (2013) byla suma průměrných denních teplot v roce 2013 jen 15 726 $^{\circ}\text{C}$. V roce 2013 byly také nižší průtoky a některá prameniště vyschlá. K vyššímu přírůstku mohly přispět kromě teploty a průtoky i hydrochemické parametry, které ovšem byly v roce 2014 změřeny jen akvaristickými testy, což bylo nedostačující pro statistické zhodnocení. Pro další sledování by bylo dobré se na toto zaměřit. Vyrovnaným tokem byla řeka Rokytnice, a to jak v přežití (obr. 33), tak přírůstku (obr. 34) perlorodky říční (1+). Toto je zřejmě dáno velikostí

toku, čím mohutnější a delší je tok, tím je i vyrovnanější (není tolik náchylný na průtoky, má více zdrojů a větší povodí) a řeka Rokytnice je největším z testovaných toků (SPISAR, ústní sdělení).

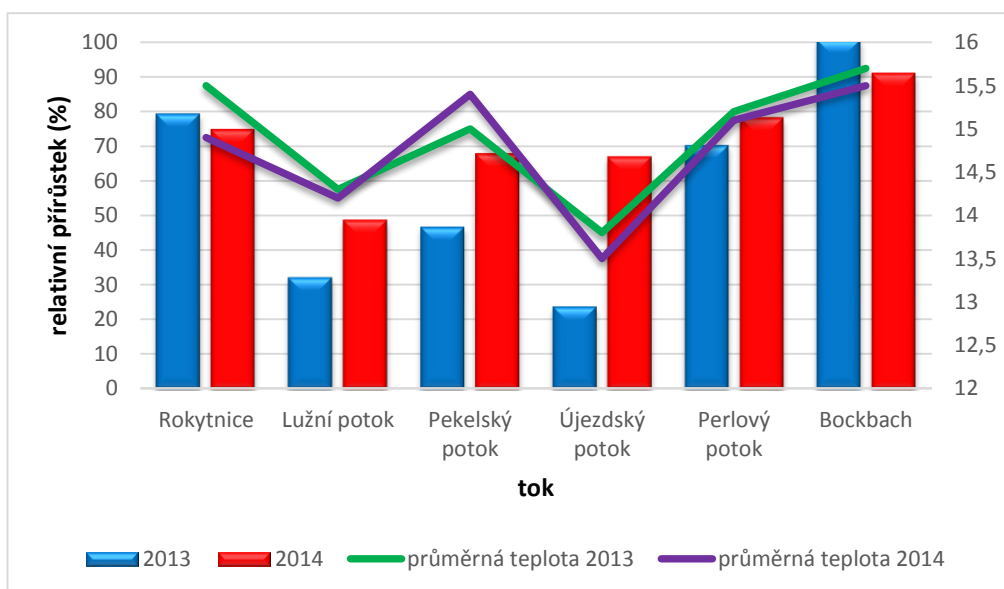
5.2. Srovnání přežití a růstu v jednotlivých tocích v roce 2013 a 2014

Jak již bylo zmíněno, přežití na všech tocích bylo v roce 2014 celkově nižší než v roce 2013 (obr. 33). Nejvyšší přežití bylo zaznamenáno v tocích Újezdský potok, Bockbach a Perlový potok, a to jak v roce 2013 (SPISAR, 2013), tak v roce 2014. To ukazuje, že i přes variabilitu jednotlivých roků, zůstávají zásadní výsledky stejné. Přežití v ostatních tocích (Rokytnice, Lužní potok, Pekelský potok) bylo v roce 2013 70 %, zatímco v roce 2014 bylo přežití v těchto tocích variabilnější (obr. 33). V řece Rokytnici bylo přežití 2014 podobné tomu v roce 2013 (60 %). Naopak v Pekelském potoce bylo přežití výrazně nižší v roce 2014 (46,7 %). Toto mohlo být způsobeno již zmiňovanou velikostí toku, kdy Pekelský potok je menším tokem a je navíc ovlivňován rybníky, které jsou z něho napájené. Přes léto zde kolísá jak hladina, tak průtok (SPISAR, 2012).



Obr. 33: Srovnání přežití perlorodky říční (1+) v jednotlivých tocích v letech 2013 dle SPISAR (2013) a 2014.

Přírůstky na většině lokalit byly v roce 2014 vyšší než v roce 2013 s výjimkou přírůstků v řece Rokytnici a potoce Bockbach (obr. 34). Celkově v obou letech perlorodky nejvíce přirostly na lokalitě Bockbach, Rokytnice a Perlový potok. Tyto tři toky jsou zároveň teplejšími. Nejméně v obou letech přirůstali jedinci v Lužním potoce, který je chladným tokem (obr. 34). V Újezdském potoce přirostli testovaní jedinci v roce 2013 pouze o 24 %, v roce 2014 přirostli již o 67 %. Tento rozdíl mohl být způsoben tím, že v roce 2013 zde byl sledován jeden profil a v roce 2014 zde byly sledovány profily dva. Podobně tomu mohlo být u Pekelského potoka, kde v roce 2013 testovaní jedinci přirostli o 47 % a v roce 2014 již o 68 % (obr. 34). V tomto toku byly v roce 2013 sledovány čtyři profily a v roce 2014 tři profily. Jeden profil, který se ukázal být v roce 2013 neúživným, nebyl již sledován.

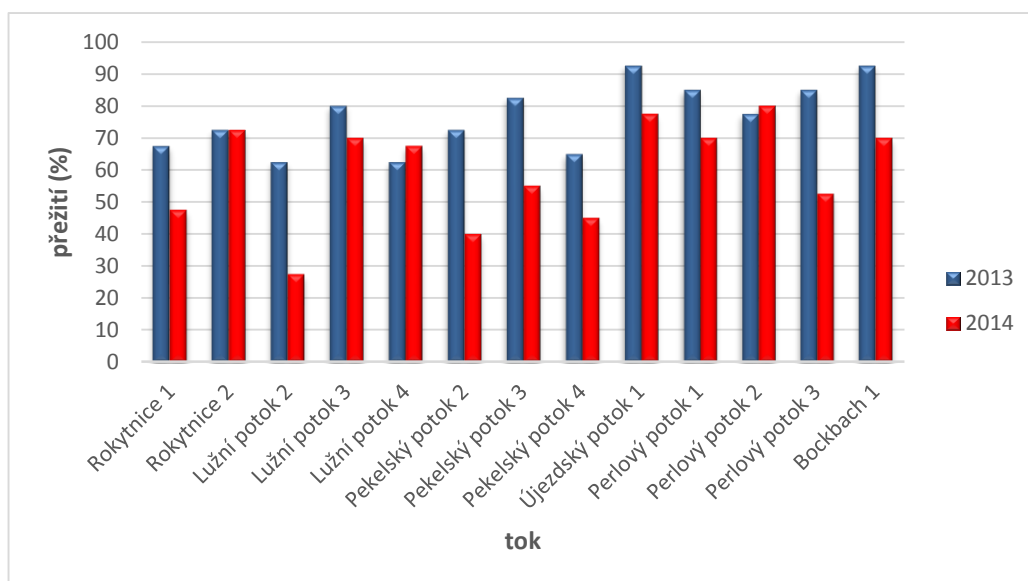


Obr. 34: Relativní přírůstek perlorodky říční (1+) a průměrné teploty v jednotlivých tocích v letech 2013 dle SPISAR (2013) a 2014.

5.3 Srovnání přežití a růstu v jednotlivých profilech v letech 2013 a 2014

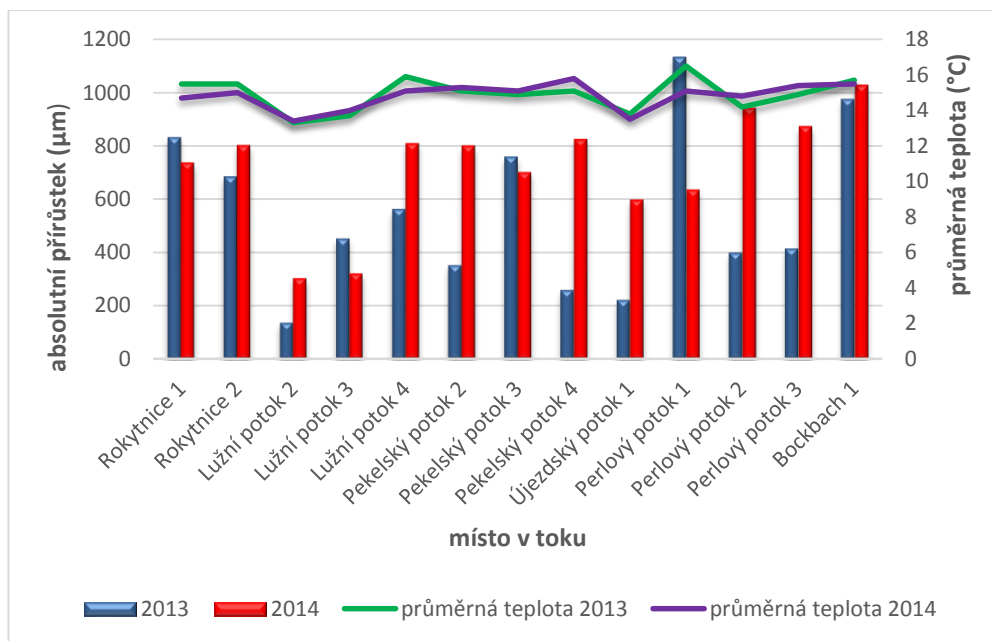
V obou srovnávaných letech byly pro sledování vybrány téměř stejné profily. V roce 2013 byl oproti roku 2014 ubrán Lužní potok 1 a Pekelský potok 1 a naopak v roce 2014 byl přidán Újezdský potok 11 a Bockbach 11. Vyřazené profily se v roce 2013 ukázaly jako neúživné. V Lužním potoce 1 byl absolutní přírůstek pouze 62 μm a v Pekelském potoce 1 byl absolutní přírůstek 211 μm . Tyto čtyři profily nejsou dále zahrnuty do srovnání. Jak již bylo zmíněno u hodnocení toků, i zde se ukazují jako

stabilnější profily ve větších tocích (Rokytnice) než v těch menších (Pekelský potok) (obr. 35).



Obr. 35: Srovnání přežití perlorodky říční v jednotlivých profilech v letech 2013 dle SPISAR (2013) a 2014.

Vyrovnané přírůstky byly v Rokytnici 2, Rokytnici 1, Pekelském potoce 3, Bockbachu 1 a Lužním potoce 3 (obr. 36). Naopak velké rozdíly byly v Perlovém potoce 1, kde v roce 2013 byl absolutní přírůstek 1132 μm (SPISAR, 2013) a v roce 2014 636 μm , zároveň zde ale i průměrná teplota v roce 2013 byla 16,5°C a v roce 2014 o více jak 1°C méně (15,1°C). V Újezdském potoce 1 se teplota téměř nelišila, a přesto zde byl přírůstek v roce 2014 vyšší o 377 μm (obr. 36). Toto způsobila regulace nátoky do okolních rybníků, čímž se vyrovnaly průtoky oproti roku 2013 a nedocházelo tak k poklesu hladiny.



Obr.: 36 Absolutní přírůstek perlorodky říční a průměrná teplota v jednotlivých profilech v letech 2013 dle SPISAR (2013) a 2014.

5.4 Závislost absolutního přírůstku na teplotě

Metodika korelací mezi teplotou, teplotními intervaly a absolutním přírůstkem byla provedena dle SPISAR (2013). SPISAR (2013) neprokázal závislost mezi teplotou a absolutním přírůstkem oproti mé práci, ve které jsem tuto závislost prokázala. To bylo zřejmě způsobeno použitím absolutních přírůstků i se zápornými hodnotami (mrtví jedinci), čímž došlo ke snížení síly testu. Vzhledem k tomu že není možno zjistit, kdy jedinci uhynuly, ruší záporné hodnoty přírůstku celou závislost, proto samotné rozlišení přežití a přírůstku přežitých jedinců je pro vlastní bioindikace důležitější.

5.5 Porovnání přežití a růstu jednoletých a dvouletých perlorodek říčních

Celkové přežití dvouletých perlorodek ve všech tocích bylo větší než u jednoletých perlorodek říčních. Jedinci obou věkových kategorií však přirůstaly podobně (obr. 32). Dle očekávání bylo celkové přežití dvouletých perlorodek vyšší, ovšem přírůstek mohl být ovlivněn menší velikostí dvouletých jedinců, jež byly v roce 2013 použity do bioindikačních testů, jako jednoleté perlorodky říční. A také vzhledem ke kombinování dvou věkových skupiny bylo použito síto na Buddensikovu destičku pro jednoleté jedince. Standardně by se pro dvouleté jedince použilo síto s většími oky.

6. ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo bioindikačními testy vyhodnotit přežívání a růst perlorodky říční ve vybraných tocích v Ašském výběžku a tak určit vhodné lokality pro tento druh. Perlorodka říční je v České republice kriticky ohroženým druhem a hledání vhodných lokalit pro její odchov a následnou reintrodukci je nedílnou součástí její záchrany. V této práci bylo vybráno 6 toků, na které se umisťovaly destičky s juvenilními perlorodkami. Těmito toky byly: (1) Rokytnice, (2) Lužní potok, (3) Pekelský potok, (4) Újezdský potok, (5) Perlový potok a (6) potok Bockbach. Na některých lokalitách ve všech tocích byl srovnán růst a přežití jednoletých a dvouletých jedinců perlorodky říční.

Průměrné přežití na všech lokalitách bylo 63 % a průměrný absolutní přírůstek byl 755 μm . Největší přežití bylo zaznamenáno na lokalitě (1) Perlový potok 2 (80 %), (2) Újezdský potok 11 a 1 (78 % a 75 %) a (3) Rokytnice 2, Bockbach 11 a 1, Perlový potok 1 (všechny 70 %). Nejhůře přežívali jedinci na lokalitě (1) Lužní potok 2 (28 %), (2) Pekelský potok 2 a 4 (40 % a 45 %) a (3) Rokytnice 1 (48 %). Přežití dvouletých jedinců (50 %) bylo vyšší než u jednoletých jedinců (44 %) za sledované období bioindikací.

Nejvíce přirostli jedinci na lokalitě (1) Bockbach 1 (93 %), (2) Bockbach 11, Perlový potok 2 (89 %) a (3) Perlový potok 3, Rokytnice 2 (82 % a 81 %). Naopak nejméně přirůstali jedinci na lokalitě (1) Lužní potok 2 (26 %), (2) Lužní potok 3 (31 %) a (3) Pekelský potok 3 a Újezdský potok 11 (62 %). Růst jednoletých jedinců a dvouletých jedinců byl srovnatelný.

Teplota vody statisticky průkazně ovlivňuje přírůstek perlorodky říční ($R^2 = 0,1084$). Na lokalitě Bockbach 1, kde jedinci nejvíce přirůstali, byla i nejvyšší průměrná teplota (15,5°C) v dalších lokalitách, kde jedinci nejvíce přirůstali, průměrná teplota také dosahovala 15°C.

Na základě výsledků této práce bych z pohledu přírůstků jako vhodné lokality pro perlorodku říční doporučila testované profily v potoce Bockbach a řece Rokytnici. Oba toky také při porovnání mezi dvěma roky, kdy zde byly bioindikace prováděny, byly vyrovnané (obr. 33 a 34). Kvalitním byly z pohledu přežití lokality v Újezdském potoce. Perlorodky se zde vyskytují po celé délce toku (SPISAR, ústní sdělení) a bylo by dobré zde populaci posílit jedinci z odchovů. Pekelský potok je tokem

nevyrovnáním. Dochází zde ke kolísání hladiny i průtoků, k zanášení toku a pod rybníky i ke zvyšování trofie (rostou zde řasy a rozsivky). Na druhou stranu je zde velká početnost přirozené populace a tu by bylo dobré posílit také jedinci z odchovů. Jako nejméně vhodné se ukázaly lokality Lužní potok 2 a 3, které byly chladné a přežití i přírůstky nízké.

7. POUŽITÉ ZDROJE

- 1) ABSOLON K. a HRUŠKA J. (1999): Záchranný program: Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758). Praha: AOPK ČR.
- 2) ARAUJO, R., a RAMOS, A. M. (2001): Action plan for *Margaritifera margaritifera* in Europe. Strasbourg: Convention on the conservation of European Wildlife and natural habitats.
- 3) BAUER, G. (1987): Reproductive Strategy of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. *The Journal of Animal Ecology*. vol. 56, issue 2, s. 691-704. DOI: 10.2307/5077.
- 4) BAUER, G. (1988): Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*. vol. 45, issue 4, s. 239-253. DOI: 10.1016/0006-3207(88)90056-0.
- 5) BAUER, G. (1992): Variation in the Life Span and Size of the Freshwater Pearl Mussel. *The Journal of Animal Ecology*. vol. 61, issue 2, s. 425 - 436. DOI: 10.2307/5333.
- 6) BERAN, L. (1998): Vodní měkkýši ČR. 1. vydání. Vlašim: ZO ČSOP Vlašim, s. 113. Metodika Českého svazu ochránců přírody, 17. ISBN 80-902-4694-X.
- 7) BERAN, L. (2002): Vodní měkkýši České republiky: rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam. Zlín: Muzeum jihovýchodní Moravy, s. 258 Sborník Přírodovědného klubu v Uherském Hradišti, Suppl. č. 10. ISBN 80-864-8505-6.
- 8) BERAN L., JUŘIČKOVÁ L. a HORSÁK M. (2005): Mollusca (měkkýši), s. 69-74. – In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. [eds.], Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, s. 760.
- 9) BIOMONITORING. AOPK ČR. [online]. 2014 [cit. 201-12-2]. Dostupné z: <http://www.biomonitoring.cz/>
- 10) DORT, B. (2012): Kolik je perlorodek ve Vltavě?: Velký mlž druhu *Margaritifera margaritifera* v Teplé Vltavě. *Šumava*. s. 14 - 15.
- 11) DYK, V. (1947): České perly: život, ochrana a národohospodářský význam perlorodek. 1. vydání, Praha: Jos. R. Vilímek. Světem a přírodou.
- 12) ERNSTBERGER, R. (2008) *Perlenbach*. Bayerns UrEinwohner.

- 13) GEIST, J. a KUEHN, R. (2004): Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management. *Molecular Ecology*. vol. 14, issue 2, s. 425-439. DOI: 10.1111/j.1365-294x.2004.02420.x.
- 14) GEIST, J. a AUERSWALD, K.(2007): Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*. 2007, vol. 52, issue 12, s. 2299-2316. DOI:10.1111/j.1365-2427.2007.01812.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2427.2007.01812.x>
- 15) GEIST, J. (2010): Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia*. vol. 644, issue 1, s. 69-88. DOI: 10.1007/s10750-010-0190-2. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10750-010-0190-2>
- 16) GUM, B., LANGE, M. a GEIST, J.(2011): A critical reflection on the success of rearing and culturing juvenile freshwater mussels with a focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. vol. 21, issue 7, s. 743-751. DOI: 10.1002/aqc.1222. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/aqc.1222>
- 17) HORSÁK, M., JUŘIČKOVÁ, L. a PICKA, J. (2013): Měkkýši České a Slovenské republiky: Molluscs of the Czech and Slovak Republics. 1. vydání. Zlín: Kabourek, 264 s. ISBN 978-808-6447-155.
- 18) IUCN: *The IUCN Red List of Threatened Species*. [online]. [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org>
- 19) MACHORDOM, A., ARAUJO, R., ERPENBECK, D. a RAMOS, A. M. (2003): Phylogeography and conservation genetics of endangered European Margaritiferidae (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Journal of the Linnean Society*. vol. 78, issue 2, s. 235-252. DOI: 10.1046/j.1095-8312.2003.00158.x.
- 20) MIGUEL, E . S., MONSERRAT, S., FERNÁNDEZ, C., AMARO, R., HERMIDA, M., ONDINA, P. a ALTABA C. R.(2004): Growth models and longevity of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in Spain. *Canadian Journal of Zoology*. vol. 82, issue 8, s. 1370-1379. DOI: 10.1139/z04-113.

- 21) NOWAK, W. (1936): Perlorodka říční a její perly: se zvláštním zřetelem k poměrům v republice Československé. Praha: Ministerstvo zemědělství republiky Československé.
- 22) Ochrana přírody a krajiny v České republice. AOPK ČR. [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=default_cz
- 23) PATZENHAUEROVÁ, H., SPISAR, O. a BRYJA, J. (2011):. Perlorodka říční - mlž na rozcestí. *Živa.*, č. 2, 80 - 81.
- 24) PFLEGER, V. (1988): Měkkýši. *Artia*, p. 191.
- 25) SIMON, O., DOUDA K., KUBÍKOVÁ. L. (2010): Perlorodka říční: a naši další velcí mlži. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. s. 3.
- 26) SKINNER, A., YOUNG, M. a HASTIE, L. (2003): Ecology of the Freshwater Pearl Mussel. *Conserving Natura 2000 Rivers*. 2003.
- 27) SPISAR, O. (2013): Polopřirozený chov perlorodek říčních (*Margaritifera margaritifera*) a studium jejich nutričních požadavků. České Budějovice, 2013. Disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
- 28) SPISAR, O. (2012): Inventarizace perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) v povodí Rokytnice. Závěrečná zpráva za roky 2011 a 2012. Depon. Archiv Bund-Naturschutz. Hof. Něnecko. s. 59.
- 29) ŠVANYGA, J., SIMON, O., MINÁRIKOVÁ, T., SPISAR, O. a BÍLÝ, M. (2013): Záchraný program perlorodky říční - *Margaritifera margaritifera* v České republice. Praha: AOPK ČR, s. 151.
- 30) TAEUBERT, J. E., GUM, B. a GEIST, J. (2013):. Variable development and excystment of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) at constant temperature. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*. vol. 43, issue 4, s. 319-322. DOI: 10.1016/j.limno.2013.01.002.
- 31) THOMAS, G. R., TAYLOR, J. a LEANIZ, C. G. (2010): Captive breeding of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Endangered Species Research*. vol. 12, issue 1, s. 1-9. DOI: 10.3354/esr00286.
- 32) Záchrané programy AOPK ČR. AOPK ČR [online]. [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.zachraneprogramy.cz/>

8. PŘÍLOHY

Příloha 1: Pohled na Buddensikovu destičku, používanou k dlouhodobým bioindikacím, při sběru na konci sezóny (NIEDLOVÁ, 2014).



Příloha 2: Laboratoř se zařízením používaným při zakládání a vyhodnocování dlouhodobých bioindikací (NIEDLOVÁ, 2014).

