

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA EKOLOGIE**

**MAKROZOOBENTOS KLÍČOVÝCH PROFILŮ**  
**PP VLTAVSKÝ LUH**  
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

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

Diplomantka: Bc. Stefanie Audyová

2022

**CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCE**  
**PRAGUE**  
**FACULTY OF ENVIRONMENTAL SCIENCES**  
**DEPARTMENT OF ECOLOGY**

**MACROINVERTEBRATES OF KEY PROFILES**  
**IN VLTAVSKY LUH NATIONAL MONUMENT**  
**DIPLOMA THESIS**

Supervisor: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Autor: Bc. Stefanie Audyová

2022

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Stefanie Audyová

Krajinné inženýrství  
Voda v krajině

Název práce

**Makrozoobentos klíčových profilů PP Vltavský luh**

Název anglicky

**Macroinvertebrates of key profiles in Vltavsky Luh National Monument**

---

### Cíle práce

Vyhodnotit časoprostorovou heterogenitu makrozoobentosu na základě tříletého vzorkování v klíčových profilech vodních toků v PP Vltavský luh

profilech vodních toků v PP Vltavský luh.

### Metodika

- účast na odběrech vzorků a jejich sortování
- zpracování přehledů časoprostorových změn společenstev makrozoobentosu na základě determinovaných vzorků (dodaná data)
- vyhodnocení dat v závislosti na době odběru, odběrovém profilu a chemismu vody (dodaná data)
- bioindikační zhodnocení výsledků ve vztahu k biotopu perlorodky říční

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

makrozoobentos, Vltavský luh, bioindikace

---

**Doporučené zdroje informací**

ALLAN, J D. – CASTILLO, M M. Stream ecology : structure and function of running waters. Dordrecht: Springer, 2009. ISBN 978-1-4020-5582-9.

ROZKOŠNÝ, R. Klíč vodních larev hmyzu. Praha: Academia, 1980.



---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/22 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2019

**Prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2019

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 6. 03. 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Makrozoobentos klíčových profilů PP Vltavský luh“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou 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 diplomové 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 Praze, 31.3. 2022:

## **Poděkování**

Chtěla bych především poděkovat svému vedoucímu práce Mgr. Michalu Bílému Ph.D., nejen za cenné rady a vedení diplomové práce, ale i za celkový osobní přístup, jak při psaní této práce, tak i při terénních odběrech a absolvování kurzu Biologie vodních organismů. Dále mé díky patří všem kolegům, kteří se účastnili terénních odběrů a determinace, za přátelskou atmosféru a možnost zúčastnit se celého průběhu odběru a sortování vzorků. Jmenovitě bych chtěla poděkovat vedoucí odběrů Mgr. Kamile Tiché, Ph.D. a RNDr. Zuzaně Hořické, Ph.D. za poskytnutí dat k analýzám a konzultací.

Veliké díky patří Bc. Hifi Štípské za psychickou podporu při studiu a za pomoc s korekturou. Mnohokrát děkuji své babičce Evě Kudelové, která mě inspirovala ke studiu vodního hospodářství a ekologie. V neposlední řadě děkuji přátelům a kolegům z oboru, kteří mě svým nadšením inspirovali k pokračování ve studiu.

## Abstrakt

Tato diplomová práce je vyhodnocením časoprostorové rozložení taxonomických skupin makrozoobentosu nalezených při odběrech na lokalitách Horního toku Vltavy v NP Šumava, Vltavský luh. Odběry makrozoobentosu byly uskutečněny modifikovanou metodou PERLA v rámci projektu *Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava*, vždy na jaře a na podzim v letech 2018 až 2020 na šesti vybraných lokalitách. Celkem bylo ve 166 vzorcích nalezeno 114 203 jedinců makrozoobentické fauny. Nejzastoupenější taxonomickou skupinou, jež tvořili 20 % z celkového počtu nalezených jedinců, byli chrostíci, následováni máloštětinatci, pakomáry a jepicemi.

Z EPT taxonů byla počítána biodiverzita jednotlivých lokalit a habitatů. Nejvyšší biodiverzitu za všechny tři roky měla lokalita Studená Vltava – nad Hučinou na jaře 2018 ( $I_{div} = 0,0741$ ). Z habitatů měl nejvyšší biodiverzitu písek taktéž na jaře 2018 ( $I_{div} = 0,2818$ ). Habitat s největší abundancí byla makrofyta s 22 % všech nalezených jedinců. Mezi lokalitami byla abundance nejvyšší na lokalitě Vltavě – Ovesná.

Celkově nejhojněji zastoupenými druhy EPT taxonů byly *Silo nigricornis* (4889 jedinců), *Rithrogena semicolorata* (2191 jedinců) a *Amphinemura sulcicollis* (979 jedinců). Bylo také nalezeno 14 druhů ze skupin jepic, pošvatek, chrostíků, máloštětinatci a dalších, které jsou zařazeny v Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky.

**Klíčová slova:** makrozoobentos, Teplá Vltava, Vltavský luh, biodiverzita, EPT taxony

## Abstract

This diploma thesis is an evaluation of the spatiotemporal distribution of taxonomic groups of macrozoobenthos found during sampling at the localities of the Upper Vltava River in the Šumava National Park, Vltavský luh. Macrozoobenthos sampling was carried out using the modified PERLA method within the project Strengthening and protection of freshwater pearl mussel populations in the Šumava National Park. The sampling was done in spring and autumn from the year 2018 to 2020 at six selected localities. A total of 114,203 individuals of macrozoobenthic fauna were found in 166 samples. The most represented taxonomic group, which accounted for 20% of the total number of individuals found, was caddisflies followed by aquatic oligochaetes, midges and mayflies.

The biodiversity of individual localities and habitats was calculated from EPT taxa. In the spring of 2018, the Studená Vltava – nad Hučinou locality had the highest biodiversity in all three years of sampling ( $I_{div} = 0,0741$ ). Of the habitats, the sand had the highest biodiversity, specifically in the spring of 2018 ( $I_{div} = 0,2818$ ). The habitat with the greatest abundance was a macrophyte with 22% of all individuals found. Among the localities, the abundance was the highest in the Vltava - Ovesná locality.

Overall, the most abundant species of EPT taxa were *Silo nigricornis* (4889 individuals), *Rithrogena semicolorata* (2191 individuals) and *Amphinemura sulcicollis* (979 individuals). There were also 14 species from the groups of mayflies, stoneflies, caddisflies, aquatic oligochaetes and others, which are included in the Red List of Endangered Species of the Czech Republic.

**Key words:** macrozoobenthos, Tepla Vltava River, Vltavsky Luh, biodiversity, EPT taxa



## Obsah

1. Úvod.....	2
2. Cíle práce .....	3
3. Literární rešerše .....	4
3.1. Tekoucí vody .....	4
3.1.1. Vybrané biotické a abiotické podmínky tekoucích vod.....	4
3.2. Makrozoobentos tekoucích vod .....	7
3.2.1. Chrostíci.....	9
3.2.2. Jepice.....	12
3.2.3. Pošvatky.....	14
3.2.4. Dvoukřídlí.....	16
3.2.5. Pakomárovití.....	17
3.2.6. Brouci.....	19
3.2.7. Měkkýši.....	20
3.2.8. Máloštětinatci.....	21
3.2.9. Pijavice.....	23
3.3. Biodiverzita.....	24
3.4. Bioindikace .....	25
3.4.1. Bodovací systém BMWP, ASPT .....	25
3.4.2. Bezobratlí jako bioindikátoři .....	27
3.5. Perlorodka říční.....	27
4. Zájmové území.....	30
4.1. Národní park Šumava.....	30
4.1.1. Natura 2000.....	30
4.1.2. Geomorfologie .....	31
4.2. Vltavský Luh.....	31
4.2.1. Geomorfologie a geologie.....	32
4.2.2. Pedologie.....	32
4.2.3. Hydrologie a hydrogeologie.....	32
4.2.4. Klima.....	34
4.2.5. Flora .....	36
4.2.6. Fauna.....	36
4.2.7. Ochrana přírody .....	37
4.2.8. Mrtvý luh .....	38
5. Metodika .....	39
5.1. Zájmové lokality .....	39
5.1.1. Teplá Vltava – nad Řasnicí.....	41
5.1.2. Řasnice – ústí.....	41

5.1.3.	Teplá Vltava – Dobrá.....	42
5.1.4.	Teplá Vltava – Chlum.....	43
5.1.5.	Studená Vltava – nad Hučínou.....	43
5.1.6.	Vltava – Ovesná.....	44
5.2.	Odběr makrozoobentosu metodou PERLA.....	45
5.2.1.	Terénní část.....	45
5.2.2.	Příprava zpracování a uchování vzorků makrozoobentosu.....	48
5.2.3.	Determinace .....	51
5.3.	Zpracování a vyhodnocení dat .....	51
6.	Výsledky .....	54
6.1.	Celkové složení společenstva makrozoobentosu .....	54
6.2.	Druhové složení EPT taxonů .....	55
6.2.1.	Druhové složení jepic.....	55
6.2.2.	Druhové složení pošvatek .....	56
6.2.3.	Druhové složení chrostíků .....	57
6.3.	Početnost a biodiverzita jednotlivých lokalit a habitatů .....	59
6.3.1.	Biodiverzita jednotlivých lokalit.....	59
6.3.2.	Biodiverzita jednotlivých habitatů .....	63
6.4.	Výsledky chemismu a zhodnocení jejich vlivu na složení bentické fauny .....	66
7.	Diskuse.....	73
7.1.	Druhové složení společenstva makrozoobentosu.....	73
7.1.1.	Nalezené ohrožené druhy .....	75
7.2.	Druhové složení habitatů .....	76
7.3.	Zhodnocení vlivu chemismu na složení bentické fauny .....	78
7.4.	Bioindikační zhodnocení výsledků ve vztahu k perlorodce říční a jejímu biotopu .....	80
8.	Závěr .....	81
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	83
10.	Seznam příloh .....	100

## Seznam zkratek

<b>A<sub>254</sub></b> – absorbance při 254 nm	<b>P-2018 (p_2018)</b> – podzimní odběr 2018
<b>AOPK ČR</b> - Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky	<b>P-2019 (p_2019)</b> – podzimní odběr 2019
<b>ASPT index</b> - The Average Score per Taxon	<b>P-2020 (p_2020)</b> – podzimní odběr 2020
<b>BMWP</b> - Biological Monitoring Working Party Score System	<b>P<sub>celk</sub></b> - celkový fosfor
<b>Ca</b> - vápník	<b>pH</b> - reakce vody (potenciál hydrogenu)
<b>COLEO</b> - coleoptera	<b>PLECO</b> - plecoptera
<b>ČHMÚ</b> - Český hydrometeorologický ústav	<b>PO</b> - ptačí oblast
<b>ČÚZK</b> - Český úřad zeměměřický a katastrální	<b>P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> - fosforečnany
<b>DIP</b> - diptera	<b>Q<sub>1</sub></b> - jednoletý průtok
<b>EPHE</b> - ephemeroptera	<b>Q<sub>10</sub></b> - desetiletý průtok
<b>EPT</b> - Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera	<b>Q<sub>100</sub></b> - stoletý průtok
<b>EVL</b> - evropsky významná lokalita	<b>Q<sub>5</sub></b> - pětiletý průtok
<b>CHIR</b> - chironomidae	<b>Q<sub>50</sub></b> - padesátiletý průtok
<b>I<sub>div</sub></b> - index biodiverzity	<b>Q<sub>a</sub></b> - dlouhodobého průměrného roční průtoku
<b>J-2018 (j_2018)</b> – jarní odběr 2018	<b>Q<sub>Ma</sub></b> - M-denní průtoky
<b>J-2019 (j_2019)</b> – jarní odběr 2019	<b>RBC</b> - regionální biocentrum
<b>J-2020 (j_2020)</b> – jarní odběr 2020	<b>RBK</b> - regionální biokoridor
<b>MOL</b> - mollusca	<b>RK</b> - regionální koridor
<b>N<sub>amon.</sub></b> - dusík amoniakální	<b>TRICHO</b> - trichoptera
<b>NL<sub>105</sub></b> - nerozpuštěné látky	<b>ÚSES</b> - územní systém ekologické stability
<b>N-NO<sup>2-</sup></b> - dusitany	<b>VAR</b> - varia
<b>N-NO<sup>3-</sup></b> - dusičnany	<b>VÚV TGM, v.v.i.</b> – Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše G. Masaryka, v.v.i.
<b>NRBC</b> - nadregionální biocentrum	
<b>NRBK</b> - nadregionální biokoridor	
<b>OLIGO</b> - oligochaeta	

# 1. Úvod

Oblast Šumavy je biogeograficky velmi cenná a představuje významné refugium pro ohrožené a vymírající druhy. V této oblasti se v Národním parku Šumava nad vzdutím přehrady Lipno nachází bývalá přírodní památka Vltavský luh s unikátní oligotrofní řekou Teplá Vltava a jejími přítoky. Vltavský luh je významný nejen svou květenou, ale i faunou, ze níž lze považovat za nejvzácnější perlorodku říční (*Margaritifera margaritifera*). Tento velký mlž se v České republice vyskytuje již jen na pár lokalitách, a to z důvodů vysokých požadavků na vodní prostředí, ve kterém žije. A právě Teplá Vltava je místem s nejpříznivějšími podmínkami pro život perlorodky. Kromě chemických parametrů vypovídá o vodním prostředí i společenstvo makrozoobentosu.

Z tohoto důvodu bylo v letech 2018 až 2020 prováděno vzorkování na vybraných lokalitách klíčových profilů toků Vltavského luhu. Tato práce si kladla za cíl zhodnotit časoprostorové změny společenstev makrozoobentosu na základě dodaných determinovaných vzorků makrozoobentosu v souvislosti s fyzikálně-chemickými a chemickými parametry. Jako taková předkládá tato práce ucelený přehled o kvantitativním a kvalitativním složení bentické fauny, biodiverzitách jednotlivých habitatů i lokalit a vztahu fyzikálně-chemických a chemických parametrů s makrozoobentosem.

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit časoprostorovou heterogenitu makrozoobentosu na základě tříletého vzorkování v klíčových profilech vodních toků v PP Vltavský Luh. Mezi dílčí cíle byly zvoleny následující body:

- Účast na odběrech vzorů a jejich sortování
- Zpracování přehledů časoprostorových změn společenstev makrozoobentosu na základě determinovaných vzorků z dodaných dat.
- Vyhodnocení dat v závislosti na době odběru, odběrovém profilu a dodaných dat chemismu vody
- Bioindikační zhodnocení výsledků ve vztahu k biotopu perlorodky říční.

## 3. Literární rešerše

Povrchové vody se dělí na lotické vody (tekoucí), jimiž jsou prameny, pramenné stružky, potoky a řeky, a lentické vody (stojaté) – jezera, rybníky, tůňe, močály. Přejídný charakter mají například údolní nádrže (Hartman et al. 2005).

### 3.1. Tekoucí vody

Jednosměrné a trvalé proudění je charakteristickým rysem tekoucích vod. Tekoucí vody jsou součástí říčních systémů, které umožňují šíření organismů a transport organických i anorganických látek. Spojení s mořem umožňuje výměnu mezi moři, oceány a sladkou pevninskou vodou. Pro tekoucí vody je charakteristický gradient morfologických, fyzikálně chemických a biologických vlastností toku v podélném profilu. Šířka, hloubka toku a teplota vody včetně jejího kolísání od pramene k ústí roste. Naopak klesá spád a rychlost proudu, mění se charakter dna, obsah kyslíku a složení biocenózy (Hartman et al. 2005).

Podélnou klasifikaci toku dle Illia a Botosaneana uvádí Lellák et. al. (Lellák a Kubíček 1991; ex. Illies a L. 1963) a Hartman (2005) jako dělení na tři zóny: krenon – prameny a pramenné stružky, rhithron – potoky a horní toky řek, potamon – střední a dolní úseky řek a veletoky. Rhithronu odpovídá v našich podmínkách pásmo pstruhové a lipanové, potamonu pak pásmo parmové a cejnové (Hartman et al. 2005).

Podle fyziografické struktury toku jsou rozlišovány 3 spolu související subsystemy, které se liší ve faktorech prostředí. Jedná se o reopelagiál (volná tekoucí voda), bentál (povrchová vrstva dna koryta toku do hloubky několika cm) a hyporeál (podříční dno s infiltrovanou říční vodou). Na rozdíl od volné vody je v bentálu rychlost vody mnohem pomalejší a v hlubších tocích je také menší světelná intenzita. Materiál dna je v příčném i podélném profilu toku kvalitativně i kvantitativně odlišný. Složení substrátu dna se liší podle hydraulických poměrů (Lellák a Kubíček 1991).

#### 3.1.1. Vybrané biotické a abiotické podmínky tekoucích vod

**Charakter substrátu** dna toku se liší jak v podélném, tak i příčném profilu toku, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole 3.1 Tekoucí vody (Hartman et al. 2005). Charakter substrátu je závislý na rychlosti a charakteru proudění (Spurný et al. 2015).

**Charakter proudění** je pro život organismů velmi důležitý. V tekoucích vodách převažuje jednosměrné proudění, což má naprosto zásadní vliv na další fyzikální a chemické parametry vody. V přírodě nacházíme převážně turbulentní proudění a jen málo se vyskytuje proudění laminární. Mimo to se v šířce i délce profilu toku vyskytují úseky turbulentního proudění i naopak velmi málo proudivé úseky s téměř stojatou vodou (Spurný et al. 2015).

**Rychlost proudění** v toku se mění jak v podélném, tak i příčném profilu a závisí především na spádu toku, charakteru dna a morfologii koryta (Spurný et al. 2015).

**Okysličení vody** je velmi důležité zvláště pro hmyz dýchající celým povrchem těla a druhy s abdominálními žábrami. Naopak některá zvířata jsou tolerantní ke kyslíkovému stresu, jako např. larvy pakomárů (*Chironomidae*) (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982; Schowalter 2016; Wellborn et al. 1996). Dostupnost rozpuštěného kyslíku závisí na dýchání organismů, fotosyntéze, atmosférické výměně, změně tlaku a teploty a přítoku podzemní vody (Connolly et al. 2004). Největší koncentrace rozpuštěného kyslíku bývá zpravidla v horních úsecích s nižší teplotou a rychlým proudem (Townsend et al. 2010) V hustých porostech vodní vegetace je koncentrace kyslíku přes den velmi vysoká díky fotosyntéze, naopak přes noc koncentrace klesá v důsledku respirace (Teixeira et al. 2015).

**Vegetace** v blízkosti vodního toku se liší v závislosti na geografických a geomorfologických rysech. Na území ČR je vegetace mimo jiné ovlivňována sezonalitou. Podmínky prostředí se také mění se vzdáleností od antropogenního vlivu a nadmořskou výškou (Townsend et al. 2010; García et al. 2014). Vodní vegetace udržuje chemicko-fyzikální parametry vody, reguluje sedimentaci a poskytuje úkryt a potravu nejen bentickým živočichům. Nejdůležitějším faktorem je však, jak již bylo zmíněno, produkce kyslíku jako odpadního produktu při fotosyntéze. Koncentrace rozpuštěného kyslíku se liší v závislosti na hustotě, velikosti a struktuře vodních rostlin (Teixeira et al. 2015).

**Anorganické látky** se ve vodním prostředí usazují na povrchu vegetace a substrátu. Zde vznikají sraženiny různých kovů v závislosti na pH prostředí a dostupnosti kyslíku. Železo, hliník, mangan a zinek tvoří nejčastější sraženiny (DeNicola a Stapleton 2002). Rozpuštěné kovy se z hornin uvolňují a dostávají do podzemní vody někdy

v toxických formách. Mezi typické těžké kovy patří například kadmium, rtuť, měď nebo olovo (Organizace spojených národů 2011). K acidifikaci dále přispívají i emise dusíku a síry, jejich ionty a sloučeniny (Bojková et al. 2012). Vysoké koncentrace iontů (hlavně  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) a kovů (Ni, Zn, Cd, Cu, Pb aj.) zapříčiňují redukcii abundance mimo jiné pošvatek, jepic a chrostíků (Friberg et al. 2010; Tchakonté et al. 2015)

Amoniakální dusík v podzemních a povrchových vodách je přítomen v desetinách  $\text{mg.l}^{-1}$ . V prokysličených vodách je nízký obsah amoniakálního dusíku výsledek nitrifikačních reakcí, při kterých jsou druhotným produktem dusičnany (Lellák a Kubíček 1991).

Hlavním zdrojem fosforu jsou sedimenty a bazické horniny a fosfátové nerosty. Ve vodních ekosystémů se nejčastěji fosforečnany vyskytují ve formě fosforečnanu železitého. V rozpustné formě je pak využíván fytoplanktonem a následně se dostává do koloběhu mezi živočichy. Fosfor oproti ostatním biogenním prvkům je limitující prvek v produkčních procesech vodních ekosystémů (Lellák a Kubíček 1991).

**Rekce vody** neboli pH (angl. Potential of Hydrogen, lat. Pondus hydrogenia) je definován jako záporný dekadický logaritmus látkové koncentrace vodíkových iontů. Rozsah stupnice je 1 až 14, kde 1-7 je kyselé prostředí a 7-14 zásadité prostředí. Čistá voda má poměr koncentrací vodíkových a hydroxylových  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  iontů roven 1:1, pH čisté vody je tedy rovno 7 (Lellák a Kubíček 1991). V přirozených vodách je však rozmezí menší: od pH 3 u kyselých rašelinných vod po pH 11 u vod, ve kterých probíhá intenzivní fotosyntéza (Hartman et al. 2005).

**Konduktivita** je schopnost kapaliny vést elektrický proud. Udává koncentraci iontů, čím je větší koncentrace rozpuštěných látek ve vodě, tím nabývá konduktivita větších hodnot. Lze ji definovat jako převrácenou hodnotu odporu kapaliny mezi dvěma elektrodami o jednotkové vzdálenosti na jednotkovou plochu. Nejčastěji je uváděna s jednotkami  $\mu\text{S/cm}$ . Přímo úměrně závisí na teplotě kapaliny (Soukup 2006).



### 3.2. Makrozoobentos tekoucích vod

Bentos je živá složka vodního ekosystému obývající bentál tekoucích a stojatých vod. Dle původu jej dělíme na fytoobentos a zoobentos, tedy na rostlinnou a živočišnou složku (Lellák a Kubíček 1991). Zoobentos lze dále rozdělit na faunu temporální a permanentní. Temporální fauna je na vodu vázaná pouze částí svého životního cyklu. Ve většině případů se jedná stadia od naklazení vajíček imagem, přes larvu až po imago, které vodu opouští. Tato skupina je zastoupena např. dvoukřídlými (*Diptera*), chrostíky (*Trichoptera*), pošvatkami (*Plecoptera*) nebo jepicemi (*Ephemeroptera*) (Hartman et al. 2005; Lellák a Kubíček 1991). Druhou skupinou je permanentní fauna, jenž je spojena s vodou po celý svůj životní cyklus. Mezi zástupce patří korýši (*Crustacea*), mlži (*Bivalvia*), plži (*Gastropoda*), máloštětinatci (*Oligochaeta*), brouci, (*Coleoptera*), pijavky (*Hrudinea*) a ploštěnci (*Platyhelminthes*) (Lellák a Kubíček 1991; Yanygina 2013).

Zoobentos lze mimo jiné dělit de velikosti živočichů na **mikrozoobentos** (organismy do velikosti 0,1mm), **mesobentos** (organismy veliké 0,1-2 mm) a **makrozoobentos** (organismy větší 2 mm) (Hartman et al. 2005).

Habitat výskytu makrozoobentosu (či bentosu obecně) je možným kritériem dělení. Dle substrátu ve kterém se vyskytuje lze živočichy členit na **psammofilní organizmy** žijící v písčítých sedimentech, **epilitické organizmy** vyskytující se na kameňitém podkladu a **epipelické organizmy** žijící v bahnitém sedimentu a **argiloreofilní organizmy** hlinitých břehů a náplavů (Allan a Castillo 1994; Lellák a Kubíček 1991; Ambrožová 2003).

**Epilické společenstvo** patří mezi druhově nejrozmanitější. Makrozoobentické společenstvo žijící na svrchní straně kamenů je především složeno z larev jepic (*Baetis*, *Oligoneuriella*), muchniček, pakomárů, chrostíků (*Anabolia*, *Brachycentrus*, *Silo*), plžů (*Ancylus*, *Bythinia*, *Lymnaea*) a brouků (*Elmidae*). Oproti tomu spodní povrch kamenů je bohatá na škálu druhů s různými potravními a kyslíkovými nároky. Mezi zástupce osidlující toto prostředí patří ploštěnky (*Tricladida*), pijavice, plži, korýši (*Gammarus*, *Asellus*), jepice (*Ecdyonurus*, *Rhitrogena*, *Epeorus*, *Ephemerella*), pošvatky (*Perlidae*, *Leuctridae*, *Nemouridae*), chrostíci (*Limnephilidae*, *Hydropsychidae*, *Rhyacophilidae*, *Polycentropidae*), ploštice či vodule. Některé dru-

hy živočichů žijí na obou stranách kamenů, jiné přelézají podle dostupnosti světla (Lellák a Kubíček 1991; Allan a Castillo 1994).

**Psammoreofilní společenstva** jsou oproti epilitickým společenstvům druhově i početně chudší. Nejlepší přizpůsobení pro tento druh dna mají některé druhy dvoukřídlých čeledí *Limoniidae*, *Tipulidae* a *Chironomidae* (pakomárovití). Kromě dvoukřídlých je zde možné nalézt měkkýše, chrostíky čeledí *Leptoceridae* a *Sericostomatidae* v písčítých schránkách, hrabavé druhy jepic rodu *Ephemera*, máloštětinatce a drobné druhy pošvatek či dravé vodule. Struktura a složení společenstva se liší v závislosti na proměnách jednotlivých částí toku i říční sítě a podle přibývajícího podílu detritu (Lellák a Kubíček 1991; Ambrožová 2003).

**Organismy epipelické** se vyskytují v horských i nížinných tocích v substrátu bahnitém až bahnitopísčitém. Biotop má podobnost s vodami stojatými, avšak struktura biocenózy je jiná. Tvorba tohoto sedimentu je v horních tocích omezená jen na úzké příbřežní části toku, z toho důvodu je jejich množství a složení chudé oproti spodním úsekům toku. V tocích nezatěžovaných znečištěním je množství organických látek malé, ale vzhledem k neustálé výměně vody je koncentrace kyslíku dostatečná pro existenci širokého druhového zastoupení organismy. Z běžných druhů se zde vyskytují hlístice (*Nematoda*), máloštětinatci, pakomáři a měkkýši (*Mollusca*) (druhy: *Valvata*, *Sphaerium*, *Pisidium*, *Uniionicola*). Můžeme zde nalézt ale i některé druhy jepic, ploštic, chrostíků, vážek, střechatek a brouků (Lellák a Kubíček 1991; Weatherhead a James 2001).

**Argiloreofilní organismy** jsou limitována svou schopností budování úkrytů (chodeb, jamek, rourek) nebo využíváním přichycovacího zařízení. Tyto možnosti mají z makrozoobentosu především hrabavé typy jepic (*Ephoron*, *Palingenia*, *Ephemera*) a pakomáři (*Glyptotendipes*). Přichycovací mechanismy uplatňují v hlinitém substrátu larvy chrostíků stavějící si síť nebo některé druhy různonožců (*Corophium*) a měkkýšů (*Dreissena*, *Viviparus*). Struktura společenstva tohoto podloží je vázána na vymývání a odplavování, po kterém dochází k nové kolonizaci stanoviště (Lellák a Kubíček 1991).

### 3.2.1. Chrostíci

Chrostíci jsou v České republice poměrně dobře prozkoumanou skupinou hmyzu (Chvojka a Komzák 2008b; Chvojka 2008). Dle Chvojky a Komzáka (2017) je v Červeném seznamu ohrožených druhů bezobratlých ČR uvedeno 8 druhů jako regionálně vyhynulých, 16 kriticky ohrožených, 19 ohrožených a 22 zranitelných. Největší podíl kriticky ohrožených a regionálně vyhynulých druhů je vázán na střední a větší toky a zarostlé stojaté vody. Vzhledem ke zhoršující se kvalitě těchto vod od poloviny 20. století byla jejich fauna značně ochuzena (Chvojka a Komzák 2017). Jediným rodem neobývajícím vodní prostředí je rod *Enoicyla*, jež žije v mechu při kořenech stromů. (Lellák et al. 1982)

Imaga chrostíků mají štíhlé, tmavě zbarvené tělo (hnědé až šedé) se dvěma páry jemně ochlupených a zbarvených křídel (Hartman et al. 2005), díky kterým se mohou podobat některým motýlům (Tajovský 2016). Křídla skládají střechovitě nad zadečkem (Hartman et al. 2005). Hlava je silně obrvená a nese tykadla, která mají stejně dlouhá nebo i několikrát delší než křída (*Leptoceridae*) a trčí jim dopředu. Ústní ústrojí je redukováno do takové míry, že kromě vody většinou nepřijímají žádnou potravu (Hartman et al. 2005). Maxilární makadla jsou dobře vyvinuta a silně ochlupená. U samců slouží k přidržení samičky při kopulaci (Lellák et al. 1982). Imaga se zdržují na stinných místech v blízkosti vody a dožívají se i několika měsíců (Spurný et al. 2015).

Páření probíhá na vegetaci v blízkosti vodních toků. Ihned jak samice vylétnou z kukelní kožky vrhají se na ně samci z roje a v letu je uchopí svými kopulačními klíšťkami (Lellák et al. 1982). Absenci kladélka u samic nahrazuje pozměněný abdominální článek (Holzenthal et al. 2007). U většiny druhů klade samice vajíčka bezprostředně po kopulaci na předměty v blízkosti vody nebo přímo ve vodě. Několik druhů z čeledí *Leptoceridae*, *Molannidae* a *Sericostomatidae* nosí vajíčka nějakou dobu s sebou na zadečku. Snůšky odpadávají při letu nad hladinou přímo do vody nebo jsou spláchnuty vodou ze zadečku samic (Lellák et al. 1982).

Proměna larev v dospělce je dokonalá s pěti až sedmi larválními instarty a kuklou. Kukla chrostíků je volná typu pupa libera, která má všechny přívěsky hlavy i hrudi ve zvláštních obalech (Lellák et al. 1982). Volné hony jsou uzpůsobené k plavání

(Holzenthal et al. 2007). Z larválních orgánů mají kukly zachované žábry a postranní čáru. Výrazné mandibuly uzpůsobené k prokousávání schránky směřují dopředu (Lellák et al. 1982). Abdomen kukel je zakončen párem análních přívěšků (Holzenthal et al. 2007). K výletu imaga dochází na hladině a imago ihned odlétá. Druhy patřící k tomuto typu zpravidla vylétají v noci. Celé stadium kukly trvá 7 – 28 dní (Lellák et al. 1982).

Larvy dýchají celým povrchem těla nebo tracheálními žábrami a mají poměrně vysoké nároky na obsah kyslíku ve vodě. Tělo larev chrostíků je protáhlé tělo s kráčivými nebo plovacími nohama. Na posledním zadečkovém článku mají panožky, kterými se přichytávají k podkladu nebo vytvořené schránce. Schránky si tvoří lepením materiálu k sobě pomocí sekretu ze slinných žláz. Stavba schránky je závislá na způsobu života larvy a na jejím okolí. Za normálních okolností je materiál na stavbu schránky charakteristický pro každý druh chrostíků (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982; Wiggins 2004). Nejčastěji využívají ke stavbě schránky zrnka písku, kamínky, větvičky, úkrojky mechu a listů, vlákna řas, jehličí apod. (Hartman et al. 2005; Tajovský 2016; Wiggins 2004). Většina schránek je přenosná, kompaktní, se dvěma většími otvory pro hlavu na jednom konci a pro panožky na druhém. V celé délce schránky mohou být umístěné i další menší otvory umožňující cirkulaci vody (Horsák et al. 2014).

Základní dělení chrostíků je na dva podřády *Annulipalpia* a *Integripalpia* (Lellák et al. 1982; Buchar et al. 1995; Wiggins 2004). Některé publikace stále uvádějí podřád *Spicipalpia* zahrnující čtyři rodiny (*Rhyacophilidae*, *Glossomatidae*, *Hydrobiosidae* a *Hydroptilidae*) s nejasným taxonomickým postavením (Kriska 2014; Holzenthal et al. 2007).

*Limnophilus flavicornis* mívá schránku z části či zcela z ulit drobných plžů. *Agrypnia pagetana* žijící v mírně tekoucích až stojatých vodách mívá schránku z dutého stonku rákosy, jež několikanásobně převyšuje délku těla larvy (Hartman et al. 2005). Larvy rodu *Anabolia* si staví schránky z písku a připojují k nim dvojnásobně dlouhé větvičky, jež mají znemožnit rybám schránku s larvou spolknout. Zástupcem chrostíků, kteří si nestaví schránky, jsou například *Neureclipsis bimaculata*. *N. bimaculata* si staví síť dlouhé až 20 cm, do které zachytávají drobné organismy a detrit. Z řady

dalších chrostíků, jež si nestaví schránky, jsou například rody *Hydropsyche* a *Rhyacophila* (Hartman et al. 2005).

Kousací ústrojí larev je uzpůsobeno přijímání potravy dle preference jedince. Například herbivorní druhy mají čelisti rozšířené, čelisti predátorů jsou opatřeny ostrými zoubky a seškrabávači mají ostré hrany čelistí (Holzenthall et al. 2007). Dle FFG (functional feeding groups) lze chrostíky dělit na filtrátory, sběrače, kouskovače, škrabače a predátory. **Filtrátory** si vytváří sítě pomocí sekretu, do kterých následně lapají kousky organického materiálu, planktonu a řas. **Sběrači** se živí volně se pohybujícími malými kusy organického materiálu. **Kouskovači** přímo ukusují kusy živých makrofyt, listy spadlými do vody nebo tlejícím dřevem. **Škrabači** spásají nárosty řas, hub a organického materiálu z pevného podkladu. **Predátory** jsou zaměřeni na lov korýšů, máloštetinaců nebo jiného hmyzu. Potravu mohou pozřít po částech, ale i v kuse. Predátory jsou většinou chrostíci, kteří si nestaví schránky (Holzenthall et al. 2007; Wiggins 2004; Morse 2002).

Během růstu a vývoje larvy obsazují různé typy substrátu a skuliny různých velikostí (Buffagni et al. 1995), jelikož s rostoucí velikostí těla vyžadují odlišné hydraulické vlastnosti obývaného prostředí (Osborne a Herricks 2015).

Experimentálně bylo dokázáno, že *Polycentropus flavomaculatus* při narušení substrátu zvyšuje početnost na spodní straně kamenů oproti většině ostatních taxonů, které mají vyšší početnost na horní straně kamenů, jako například *Rhyacophila nubila*. Larvy *Polycentropus flavomaculatus*, jež si staví sítě, upřednostňovaly nižší rychlosti proudu než larvy rodu *Hydropsyche*. Z tohoto se lze domnívat, že převrácené kameny s trsy mechu na spodní straně pravděpodobně nabízí ke stavění sítí větší počet vhodných míst s nízkou rychlostí proudu (Englund 1991).

Negativní vliv na abundanci a diverzitu chrostíků mají faktory, které ohrožují celé sladkovodní ekosystémy, to jest znečištění, úpravy vodních toků a s tím spojené destrukce a degradace habitatů, nadměrná exploatace vodních biotopů a výskyt invazivních druhů (Dudgeon et al. 2006). Chrostíci mají poměrně vysoké nároky na obsah kyslíku ve vodě (Hartman et al. 2005).

### 3.2.2. Jepice

Jepice jsou nejstarobylější recentní okřídlený hmyz (Tajovský 2016). Zároveň patří mezi nejvýznamnější vodní bezobratlé živočichy používané pro detekci a hodnocení změn ekologického stavu tekoucích vod (Sartori a Brittain 2015). Současný seznam druhů jepic České republiky zahrnuje 106 druhů z 30 rodů a 16 čeledí (Soldán et al. 2015). Červený seznam ohrožených druhů ČR zahrnuje 34 druhů jepic, což je 32 % české fauny jepic (Bauernfeind a Soldán 2012).

Dospělci mají jemná křídla s hustou žilnatinou, v klidu k sobě přiložená a postavená vzhůru, kolmo k tělu (Tajovský 2016; Rozkošný 1980; Burks 1953). Tykadla mají krátká, bičíkovitá a zakrnělé ústní ústrojí (Rozkošný 1980). Proto nepřijímají žádnou potravu a žijí velmi krátce, několik hodin, nejvýše několik dnů (Rozkošný 1980; Hartman et al. 2005; Sartori a Brittain 2015). Na koci zadečku mají dva štěty a jeden paštět (Hartman et al. 2005; Rozkošný 1980; Burks 1953).

Ve většině případů samci tvoří roje, ve kterých se pohybují typickým klesáním a stoupáním, samice si podle schopnosti manévrovat vybírají samce ke kopulaci (McLachlan 1985). Poté nalétávají do roje a se samcem se za letu páří (Lellák et al. 1982). Vajíčka kladou samičky ihned anebo brzo po oplodnění, zpravidla za soumraku. Vajíčka jsou kladena několika způsoby, jednou z možností je například kladení kulovitých chuchvalců vajíček do vody za letu (*Ephemerella*, *Haptagenia* aj.). Rod *Polymitarcis* vajíčka nosí nějaký čas připevněné na zadečku, který následně smáčí do vody, dokud se vajíčka neuvolní. *Baetis* kladou vajíčka pod vodou na kameny nebo vodní rostliny. U druhu *Caenis robusta* samičky vajíčka nekladou, ale ponoří zadeček pod hladinu. Po smočení spodní strana zadečku praská a vajíčka se sypou do vody. Jen u druhu *Cloeon dipterum* (L.) se po oplodnění samička schová na 10 dní a teprve poté vylétá nad hladinu, kde vajíčka klade (Lellák et al. 1982; McLachlan 1985; Burks 1953). Následný vývoj probíhá proměnou nedokonalou (Lellák et al. 1982; Rozkošný 1980; McLachlan 1985)

Tělo larev se skládá z hlavy, tříčlenné hrudi a desetičlánekového zadečku, na jehož posledním článku jsou stejně jako u dospělců dva štěty a střední paštět. Hlava je dobře vyvinutá a stejně široká jako hrud'. Hlava nese jedno jednoduché očko, párové složené oči a krátká článkovaná tykadla. Ústní ústrojí je kousavého typu a mohutně

vyvinuto (Tajovský 2016; Rozkošný 1980). Hrud' se skládá z předohrudi zřetelně oddělené od středohrudi srostlé se zadohrudí. Štít kryjící předohrud' je oválný a často vybíhá do stran a dozadu ve výběžky. S každým svlékáním se zvětšují pochvy křídel, které jsou na hřbetní straně středohrudi a zadohrudi. Nohy larev jsou dobře vyvinuty a mají různý tvar dle způsobu života. Nohy mají zakončeny jedním drápkem a jsou různě obrveny (Rozkošný 1980). Larvy dýchají pomocí tracheálních žaber (Tajovský 2016; Rozkošný 1980) umístěných na zadečku, kde vybíhají ze zadního okraje článku. Žábry jsou tvořeny párem lupínků či keříků vláken různých tvarů a velikostí. Zřídka se žábry nacházejí i na břišní straně zadečku (Rozkošný 1980; Burks 1953).

Poslední larvální stadium předcházející imagu je tak zvané subimago. Podobá se imagu, má však křídla matná a mléčně zakalená od jemné blanky, kterou je potaženo. Nohy a štěty subimaga jsou kratší. Stadium subimaga trvá zpravidla tak dlouho jako stadium imaga, poté svléká blanku a vylétá jako dospělec (Hartman et al. 2005; Rozkošný 1980; Lellák et al. 1982). Délka života larvy se může pohybovat od 3–4 týdnů po dva a půl roku (Sartori a Brittain 2015). Standardní délka stadia larvy je jeden rok. Druhy menšího vzrůstu (*Baetis*, *Cloeon*) mají i 3 generace do roka. Oproti tomu větší druhy (*Palingenia*, *Ephoron*) mají délku larválního stadia až tři roky (Rozkošný 1980; Landa 1989). Většina larev je herbivorní, živí se detritem a periphytonem. Herbivorní larvy jepic jsou škrabači a sběrači. Kromě škrabačů a sběračů je mnoho druhů i filtrátory, kouskovači a drtiči (Sartori a Brittain 2015). Někdy napadají i jedince vlastního druhu (Rozkošný 1980).

Larvy jepic jsou zcela běžnými obyvateli nejrozmanitějších stojatých i tekoucích vod. Chybí snad pouze v mimořádně znečištěných vodách. Dávají však přednost čistým a dobře prokysličeným vodám (Lellák et al. 1982; Bojková et al. 2014) Stejně jako mnoho jiných zástupců makrozoobentosu i různé druhy jepic preferují určité typy substrátů, například substráty bahnitě (*Palingenia longicauda*, *Ephemera lineata*) a šterkové (*Ephoron virgo*), které jsou vhodné k hrabání. Dalšími substráty, které larvy jepic obývají, jsou kamenité peřeje (*Prosopistoma pennigerum*, *Rhithrogena germanica* a *Isonychia ignota*) či organické substráty příbřežních tišin (*Brachycercus harrisellus*) (Soldán et al. 2015; Burks 1953). Dle preferovaného substrátu mají také upravenou morfologii těla. Rozlišují se tak jepice **hrabavé** s dlouhým válcovitým tělem, jepice **lezoucí** mající slabě zploštělé tělo, larvy

**proudobytné** mající tělo široké a silně zploštělé a larvy **plovoucí** mající tělo válcovité, jejich zadeček se silně zužuje (Rozkošný 1980; Lellák et al. 1982).

### 3.2.3. Pošvatky

Dle Bojkové a Soldána (2013) je v Červeném seznamu ohrožených druhů bezobratlých ČR uvedeno 95 druhů z 22 rodů a 7 čeledí. Aktuální červený seznam ohrožených druhů ČR zahrnuje 30 druhů pošvatek, což je 32 % celé české fauny pošvatek. Nejvíce ohroženými pošvatkami jsou druhy vázané na řeky nižších poloh, které byly v minulém století zasaženy silným znečištěním (Bojková et al. 2017b).

Dospělci pošvatek mají štíhlé, zploštělé tmavé tělo dosahující délky od 5 do 30 mm. Hrudní články mají výrazně od sebe oddělené, blanitá křídla s bohatou žilnatinou v klidu ploše složená na protáhlém zadečku, jež nese jedno až dvoučlánekové štěty. Typické jsou také dlouhá nitkovitá tykadla (Tajovský 2016; Hartman et al. 2005; Rozkošný 1980). Podobně jako jepice se vyznačují krátkým životem v okolí vody, proto je jejich příjem potravy omezen pouze na vodu, případně na zbytky řas a lišejníků. Patří mezi špatné letce (Hartman et al. 2005; Buchar et al. 1995).

Pošvatky mají zvláštní způsob námluv, obě pohlaví tlučou zadečkem do podkladu, nejprve samci, samice jim odpovídají. Tlukot vnímají smyslovými orgány v nohách (ANON. 2018). Vytváření svatebních rojů bylo pozorováno pouze výjimečně u zástupců *Isopteryx* (Lellák et al. 1982). K páření dochází v blízkosti vodní hladiny. Samička ihned po oplodnění odkládá vajíčka ve formě kulovitých snůšek nebo šňůr. Snůšky jsou odhazovány za letu nad hladinou nebo jsou samičkou odkládány přímo při dosednutí na hladinu. Často jsou také kladeny na pevné předměty vyčnívající těsně nad úroveň hladiny. Některé druhy (*Nemoura* a *Leuctra*) sestupují dokonce i pod vodu (Lellák et al. 1982; Rozkošný 1980). Tvar vajíček se liší dle čeledi. Většina čeledí mají vajíčka zcela kulatá, čeleď *Perlodidae* má vajíčka v průřezu trojúhelníková a u čeledí *Perlidae* a *Chloroperlidae* jsou vajíčka oválná.

Pošvatky jsou charakteristické svým pomalým larválním vývojem a proměnou nedokonalou. Vývoj většiny druhů trvá jeden až tři roky s největším přírůstkem v zimním období, naopak v létě se vývoj výrazně zpomaluje (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982). Během vývoje se larvy až 35 krát svlékají. Poslední larvální stadium vylézá z vody, pak proběhne poslední svlékání a objeví se dospělec.



Larvy jsou válcovité, podobné dospělcům. Hlavu mají zploštělou (*Setipalpia*) nebo klenutou (*Filipalpia*). Hlava je rozdělena stejně jako hřbetní štít předohrudi výrazným švem, čelní štít je úzký a blanitý. Okraje štítu předohrudi jsou často pokryty systematicky důležitými štětinami a u vývojově starších larev jsou na středohrudi a zadohrudi vyvinuty křídlové pochvy. Tyto pochvy chybí u forem brachypterních. Ústní ústrojí larev je dobře vyvinuto s modifikacemi dle potravní specializace daného druhu (Rozkošný 1980; Lellák et al. 1982). Larvy velkých druhů pošvatek jsou ve většině případů dravci, živí se převážně máloštětinatci a jiným hmyzem včetně vlastních druhů. Menší druhy se živí řasami, živočišnými a rostlinnými zbytky a detritem (Tajovský 2016; Lellák et al. 1982).

Nejmenší larvální stadia a některá vyšší stadia larev dýchají celým povrchem těla. Tvar žaber a jejich počet se vyvíjí s růstem larev. U pošvatek lze rozlišit tyto druhy žaber: tracheální žábry prosternální (*Protonemura*, *Amphinemura*), koxální (*Taeniopteryx*), pleurální a anální (*Perla*) (Rozkošný 1980). Larvy mají tři páry nohou s párem háčků na každé. Nohy jsou široce rozkročeny do stran (Lellák et al. 1982; Rozkošný 1980). Zadeček je deseti článkový a poslední článek je opatřen dvěma článkovanými štěty, které jsou poznávacím znakem pošvatek. U některých vzrostlých larev je možné poznat pohlaví podle tvaru zadního okraje 9. (u samčích) a 8. (u samičích) sterna (Rozkošný 1980). Kromě kráčivého pohybu a hrabání v substrátu umí pošvatky i plavat (Hartman et al. 2005; Šindelářová 2016).

Nejčastěji se zdržují po stranách kamenů, pod kameny a jako úkryt používají štěrbinu a prohlubně (Hartman et al. 2005). Podobně jako larvy jepic nebo chrostíků se mohou dostávat s proudem i do podzemních toků (Tajovský 2016).

Pošvatky mají dostatečnou variabilitu fyziologických mechanismů, chování a adaptací, což jim umožňuje vyrovnávat se s nepříznivými podmínkami. Avšak i přes všechny tyto adaptace jsou pravděpodobně nejohroženější skupinou vodního hmyzu (Sanz et al. 2010). Pošovky náleží mezi druhy velmi náročné na obsah kyslíku ve vodě (Hartman et al. 2005). Teplota je důležitým faktorem ovlivňujícím celý životní cyklus pošvatek (Bottová et al. 2013). Životní cyklus se zkracuje se zvyšující se teplotou (Krno et al. 2013). Zmenšuje se i výsledná velikost těla (Parks et al. 2011), a to z důvodu rychlejšího vývoje organismu při stejné rychlosti růstu (Townsend et al. 2010). Pošovky tolerují jen malé výkyvy od optimální teploty vody, která je 9,9-10,9

°C (Li et al. 2013). Zástupci čeledi *Perlodidae* preferují teplotu vody 9,43 °C (Fenoglio et al. 2010), a jedinci čeledi *Perlidae* vyžadují až 9 °C (Thorp et al. 2008). Některé pošvatky jsou schopné tolerovat nízké hodnoty pH a vyšší koncentrace kovů. Například *Perlodidae* se vyskytují i při pH 4,4 (Horecký et al. 2006), avšak ideální hodnota pH je 8,97 (Fenoglio et al. 2010). Kyselá habitata obydí pošvatky s menším tělem, rychlejším životním cyklem a reprodukcí. Oproti tomu zásaditější habitata obydí pošvatky s velkými těly, pomalejším životním cyklem a vyšší konkurenceschopností (Petrin 2011). Mimo výše zmíněné zástupci *Perlodidae* upřednostňují rychlost proudění 0,67 m/s (Fenoglio et al. 2010), tudíž rychle tekoucí a čisté toky s hrubým substrátem (Li et al. 2012).

#### 3.2.4. Dvoukřídlí

Z druhově bohatého řádu dvoukřídlí (*Diptera*) je larválním vývojem na vodní prostředí vázáno zhruba 17 %. Vodní larvy jsou nejvíce zastoupeny v čeledích pakomárovití (*Chronomidae*) (viz kapitola 3.2.5 Pakomáři), pakomárcovití (*Ceratopogonidae*), komárovití (*Culicidae*) a muchničkovití (*Simuliidae*). Méně početnými skupinami, avšak stejně významnými jsou *Limonidae*, *Psychodidae*, *Tipulidae*, *Thaumaleidae*, *Blepharoceridae* a *Leptidae* (Lellák et al. 1982; Tajovský 2016). Jedná-li se o vhodný biotop, vyskytují se larvy a kukly řady druhů ve velkém počtu a svým masovým výskytem pak tvoří charakteristickou až dominantní složku fauny daného biotopu (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005).

Řád dvoukřídlých zahrnuje hmyzí zástupce s dobře vyvinutým pouze jedním párem blanitých křídel u imag. Druhý pár křídel je přeměněný v kyvadélka sloužící jako rovnovážný orgán při letu. (Tajovský 2016; Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005) Vývoj dvoukřídlých je proměna dokonalá. U některých druhů dochází před pářením ke svatebním rojům a podobným rituálům. Samičky kladou oplozená vajíčka na vodní hladinu, na kameny, rostliny nebo jiné pevné předměty těsně v blízkosti vodní hladiny. Po naklazení vajíček se líhnou larvy, které jsou tvarově velmi variabilní. Nejčastěji mají larvy tělo protáhlé, soudečkovité nebo vřetenovité, beznohé a v různé míře s redukovanou hlavou (Rozkošný 1980; Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005). Dle míry redukovanosti hlavy lze larvy dělit na *eucefalní* (hlava dobře vyvinutá s kousacím ústrojím), *hemicefalní* (hlava silně redukována) a *acefalní* (hlava úplně potlačena nebo vnořena do předohrudí) (Lellák et al. 1982; Hartman et al.

2005). Larvy procházejí nejčastěji 3-6 stádii. Kukla je buď mumiová s naznačenými základy křídel a nohou nebo volná s jemnější strukturou, ale skrytá v ochranném obalu. U některých skupin jsou kukly pohyblivé, například u komárovitých. Délka vývoje je variabilní od několika dní po několik let (Lellák et al. 1982).

Ekologie larev je velmi rozmanitá. Larvy vodního hmyzu žijí téměř ve všech prostředích od vod pramenných a rychle tekoucích čistých vod (*Simuliidae*, *Limoniidae*, *Blephariceridae*) až po vody silně organicky znečištěné (*Chironomidae*, *Syrphidae*). (Pape et al. 2009; Rozkošný 1980; George a Arden 1956). K nejvíce ohroženým patří druhy saproxylické. Larvy tohoto druhu žijí v dřevě ponořeném do vody, zástupcem jsou například pestřenky (*Syrphidae*). (Roháček et al. 2013)

Larvy dvoukřídlých se živí různým způsobem, řada druhů seškrabává nárosty nebo sbírá detrit na dně vod (*Ceratopoginidae*, *Blephariceridae*, *Culicidae*), živí se i filtrováním vody (*Simuliidae*, *Culicidae*) nebo i dravě (*Chaoboridae*) pomocí přeměněných tykadel (Hartman et al. 2005). Jejich přítomnost v podzemních vodách může souviset s jejich transportem s proudícími toky (Tajovský 2016).

### 3.2.5. Pakomárovití

Čeleď *Chironomidae* je skupina hmyzu *Diptera*, běžně nazývaná „nekousaví komáři“ v dospělosti a „krevní červi“ nebo „krvavě červené patentky“ v larválním stádiu. Zástupcem červených patentek je například *Chironomus plumosus* (Karima 2021; Hartman et al. 2005). Pakomáři jsou často nejhojnější skupinou makrozoobentosu co do počtu druhů i jedinců. Čeleď pakomárovitých je rozdělena do 11 podčeledí s různými ekologickými nároky (Karima 2021; Rozkošný 1980). Pakomáři se vyskytují na stanovištích s extrémními podmínkami, jako jsou vysoké i nízké hodnoty teploty, pH, množství kyslíku, míry salinity, hloubky nebo rychlosti proudění (Karima 2021; Hůrka a Čepická 1980; Armitage et al. 2012; Rozkošný 1980). Je tedy zřejmé, že si určité druhy pakomárů vybírají určité oblasti a stanoviště, podle abiotických a biotických faktorů prostředí, avšak bez morfologických adaptací (Lellák et al. 1982). Například larvy rodu *Chironomus* upřednostňují sedimenty s vysokým obsahem živin a nedostatkem kyslíku, oproti tomu všechny druhy rodu *Rheotanytarsus* žijí v dobře okysličené proudící vodě. (Hůrka a Čepická 1980; Anděra 2003)

Imaga obou pohlaví jsou nebudavá a ústní ústrojí savého typu mají zakrnělé tak, že imago není schopno přijímat žádnou potravu kromě vody. Z tohoto důvodu žijí dospělci velmi krátce. Samečci mají charakteristicky hustě zpeřená tykadla (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005). Stejně jako u mnohých jiných dvoukřídlých i u pakomárů předchází kopulaci svatební roje. Ihned po kopulaci kladou samičky vajíčka jednotlivě na hladinu, kdy vajíčka klesají rovnou ke dnu, či v rosolovitých snůškách. Tyto snůšky jsou lepeny na kameny nebo rostliny v blízkosti hladiny vody. Z vajíček se po několika denním vývoji líhnou primitivní larvule. Toto stadium trvá opět až několik dní.

Larvy pakomárů jsou 3 až 30 mm veliké, eucefální, dlouze válcovité a dýchají celým povrchem těla (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982). Pouze u podčeledi *Tanypodinae* je tělo mírně dorsoventrálně zploštělé. Při obrovské druhové bohatosti jsou si larvy všech druhů velmi podobné (Lellák et al. 1982). Hlavním determinacním znakem larev je ústní ústrojí, jež je velmi komplikované (Rozkošný 1980). Na prvním tělním článku mají pár panožek a na posledním abdominálním článku nesou pár pošinek (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982; Rozkošný 1980). Panožky i pošinky mají pakomáři vyzbrojené chitinovými háčky. Panožky slouží larvám při sběru potravy, při snovací činnosti, stavbě ochranných rourek a pouzder. Na basi pošinek jsou umístěny dva páry jednoduchých análních výběžků sloužících k osmoregulaci (Lellák et al. 1982; Rozkošný 1980). Kukly pakomárů jsou typu pupa libera, pochvy křídel a noh mají volné, nesrostlé s povrchem těla. Ochranné pouzdro opouštějí pakomáři až před výletem imaga (Rozkošný 1980).

Larvy pakomárů se živí převážně živými i mrtvými mikroskopickými rostlinami a jemným rostlinným detritem. Potravu filtrují z vody pomocí nálevkovitých sítí, které si budují v rourkách, nebo potravu sbírají z povrchu substrátu. Existují i druhy pakomárů, jež se živí paraziticky (*Epoicocladus ephemerae*, *Parachironomus varus*), dravě (*Tanypodinae*, *Cryptochironomus*) a druhy minující v listech a stoncích vegetace (*Potamogeton*, *Polygonum*, *Nuphar*, *Trapa*) (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005). Sami pakomáři jsou pak důležitou složkou potravy ryb (Hartman et al. 2005).

Nejčastěji se pakomáři vyskytují v bahnitém podkladu, kde si tvoří rourky, přisedlí ke kamenitému substrátu nebo volně ve vodě v přenosných schránkách (Lellák et al. 1982).

### 3.2.6. Brouci

Brouci jsou řád převážně suchozemských živočichů. Mezi vodní zástupce u nás řadíme zhruba 405 druhů do 18 čeledí, jež se vyskytují ve směs na všech substrátech dna stojatých a tekoucích vod (Boukal et al. 2007; 2012a). K nejpočetnějším skupinám patří potápníkovití (*Dytiscidae*), vodomilovití (*Hydrophilidae*), plavčíkovití (*Haliplidae*) a vírníkovití (*Gyrinidae*) (Hartman et al. 2005; Boukal et al. 2007; Kolář et al. 2016). Řád brouků je stejně jako jiné skupiny makrozoobentosu citlivý na určité faktory ve vodním prostředí. Konkrétně jsou brouci citliví k obohacování vod živinami, zejména dusíkem a fosforem (Boukal et al. 2012b).

Velikost těla dospělců se pohybuje od 1,5 mm do 6 mm. Většina vodních brouků je dobře přizpůsobena životu ve vodě, kde mimo stádia kukly a případné migrace tráví celý život. Mají vytvořen velký předohrudní štít a středohrudní štítek. Některé druhy mají zploštělé zadní končetiny, hydrodynamický tvar (dorzoventrální zploštění) a chemoreceptory přizpůsobené k vnímání látek rozpuštěných ve vodě atd. (*Dytiscidae*, *Hydrophilidae*). Přední křídla jsou vždy krovky, pod které si některé druhy ukládají vzdušný kyslík (Hartman et al. 2005; Boukal et al. 2007; Tajovský 2016). Dalším způsobem dýchání a uložení kyslíku u dospělců je například pod zvětšené krytky zadních kyčlí (*Haliplidae*). Jiné skupiny dýchají pomocí vrstvy jemných chloupků na spodní straně těla, tzv. plastronu (*Hydrophilidae*, *Hydraenidae*) (Hartman et al. 2005). Larvy mohou dýchat vzdušný kyslík pomocí průduchů na konci zadečku (*Hydrophilidae*) nebo mají na každém článku zadečku pár tracheální žaber (*Gyrinus*) (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982).

Brouci se živí mrtvým hmyzem (*Gyrinus*), vodním hmyzem, larvami ryb a obojživelníků (*Dytiscidae*), kořeny a oddenky rostlin (*Donaciinae*) či rozkládajícími se pletivy rostlin (*Hydrophilidae*) (Tajovský 2016; Hartman et al. 2005). Oproti dospělcům se larvy vodomilovitých živí dravě vodními plži z čeledí plovatkovitých a okružákovitých. Dravě se také živí larvy rodu *Noterus*, které loví nejčastěji larvy pakomárů a máloštětinatce (Hartman et al. 2005). Jiné larvy jsou fytofágní a jejich potravou jsou

vláknité řasy parožnatky a trhutka, přičemž vysávají jednotlivé buňky (*Haliplidae*). Nebo minují v listech a stoncích vodních rostlin (*Curculionidae*) (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005).

Vývoj probíhá proměnou dokonalou, holometabolií (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005). Samičky buď kladou vajíčka na vodní rostliny, větve nebo kameny ve vodě (*Dytiscidae*), nosí vajíčka v kokonu na spodní straně zadečku (*Spercheidae*), vytváří pro vajíčka plavoucí pouzdra (*Hydrophilidae*) nebo přichytávají kokony na stonky rostlin těsně nad hladinu vody (Lellák et al. 1982; Boukal et al. 2007). Po vylíhnutí prochází brouci 3 larválními stadii a jedním stadiem kukly, které zpravidla bývá jako jediné suchozemské stadium vývoje (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982).

### 3.2.7. Měkkýši

Na území České republiky byl k roku 2017 zaznamenán výskyt 251 měkkýšů, z toho 28 mlžů (*Bivalvia*), 51 vodních a 172 suchozemských plžů (*Gastropoda*). Z celkového počtu 78 vodních měkkýšů je zařazeno 51 % (40 druhů) na Červeném seznamu ohrožených druhů ČR. Některými z příčin jsou nezlepšující se stav většiny koryt toků, na kterých převládají nevhodné vodohospodářské úpravy oproti revitalizacím (Beran et al. 2017). Konvičková (2008) uvádí, že množství populace měkkýšů závisí v dané oblasti na množství nahromaděného detritu a mocnosti sedimentu. Není-li dostatečná vrstva sedimentu, nemají se kam detritovorní jedinci zahrabat. Nedostatek vápníku v prostředí se projevuje ztenčenou schránkou se slabě vyvinutou armaturou a průvodním jevem nízkého pH jsou perforace a zlomy. Naopak některé těžké kovy se do schránek ukládají. Chemickou analýzou těl a schránek měkkýšů lze přímo stanovit množství látek obsažených v prostředí výskytu daného jedince. Nejen v závislosti na tyto jevy lze měkkýše považovat za spolehlivé bioindikátory. Citlivě reagují na změny posunem druhové skladby společenstva a počtem zástupců (Velecká 2002). Třetí třída měkkýšů hlavonožci (*Cephalopoda*) jsou výhradně mořští (Klimeš et al. 2013).

Tělo měkkýšů se skládá z několika částí: svalová noha, hlava, útrobní vak, kožná záhyb neboli plášť (pallium). Mezi útrobním vakem a pláštěm produkujícím ochrannou schránku se nachází plášťová dutina, jež obsahuje dýchací orgány a vývody vylučovací a pohlavní soustavy. Schránka je složená ze tří vrstev: periostracum – vnější

proteinovou vrstvou kutikuly, střední prizmatická vrstva - ostracum – tvořena uhličitanem vápenatým a vnitřní perleťová vrstva – hypostracum – z uhličitanu vápenatého ve formě aragonitových šupinek (Klimeš et al. 2013; Lellák et al. 1982). Mezi pláštěm a trupem jsou volně listovité žábry. V žaberní dutině je též filtrována voda s bakteriemi, fytoplanktonem a detritem, jež tvoří základní složku potravy mlžů (Lellák et al. 1982). Mlži jsou významnými filtrátory, některé druhy mohou přefiltrovat až 1,5 l vody za hodinu (Tomczak a A. 2015).

Dle způsobů dýchání se plži dělí do tří podtříd. Předožábří (*Prosobranchiata*) mají hřebenovité žábry umístěny v přední části plášťové dutiny před srdcem. Zadožábří (*Opisthobranchiata*) jsou výhradně mořští a žábry mají umístěné v plášťové dutině za srdcem. Třetí podtřída plicnatí (*Pulmonata*) jsou suchozemští a sekundárně i vodní plži s prokrvenou stěnou plášťové dutiny (Klimeš et al. 2013; Lellák et al. 1982; Beran et al. 2017).

V dutině ústní je rohovitá radula, jež rozmělnjuje přijatou potravu. Plži se živí převážně rostlinnou potravou. Konzumují ale i detritus a drobné živočichy a rostliny, které se v něm nacházejí. Pohyb je zajištěn pomocí svalové nohy a usnadněn hlenem, jež je vylučován spodní stranou nohy (Klimeš et al. 2013; Lellák et al. 1982).

### 3.2.8. Máloštětinatci

Máloštětinatci tvoří důležitý článek v potravním řetězci jako konzumenti i jako potrava vývojově výše postavených. Jsou hlavním článkem potravy ryb a součástí potravy dravého hmyzu a obojživelníků (*Amphibia*) (Lellák et al. 1982). Sami se máloštětinatci žijící v bahně živí detritem a bakteriemi a zástupci žijící na rostlinách se živí detritem a nárostovými řasami. Někteří zástupci např. rod *Chaetogaster* se živí dravě. Konkrétně tento rod polyká svou kořist celou, většinou se jedná o drobné korýše, vířníky, prvoky ale i larvy pakomárů a vodule. U druhu *Ripistes parasitica* se vyvinulo filtrování pomocí dlouhých dorsálních štětín, které po určité době protahuje ústy a sbírá tak nachytaný detrit (Schenkova 2015; Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982).

Máloštetinatci mají homonomní segmentaci těla, počet článků je různý (jeden z determinačních znaků). Tělo je protáhlé, na průřezu kruhové, na povrchu kryté kutikulou (Schenkova 2015). Články jsou opatřeny štětinkami, které vyrůstají ve 4 svazcích na každém článku. Tvar a počet štětin je jedním ze systematických znaků čeledí (Říhová Ambrožová 2007; Lellák et al. 1982). Máloštetinatci nemají žádné tělní přívěsky ani panožky a dýchají celým povrchem těla. U řady druhů je vyvinuta schopnost žít v prostředí velmi chudé na kyslík (např. *Tubifex tubifex*, *Lumbriculus variegatus*) (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005). Kromě nízkého obsahu kyslíku ve vodě existují druhy máloštetinatců, které jsou schopny snášet pokles teploty pod bod mrazu či úplné zamrznutí, anebo koncentraci NaCl ve vodě až do 621 ‰ (Lellák et al. 1982).

Do skupiny obývajících převážně rostliny patří například druhy čeledí *Aelosomatidae*, *Nais*, *Chaetogaster* a *Slavina*. Většina druhů z čeledi *Tubificidae* žije v bahně, ale zástupci *Lumbriculus variegatus* a *Fristina* je možné najít v obou habitatech. V písčitém a písčito-bahnitém substrátu dna se vyskytují zástupci *Pelosclex*, *Bothrioneurum*, *Tubifex ignotus* (Lellák et al. 1982; Tarmo 2012). Druh *Propappus volki*, drobný druh s chobotkem, preferuje pohyblivý písčité substrát (Schenkova 2015; Tarmo 2012).

Máloštetinatci jsou hermafroditi (Nesemann 2013; Tarmo 2012) s rozmnožováním pohlavním i nepohlavním. U pohlavního rozmnožování se při kopulaci k sobě jedinci připojují břišní stranou, kde ústí vývody semenných schránek a otvory chámovodů. Po kopulaci se vajíčka a spermie od druhého jedince hromadí v hlenovém pouzdře vzniklém uvolněním z opaskových žláz (Caramelo a Martínez-Ansemil 2012). Po vysvěcení se z hlenového pouzdra stává kokon, který je volně odkládán na dno nebo nalepován na rostliny. Tvar kokonu je charakteristický pro jednotlivé druhy máloštetinatců (Lellák et al. 1982). Při rozmnožování nepohlavním dochází k architomii a paratomii. Při architomii dochází k regeneraci chybějící části těla až po úplném oddělení dceřiných jedinců. Při paratomii předchází regenerace jednotlivých částí těla a teprve pak přichází jejich oddělení a tím vznikají řetězce jedinců – zooidů. Například žížalice pestrá se rozpadá na různě velké fragmenty, které postupně regenerují. Zároveň u tohoto druhu převažuje nepohlavní rozmnožování nad pohlavním (Lellák et al. 1982).



### 3.2.9. Pijavice

Pijavice (*Hirudinea*) jsou kroužkovci (*Annelida*), pro které je charakteristické červovité tělo, jež je v průřezu válcovité nebo dorzoventrálně zploštělé (Buchar et al. 1995; Volf a Horák 2007). Pijavice v České republice žijí ve stojatých i tekoucích vodách (Kubová 2015), nikoli však v rašeliništích (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005).

Charakteristickým znakem jsou přísavky na obou koncích těla (Volf a Horák 2007; Lellák et al. 1982). Přísavka okolo úst může být významným znakem pro determinaci (Hartman et al. 2005). Zadní přísavka na konci těla je většinou kruhového charakteru a natočená k ventrální straně těla. Přísavky vznikají srústem několika článků (Lellák et al. 1982). V publikacích, jež se zabývají morfologií pijavic, se autoři shodují na tom, že je tělo tvořeno stabilním počtem článků, rozcházejí se však v názoru na jejich počet. Můžeme najít prameny, které uvádějí 34 článků (Lellák et al. 1982; Hartman et al. 2005), podle jiných pramenů jich je 33 (Volf a Horák 2007). Jednotlivé články mohou ještě vykazovat povrchovou pseudosegmentaci. Na rozdíl od máloštětinatců pijavice nemají štětiny. Tělo je kryto flexibilní kutikulou, jež je v cyklu několika dní obměňována svlékáním. Na povrchu těla mají četné žlázové buňky produkující sekrety. V parenchymu jsou uloženy jak pigmentová tělíska, tak žlázy produkující sliz (Volf a Horák 2007).

Pijavice jsou hermafroditi s přímým vývojem. Při kopulaci spermatofoxy pronikají genitálním pórem k vajíčkům, která po oplození jsou odkládána do kokonu. Kokon je přichytáván k substrátu nebo zůstává na břišní straně mateřského jedince až do vylíhnutí jedinců. Kokon je vytvořen z kutikulárních výměšků opasku (clitellum) (Lellák et al. 1982), jež je přítomen u pijavic na 9. až 12. článku pouze v době rozmnožování (Volf a Horák 2007).

Známým faktem je, že alespoň některé pijavice se častěji vyskytují v eutrofních a znečištěných vodách, kde lze jejich nálezy spojovat s indikací znečištění (Sychra a Schenková 2009). Z území ČR je v současné době známo 24 druhů pijavic (Schenková a Sychra 2017). Mezi významné faktory, které ovlivňují distribuci pijavic v prostředí, lze zahrnout substrát dna, upřednostňován je převážně pevný podklad, ale často lze pijavice nalézt i v bahnitém substrátu a mezi rostlinami (Hartman

et al. 2005). Pijavice dokáží přežít vyschnutí lokality i několik týdnů tak, že se zahrabou do bahna a vylučují kolem sebe slizový obal (Hartman et al. 2005; Lellák et al. 1982).

Pijavice jsou původně dravci, některé druhy však postupně přistoupily k cizopasnému způsobu života, hranice mezi těmito způsoby získávání potravy není vždy jasně dána. Z tohoto důvodu často stojí na vrcholu potravních řetězců (Sychra a Schenková 2009). U některých druhů jsou juvenilní jedinci draví a v dospělosti se živí paraziticky (Hartman et al. 2005). Mnoho vodních druhů pijavic se živí bezobratlými živočichy žijícími v bentosu. Nejčastěji požírají drobné měkkýše, máloštětinatce a korýše (Buchar et al. 1995; Lellák et al. 1982). Jedná se například o řád chobotnatek (*Rhynchobdellida*) (Lellák et al. 1982) a rody *Erpobdella* a *Dina* (Hartman et al. 2005).

### 3.3. Biodiverzita

Biologická rozmanitost neboli biodiverzita je variabilita všech druhů organismů na Zemi, což zahrnuje rozmanitost druhů i diverzitu ekosystémů (ANON. 2022; Bukvareva 2018). Druhovú (taxonomickú) biodiverzita charakterizuje společenstvo podle počtu druhů a počtu jedinců v něm obsažených. Může se jednat o druhovou pestrost, tedy o počet samotných druhů ve společenstvu, nebo o komplexnější strukturu, ve které je zahrnut i počet jedinců jednotlivých druhů a vyrovnanost jejich rozložení. Kromě taxonomické diverzity lze biodiverzitu určit měřením genetické diverzity přímo s použitím sekvencí DNA, stanovením funkční rozmanitosti ekosystémů, nebo třeba počítáním spektrální variability zeleně z družicových snímků (Storch 2019).

V této práci je použita pouze prostorová biodiverzita podle E. Oduma, která se počítá jako poměr počtu druhů k počtu jedinců (ODUM 1977). Biodiverzita nabývá hodnot 0–1, kdy při hodnotě 0 se jedná o společenstvo tvořené jedním druhem a při hodnotě 1 by byl každý druh zastoupen právě jedním jedincem.

Index taxonomické diverzity dle Eugena Oduma: 
$$I = \frac{S}{N}$$

Kde S je počet druhů a N je počet jedinců všech těchto druhů (Losos 1980).

### 3.4. Bioindikace

Bioindikace a biomonitoring jsou nedílnou součástí hodnocení všech typů vodních prostředí, kde poskytují důležitá data pro efektivní sledování kvality vody, jelikož kvalita vody působí na strukturu společenstev vodních organismů (Velecká 2002). Existují různé typy bioindikačních indexů používané pro hodnocení kvality vody (Kazanci et al. 2016). Dva z těchto indexů jsou popsány v následující podkapitole. Aby byla bioindikace objektivní, je potřeba znát existenční podmínky společenstev a celý ekosystém (Hartman et al. 2005; Kubíček 1980).

Bioindikátorem se rozumí druh, který je sensitivní na daný faktor. Může indikovat vlastnosti abiotického prostředí, nebo ukazovat na změny přirozené. Sledování přirozených i antropogenních změn by mělo být zaměřeno na živočichy, kteří jsou méně pohybliví, vázáni na dané stanoviště. Při bioindikaci studujeme rozsáhlejší soubor druhů, ideálně celých taxonomických skupin nebo společenstev. Není vhodné spoléhat na jedince, jež mají atypické reakce anebo mohli proniknout do prostředí odjinud (Laštůvka a Krejčová 2000).

#### 3.4.1. Bodovací systém BMWP, ASPT

**BMWP** (Biological Monitoring Working Party Score System) je jedním z nejčastěji používaných biotických indexů založených na makrozoobentosu v Evropě. Mnoho zemí, dokonce i mimo Evropu, používá tento index tak, že jej upravuje podle fauny bentických makrozoobentosu, která se přizpůsobuje jejich ekosystémům tekoucích vod (Kazanci et al. 2016). Tento celosvětově uznávaný bodovací systém bioindikace je založen na odlišné toleranci jednotlivých organismů vůči znečištění. Byl vyvinut na základě citlivosti čeledí na různé stupně organického znečištění v řekách, aniž by se brala v úvahu početnost každého taxonu (Pinedra-Ppinedra et al. 2018). Bodové číslo stoupá se zvyšující se citlivostí organismu. BMWP hodnotí lokalitu podle kombinace indikační hodnoty druhů a rozmanitosti společenstva (Králová 2001). Ke stanovení BMWP jsou nalezení jedinci zařazeny do čeledí a k nim přiřazují odpovídající body, viz tab. 1 (Armitage et al. 1983). Součtem všech bodů získáváme hodnotu určující třídu kvality vody, viz tab. 2 (Kokeš a Vojtíšková 1999). Skóre je ovlivněno účinností odběru, determinací i zpracováním (Spellerberg 1995).

**ASPT index** (The Average Score per Taxon) se počítá jako BMWP skóre dělené počtem skórujících čeledí. Nejsou zde brány v úvahu počty jedinců. Díky tomu je tento postup vhodný v lokalitách, kde je fauna druhově chudší a jednotlivé čeledi jsou zastoupeny menším počtem taxonů (Kokeš a Vojtíšková 1999).

tab. 1 - Skóre pro výpočet BMWP skóre a ASPT indexu (Armitage et al. 1983), skóre je upraveno pro podmínky ČR (Kokeš a Vojtíšková 1999)

<i>Aeshnidae</i>	8	<i>Dugesidae</i>	8	<i>Hydroptilidae</i>	10	<i>Philopotamidae</i>	10
<i>Agriidae</i>	8	<i>Dytiscidae</i>	5	<i>Hygrobiiidae</i>	5	<i>Phryganeidae</i>	10
<i>Ancylidae</i>	6	<i>Ecnomidae</i>	9	<i>Chironomidae</i>	3	<i>Physidae</i>	3
<i>Aphelocheiridae</i>	9	<i>Elimintidae</i>	0	<i>Chloroperlidae</i>	10	<i>Piscicolidae</i>	3
<i>Asellidae</i>	3	<i>Elmidae</i>	8	<i>Chrysomelidae</i>	0	<i>Planariidae</i>	5
<i>Astacidae</i>	8	<i>Empididae</i>	5	<i>Lepidostomatidae</i>	10	<i>Planorbidae</i>	3
<i>Athericidae</i>	7	<i>Ephemerellidae</i>	9	<i>Leptoceridae</i>	7	<i>Platycnemitidae</i>	6
<i>Baetidae</i>	8	<i>Ephemeridae</i>	9	<i>Leptophlebiidae</i>	10	<i>Pleidae</i>	5
<i>Beraeidae</i>	10	<i>Eristalinae</i>	1	<i>Lestidae</i>	8	<i>Polycentropodidae</i>	7
<i>Bithynellidae</i>	10	<i>Erpobdellidae</i>	3	<i>Leuctridae</i>	9	<i>Polymitarcidae</i>	10
<i>Bithyniidae</i>	4	<i>Gammaridae</i>	6	<i>Libellulidae</i>	8	<i>Potamanthidae</i>	9
<i>Blephariceridae</i>	10	<i>Gerridae</i>	5	<i>Limnephylidae</i>	7	<i>Psychodidae</i>	1
<i>Brachycentridae</i>	10	<i>Glossiphoniidae</i>	4	<i>Limoniidae</i>	5	<i>Psychomyidae</i>	8
<i>Caenidae</i>	7	<i>Glossosomatidae</i>	10	<i>Lymnaeidae</i>	3	<i>Rhagionidae</i>	0
<i>Calopterygidae</i>	6	<i>Goeridae</i>	10	<i>Mesoveliidae</i>	5	<i>Rhyacophylidae</i>	7
<i>Capniidae</i>	10	<i>Gomphidae</i>	8	<i>Molannidae</i>	10	<i>Sericostomatidae</i>	10
<i>Ceratopogonidae</i>	5	<i>Gyrinidae</i>	5	<i>Naucoridae</i>	5	<i>Sialidae</i>	4
<i>Clambidae</i>	5	<i>Haliplidae</i>	5	<i>Nemouridae</i>	7	<i>Simuliidae</i>	5
<i>Coenagrionidae</i>	6	<i>Helodidae</i>	5	<i>Nepidae</i>	6	<i>Siphonuridae</i>	10
<i>Cordulegasteridae</i>	8	<i>Heptageniidae</i>	10	<i>Neritidae</i>	6	<i>Sphaeriidae</i>	5
<i>Corduliidae</i>	8	<i>Hirudidae</i>	3	<i>Notonectidae</i>	5	<i>Tabanidae</i>	4
<i>Corixidae</i>	5	<i>Hydraenidae</i>	6	<i>Odontoceridae</i>	10	<i>Taeniopterygidae</i>	10
<i>Corophiidae</i>	6	<i>Hydrobiidae</i>	3	<i>Oligochaeta</i>	1	<i>Tipulidae</i>	5
<i>Curculionidae</i>	0	<i>Hydrometridae</i>	5	<i>Oligoneuriidae</i>	10	<i>Tubificidae</i>	1
<i>Dendrocoelidae</i>	5	<i>Hydrophylidae</i>	5	<i>Perlidae</i>	10	<i>Unionidae</i>	6
<i>Dryopidae</i>	8	<i>Hydropsychidae</i>	5	<i>Perlodidae</i>	10	<i>Valvatidae</i>	3
						<i>Viviparidae</i>	6

tab. 2 - Zařazení hodnot BMWP a ASTP do třídy čistoty vody (Kokeš a Vojtíšková 1999)

Třída čistoty	BMWP	ASTP	Kvalita
5	0-25	1,0-2,5	Velmi nízká
4	25-50	2,5-4,0	Nízká
3	50-100	4,0-5,5	Střední
2	100-150	5,5-7,0	Dobrá
1	>150	>7	Výborná

### 3.4.2. Bezobratlí jako bioindikátoři

Bezobratlí jsou zvláště citliví na změnu prostředí a na přítomnost organického znečištění. Na jejich společenstvech můžeme pozorovat i změny kvality vody, jež proběhly v minulosti. Většina druhů vodních bezobratlých je schopna měnit typ vodního prostředí. Z tohoto důvodu je těžké hledat zástupce, pro kterého je charakteristický jeden biotop s neměnným stupněm čistoty vody (Králová 2001). Při proměně prostředí může nastat k omezení či úplnému vymizení málo adaptabilních druhů. Na druhou stranu se vytvářejí nové podmínky pro nové i původní organismy. Nejvýznamnější indikátory čistých vod jsou larvy pošvatek, chrostíků a jepic (Kubíček 1980; Rozkošný 1980).

Vzhledem k tomu, že vodní dvoukřídlí se nacházejí v mnoha různých ekologických nikách v čisté i znečištěné vodě a mnoho druhů je vysoce selektivních při výběru stanoviště, tvoří jednu z nejdůležitějších skupin indikátorových organismů (George a Arden 1956). Zhruba jedna třetina larev patřících do dvoukřídlých snáší více znečištěné vody (Kubíček 1980; Rozkošný 1980)

Co se týče snižování znečištění vod, jsou jako velmi dobří indikátoři znečištění životního prostředí brouci. Vodní brouci jsou používáni k monitorování těžkých kovů a organických kontaminantů ve vodách. Některé druhy vodních brouků byly také používány jako indikátory stresu při regulaci iontů (Khan a Bibi 1999).

### 3.5. Perlorodka říční

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758)) je jedním z nejvíce ohrožených druhů velkých evropských mlžů. Dle některých autorů se jedná o nejvíce ohrožený druh této skupiny na celém světě. (Machordom et al. 2003) Perlorodka je omezena na velmi čisté oligotrofní řeky a potoky a má specifické požadavky nejen na kvalitu vody (Simon et al. 2021), ale i na charakter dna a také na složení vegetačního pokryvu v povodí. (Simon et al. 2017) Okolní suchozemská rostlinná vegetace je hlavním zdrojem potravy perlorodky, jež se skládá z mikroskopických částic částečně rozložené organické hmoty. Zejména travní společenstva lipnicovitých (*Poaceae*) jsou hlavními producenty kvalitního detritu. (Simon et al. 2017; Absolon a Hruška 1999; in: Švanyga et al. 2013)

Perlorodka má komplikovaný životní cyklus. V první fázi se je parazitem na žábrách lososovitých ryb. Ve druhé fázi žije v sedimentu dna toku. A třetí, nejdelší období života pak tráví na povrchu dna toku, kde je částečně zasunuta do substrátu. (Simon et al. 2017) Složitě propojení života perlorodky s mnoha složkami jejího prostředí spolu se změnami vodních ploch probíhajícími zejména od 19. století vedly k neutěšené situaci populací perlorodek nejen v ČR, ale i v Evropě. (Bílý a Simon 2007) V polárním podnebí dosahují perlorodky věku více než 150 let. (Ziuganov 2004).

V průběhu 20. století došlo u tohoto druhu k dramatickému poklesu početnosti jedinců i lokalit výskytu. Středoevropské populace vyskytující se na rozhraní povodí Dunaje, Labe a Rýna v České republice, Rakousku a Německu jsou posledním pozůstatkem dříve velkého rozšíření druhu v této oblasti. Až na drobné výjimky se tyto populace již samy nereprodukuje, v některých případech i přes 50 let. (Ziuganov 2004). Početnost perlorodky říční byla k roku 2015 dle Simona a kolektivu (2017; 2015) na 1 % historických hodnot a zcela již vymřela ve středních a nižších polohách. Hlavními hrozbami jsou průmyslové a komunální znečištění vod, intenzivní zemědělství a lesnictví. Životní prostředí perlorodky taktéž bylo a je ovlivňováno úpravami toků a stavbou přehrad. (Simon et al. 2015; 2017)

V ČR bylo v roce 1999 známo pouze 15 lokalit výskytu, ale některé z těchto populací jsou již pravděpodobně vyhynulé. Populace řeky Blanice a jejích přítoků je největší ve střední Evropě a zachovala si vysokou genetickou diverzitu a je zásadní pro dlouhodobý úspěch *Programu na záchranu perlorodky říční v ČR* pod vedením Agentury ochrany přírody a krajiny ČR. (Bílý a Simon 2007) V současné době je výskyt populace perlorodky říční zaznamenán převážně v pohraničních oblastech, a to v Teplé Vltavě, Blanici, Zlatém potoce a Malši v Jižních Čechách, v Ašském výběžku v Lužním potoce a na Českomoravské vrchovině v Jankovském potoce. (Simon et al. 2017)

Nejvhodnějším stanovištěm pro dospělé perlorodky říční jsou stanoviště s hrubším štěrkopískovým sedimentem, jež je stabilizován většími kameny (Simon et al. 2017; Geist a Auerswald 2007), avšak pro juvenilní stadium je více důležitý průtočný štěrkový hyporeál umožňující pevné ukotvení a zajišťující dostatek kyslíku i dostatečný přísun potravy (Simon et al. 2017).

tab. 3 - Nároky na množství živin a mineralizaci vody vhodné pro celý životní cyklus perlorodky říční dle Karla Absolona a Jaroslava Hrušky (1999)!!

Dusičnany	< 2,5 mg.l <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub>
Celkový fosfor	< 20-35 μg.l <sup>-1</sup>
Amoniak (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	< 0,1 mg.l <sup>-1</sup> - N-NH <sub>4</sub>
pH	6,0-7,1
Konduktivita	< 70 μS.cm <sup>-1</sup>
Maximální teplota	20 °C
Celkový vápník	< 8 mg.l <sup>-1</sup>

## 4. Zájmové území

### 4.1. Národní park Šumava

Národní park Šumava byl vyhlášen nařízením vlády ČR č. 163/1991 Sb. vydaném podle zákona č. 40/1956 Sb., s účinností od 1. 6. 2017 bylo vyhlášení nově potvrzeno zákonem č. 123/2017 Sb., jímž byl změněn zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Díky vysoké zachovalosti přírodního prostředí a jedinečné šumavské krajině byla již v roce 1963 vyhlášena Chráněná krajinná oblast Šumava.

Národní park Šumava se nachází v jihozápadní části Čech při státní hranici se Spolkovou republikou Německo a Rakouskem. Administrativně náleží území do dvou krajů (Plzeňský a Jihočeský kraj) a do tří okresů (Klatovy, Prachatice a Český Krumlov) (ČÚZK 2022; AOPK ČR (c) 2016; Správa NP Šumava 2020). Celková rozloha národního parku je 68 460 ha. Chráněná krajinná oblast, jež tvoří úzký pás okolo národního parku, plní funkci ochranného pásma, které není oficiálně u Národního parku Šumava vyhlášeno (Národní park Šumava ©2022).

Vyhláškou č. 42/2020 Sb. ze dne 7. února 2020 o vymezení zón ochrany přírody Národního parku Šumava (Vyhláška č. 42/2020 Sb. 2020) se změnila zonace národního parku Šumavy z původních 3 zón na následující:

1. Přírodní zóna
2. Přírodě blízká zóna
3. Zóna soustředěné péče o přírodu
4. Zóna kulturní krajiny

#### 4.1.1. Natura 2000

Značnou část území národního parku zaujímají přirozené ekosystémy nebo ekosystémy málo ovlivněné lidskou činností. V obou případech se jedná o ekosystémy s mimořádným vědeckým a výchovným významem. Součástí ekosystémů jsou i následující akvatictí živočichové, jež jsou předmětem ochrany v EVL Šumava (Národní park Šumava 2022): perlorodka říční, mihule potoční (*Lampetra planeri*), vranka obecná (*Cottus gobio*) a vydra říční (*Lutra lutra*) (Národní park Šumava 2022; Bílek 2010a; Chvojková et al. 2008).



Kromě EVL Šumava byla vyhlášena nařízením vlády č. 681 v roce (2004) ptačí oblast Šumava, která zahrnuje celé území národního parku a část CHKO. Celková rozloha ptačí oblasti Šumava činí 975 km<sup>2</sup>. Předmětem ochrany je 9 populací vybraných druhů ptáků a jejich biotopy (Národní park Šumava 2022).

#### 4.1.2. Geomorfologie

Ve střední Evropě patří Šumava k nejstarším pohořím (Správa NP Šumava 2000). Z pohledu geomorfologického směřuje Šumava k severovýchodu a rozkládá v celku Šumavská subprovincie v rámci provincie Česká vysočina na jihozápadě Čech u hranic s Rakouskem a Spolkovou republikou Německo (Demek 1987; Demek et al. 1965).

Šumavské pláně tvoří centrální oblast Šumavy, jež je největší souvislou plochou vrcholových plošin ležících v úrovních nad 1000 m n.m. (Demek et al. 1987; Správa NP Šumava 2000). Šumavské pláně jsou taktéž pramennou oblastí Vltavy, Otavy, Řezné, Křemelné a Pstružné (Demek et al. 1965). Ostře modelované údolní zářezy hluboké až 300 m se vyvinuly při okrajích v místech intenzivní zpětné eroze hlavních vodních toků – na horní Otavě, Blanici a Vltavě (Culek et al. 2013).

Dle prací Czudek 1972; Demek et al. 1987 lze území zařadit do následujících geomorfologických jednotek:

##### Geomorfologické členění:

Provincie:	I	Česká vysočina
Soustava:	I <sub>1</sub>	Šumavská soustava
Podsoustava:	IB	Šumavská hornatina
Celek:	IB-1	Šumava

#### 4.2. Vltavský Luh

Vltavský luh přibližně o ploše 1714 ha se rozléhá v nadmořské výšce 730-765 m v přírodní zóně národního parku Šumava. Tato zóna je ponechána přírodním procesům a jsou zde přísně regulovány lidské činnosti. (Správa NP Šumava 2020) Území se rozkládá v délce téměř 15 km okolo toku Teplé Vltavy a od soutoku se Studenou

Vltavou dále podél Vltavy v úseku od Soumarského mostu až ke vzdutí vodní nádrže Lipno. (Machač 2015)

#### 4.2.1. Geomorfologie a geologie

Vltavský Luh se rozléhá na ploše geomorfologického podcelku Vltavická brázda (IB-1F) (Czudek 1972), jež je ohraničena horskými skupinami na jihovýchodě Šumavských plání – široký úval horní Vltavy mezi Lenorou a Lipnem založený v terciéru. (Demek et al. 1987) Stará říční údolí hlavního šumavského směru, zejména Vltavická brázda, jsou velmi široká, s plochými dny vyplněnými vrstvami kvartérních uloženin. Toky Křemelná, Vltava a přítoky obou toků v těchto údolích přirozeně a bohatě meandrují. (AOPK ČR (c) 2016) Některé z toků byly v minulosti narovnané a následně zpět revitalizovány. Jedná se například o potoky Hučina, Žlebský potok a Jedlový potok. (Bojková et al. 2017a; 2018; Paterová 2018; Bojková et al. 2015)

Geologické podloží Vltavského luhu je tvořeno převážně granitoidy vyjma části území okolo Stožce u Studené Vltavy, kde jsou zastoupeny lokálně syenity (Ložek 2001; Simon et al. 2015). Údolí Teplé Vltavy je vyplněno fluvialními písky až štěrkopísky. V některých místech údolí se vyvinuly rašelinné polohy. (Bílek 2010a)

#### 4.2.2. Pedologie

V zájmovém území se vyskytují zejména nivní půdy (fluvizemě) a nivní půdy glejové (fluvizemě glejové), případně gleje. Ojedinele se mohou objevit antropogenní půdy (antrozemě). Případně až hnědé půdy oglejené (kambizem pseudoglejová) na písčitojílových eluviích nebo svahových hlínách. (Bílek 2010a)

#### 4.2.3. Hydrologie a hydrogeologie

Hydrologicky náleží zájmové území Vltavského luhu k úmoří Severního moře, povodí Labe. Území je pouze odtokové, tedy všechna voda akumulovaná z vodních srážek z území odtéká. Srážková voda je akumulována v biologické složce, v půdách, zvětralinách a puklinách. Délka akumulace vody ze sněhu po jeho odtání trvá přibližně 3 měsíce. (Správa NP Šumava 2020)

Na východním svahu Černé hory pramení řeka Vltava pramení jako Černý potok. Od soutoku s Vltavským potokem u Borových Lad se nazývá Teplou Vltavou, která nabírá další přítoky, z nichž nejvýznamnější je vodoteč Řasnice. Po soutoku se Studenou Vltavou u Černého Kříže pokračuje již jako Vltava ke vzdutí Lipenské přehradě. (Správa NP Šumava 2000; Kladivová a Simon 2006 in; Barák 2017; Simon et al. 2006)

V celé trase Teplá Vltava a dále Vltava meandruje s mnoha mělčinami i proudnými úseky, tůněmi a slepými rameny (Simon et al. 2006; Bufková a Rydlo 2008; Kladivová 2010) a vytváří až 1,5 km širokou nivu. (Bufková a Rydlo 2008) Šířka toku je v průměru 6 – 10 m (Rydlo 1995 in; Barák 2017), v některých místech až 15 – 20 m, jak uvádí Zelenková (2008). Severně od Mrtvého luhu se nacházejí protáhlá ramena probíhající podélně nivou paralelně s osou toku, svým charakterem připomínají spontánně vzniklá anastomózní řečiště. Tato ramena se vyskytují pouze vzácně. (Bufková a Rydlo 2008) Horní Vltava patří mezi nejcennější zachované vodní toky středních velikostí v České republice. (Kladivová a Simon 2006 in; Barák 2017) Kromě přírodních toků se v zájmovém území vyskytují i umělé toky – derivační kanály malých vodních elektráren na řekách Teplá a Studená Vltava a Losenice. (Správa NP Šumava 2020; 2000)

Bílek (2010a) uvádí následující hydrologické údaje dlouhodobého průměrného roční průtoku ( $Q_a$ ) a M-denní průtoky ( $Q_{Md}$ ) Teplé Vltavy dle ČHMÚ v profilu Soumarský most:

tab. 4 - Dlouhodobý průměrný roční průtok a M-denní průtoky Teplé Vltavy v profilu Soumarský most, (upraveno, zdroj dat: (Bílek 2010a))

$Q_a$ [ $m^3/s$ ]	$Q_{Md}$ [ $m^3/s$ ]			
	$Q_{30}$	$Q_{300}$	$Q_{330}$	$Q_{364}$
5,15	10,5	2,2	1,2	0,758

Z evidenčních listů hlásného profilu č.77 (stanice Chlum) a č. 78 (stanice Černý Kříž) dle Hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ (2022) lze zjistit následující N-leté průtoky Teplé a Studené Vltavy v m<sup>3</sup>/s:

tab. 5 - N-leté průtoky Teplé a Studené Vltavy v m<sup>3</sup>/s (zdroj dat:(ČHMÚ (C) 2022))

stanice	Číslo hydrologického pořadí	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
Teplá Vltava – Chlum	1-06-01-0430-0-00	42	81	104	177	217
Studená Vltava – Černý kříž	1-06-01-0520-0-00	18	32	39	59	69

Na údolí Teplé Vltavy a její údolní nivu je vázán mělký oběh podzemní vody, jež je soustředěn v místech terénních depresí a drobných vodních toků. Oběh není vázán jen na morfologii terénu, ale i na propustné zeminy kvartérního pokryvu, popřípadě na zónu zvětralin a přípovrchového rozpojení skalních hornin. (Bílek 2010b) Z hydrologického hlediska patří lokalita do hydrogeologického rajónu č. 6310 Křesťalíníkum povodí Horní Vltavy a Úhlavy. (Olmer et al. 2006)

#### 4.2.4. Klima

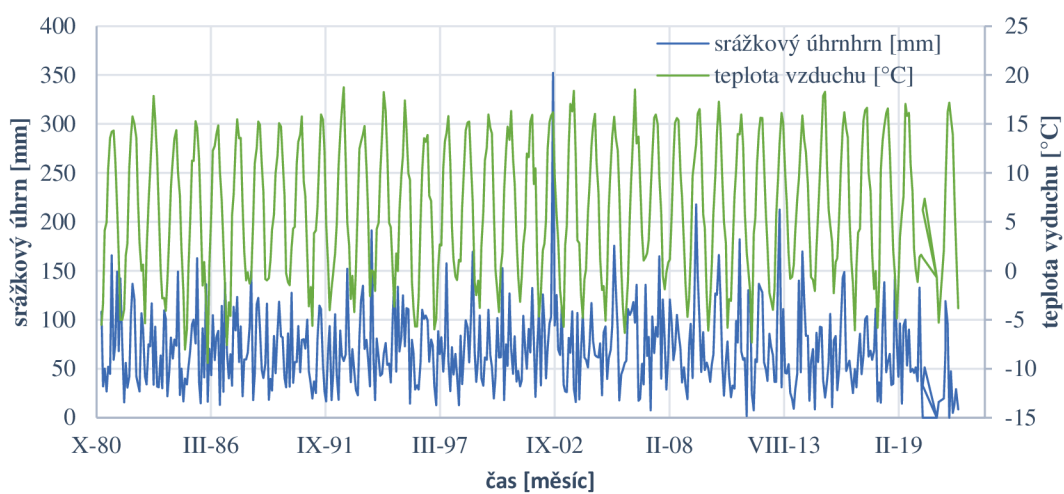
Převážná část Vltavského luhu se nachází v klimatické oblasti CH7 – chladná oblast. Přibližně od Chlumského potoka je část Vltavského luhu v mírně teplé oblasti (MT3). Převládající oblast CH7 se vyznačuje těmito charakteristikami (Quitt 1971; Voženílek a Kveřtoň 2011): velmi krátké až krátké léto, jež je mírně chladné a vlhké; dlouhá přechodná období s chladným jarem a mírným podzimem; dlouhá a mírná, mírně vlhká zima s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Místní klima je však do značné míry ovlivněno působením srážkového stínu příhraničního hřebene Šumavy a alpského fénu. (Albrecht 1979)

Roční srážkový úhrn se pohybuje okolo 800-850 mm a průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 6,2 °C. Měsíční teploty a úhrny srážek, stejně tak jako dlouhodobé hodnoty, zobrazuje následující tabulka a graf (obr. 1) (MŽP (C) 2015; Správa NP Šumava 2000).

tab. 6 - Dlouhodobé měsíční průměry teplot a úhrny srážek pro povodí Teplá Vltava od toku Řasnice po Vltavu u vzdutí nádrže Lipno I (upraveno, zdroj dat: (MŽP(c) 2015))

období 1981-2021	měsíce											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>srážky</b> [mm]	65,8	52,5	64,1	48,3	80,4	97,8	102	91,4	62	57,9	54,1	68,8
<b>teplota</b> [°C]	-2,98	-2,22	1,47	5,84	10,6	13,7	15,7	15,4	11,3	6,89	54,1	-1,86

### Průměrné měsíční úhrny srážek a teploty vzduchu za roky 1981-2021 v zájmovém území



obr. 1 - Zobrazení měsíčních průměrů teplot a úhrnů srážek pro povodí Teplá Vltava od toku Řasnice po Vltavu u vzdutí nádrže Lipno I; zdroj dat: (MŽP (C) 2015))

#### 4.2.5. Flora

V celé délce Vltavského luhu, jež náleží do Šumavský bioregion, převažují borové doubravy, luhy a olšiny s vrchovišti a přechodovými rašeliništi (Culek et al. 2013; AOPK ČR (c) 2022b). Potenciální vegetaci tvoří převážně acidofilní bučiny na krystalinických horninách, na rašeliništích rašelinné blatkové bory doprovázené po okrajích březinami, rašelinnými vrbami a podmáčenými smrčiny a smrkovými olšinami (Bílek 2010b). Charakteristický vegetační komplex tvoří vysoké porosty trav, ostřic, vlhkomilných bylin a bylin horských niv, navazující mokřadní křoviny a montánní lužní les (Sádlo a Bufkova 2002). Byliny, jež se vyskytují ve Vltavském luhu, jsou například sítina rozkladitá (*Juncus effusus*), chrastice rákosovitá nebo na vlhkých lukách bezkoleneček modrý (*Molinia caerulea*). Na rašeliništích a v jejich okolí je pak možné nalézt několik vzácných rostlin včetně kosatce sibiřského (*Iris sibirica* L.) (Bufková a Štemberk 2011; Machač 2015).

Tok Teplé Vltavy v úseku Vltavského luhu je unikátní rozsáhlými dnovými porosty cenných vodních makrofyt (Absolon a Hruška 1999) – stolístku střídavolistého (*Myriophyllum alternifolium*), lakušníku vzplývavého (*Batrachium fluitans*), hvězdošů (*Callitriche*) a zevarů (*Sparganium*). Lokálně se zde také vyskytuje rdest alpský (*Potamogeton alpinus*) a vodními mechorosty, např. pramenička obecná (*Fontinalis antipyretica*). (Bílek 2013; Zelenková 2008)

#### 4.2.6. Fauna

Zájmové území leží na hranici reprezentativní plochy Šumavského bioregionu (Culek et al. 2013), jež poskytuje nejzachovalejší obraz horských živočišných společenstev na vrchovištích v přirozených horských lesích a na horských loukách. Výrazně se to projevuje v avifauně (Bílek 2010b; Culek et al. 2013; Bílek 2013).

Vyskytují se zde, mimo jiné, i velmi vzácné druhy terestrických bezobratlých živočichů, kteří jsou relikty borealpinního nebo boreomontánního rozšíření (Machač 2015). Ze vzácných vodních bezobratlých živočichů zde pak nalézáme vrkoče rašelinného či perlorodku říční (Bílek 2013; Culek et al. 2013).

Kromě perlorodky říční jsou předmětem ochrany v EVL Šumava následující akvatičtí a semi – akvatičtí živočichové (Národní park Šumava 2022):

Mihule potoční se v řešeném úseku Teplé Vltavy vyskytuje hojně, v početnosti až tisíců jedinců. Stejně hojnosti dosahuje i vranka obecná (Chvojková et al. 2008). Tok Teplé Vltavy pro vranku představuje svým členitým štěrkopískovým dnem a vysokou kvalitou vody významnou lokalit. Niva Vltavy také představuje důležitou migrační cestu mezi šumavskými toky a rybníčními oblastmi jižních Čech pro vydru říční, jež se v zájmovém zemi pravidelně vyskytuje (Bílek 2013; Chvojková et al. 2008).

#### 4.2.7. Ochrana přírody

Předmětem ochrany ve Vltavském luhu je uchování typické říční nivy se všemi jejími geomorfologickými i biologickými zákonitostmi, jako jsou agradační valy, meandrovitý tok, stará řečiště v různých stádiích zazemňování a rozsáhlá lužní rašeliniště včetně extenzívně sklízených luk s výskytem vzácných rostlinných i živočišných druhů (AOPK ČR (c) 2022b; Bílek 2010b). Vltavský luh se nachází na území Ramsarské lokality Šumavská rašeliniště, Evropsky významné lokality (ELV) a ptačí oblasti (PO) Šumava, jež je součástí evropské soustavy chráněných území NATURA 2000 (Bílek 2010b). Předmětem ochrany je zde jak vegetace, tak živočichové, z nichž je zachování prostředí Vltavského luhu nejdůležitější pro perlorodku říční (Národní park Šumava 2022).

V zájmovém území bylo vymezeno několik prvků územně ekologické stability (ÚSES). Nadregionální biocentrum Vltavská niva (NRBC – 2014) zahrnuje luh Teplé Vltavy s rašeliništi, lesní porosty (LÖW a spol. s r.o. 2019; PROJEKTOVÝ ATELIÉR ADS .r.o. 2004; Bílek 2010b). Do NRBC jsou napojeny NRBC 173 (Modravské slatě, Roklan – Vltavská niva) a NRBC 174 (Vltavská niva – RBC Medvědí hora – Dívčí kámen) (LÖW a spol. s r.o. 2019; Šnejdová 2020). Na NRBC Vltavská niva navazují regionální biokoridory RBK 14 (Vltavská Niva- Vysoký les), RBK 18 (Vltavská Niva – Stožec), RBK 19 (Vltavská Niva – Zátoňská hora)(Šímová 2016) a RBK 073 (Vltavská niva – RK8) vedoucí podél Volarského potoka (Barák 2017).

#### 4.2.8. Mrtvý luh

Mezi obcemi Černý kříž a Dobrá se na pravém břehu Teplé Vltavy rozléhá území elipsovitého tvaru o délce 3,5 km a šířce 1,7 km – Mrtvý luh. Mrtvý luh je nejzachovaljším vrchoviště v celé údolní nivě (Machač 2015). V jihovýchodním cípu Mrtvého luhu se stéká Studená Vltava s Teplou Vltavou. Stejně jako Vltavský luh patří Mrtvý luh do mezinárodní sítě chráněných mokřadů Ramsarské smlouvy (Machač 2015; Vyskot 1981). Na hlinitém podloží se zde vytvořily vrstvy rašeliny o mocnosti až 720 cm. Při povodních je rašelina vyplavována, což dává vltavské vodě charakteristickou černočervenou barvu. Na rozdíl od Vltavského luhu, jež je pokryt mechy, travami a lesními celky, v Mrtvém luhu jsou dřeviny ojedinělé. Stromy se vyskytují jen sporadicky, tak že zalesnění není vyšší než 30%. Převážně se jedná o tyto druhy: *Betula pubescens*, *Betula carpatica*, *Picea abies*, *Pinus nigra*, *Pinus uncinata* subsp. *Uliginosa*. Takto chudá dřevinná vegetace a množství trčících mrtvých stromů je pozůstatkem rozsáhlého podzemního požáru rašeliny (Vyskot 1981).



## 5. Metodika

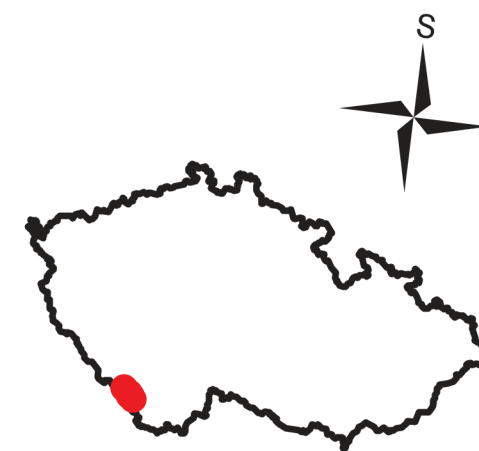
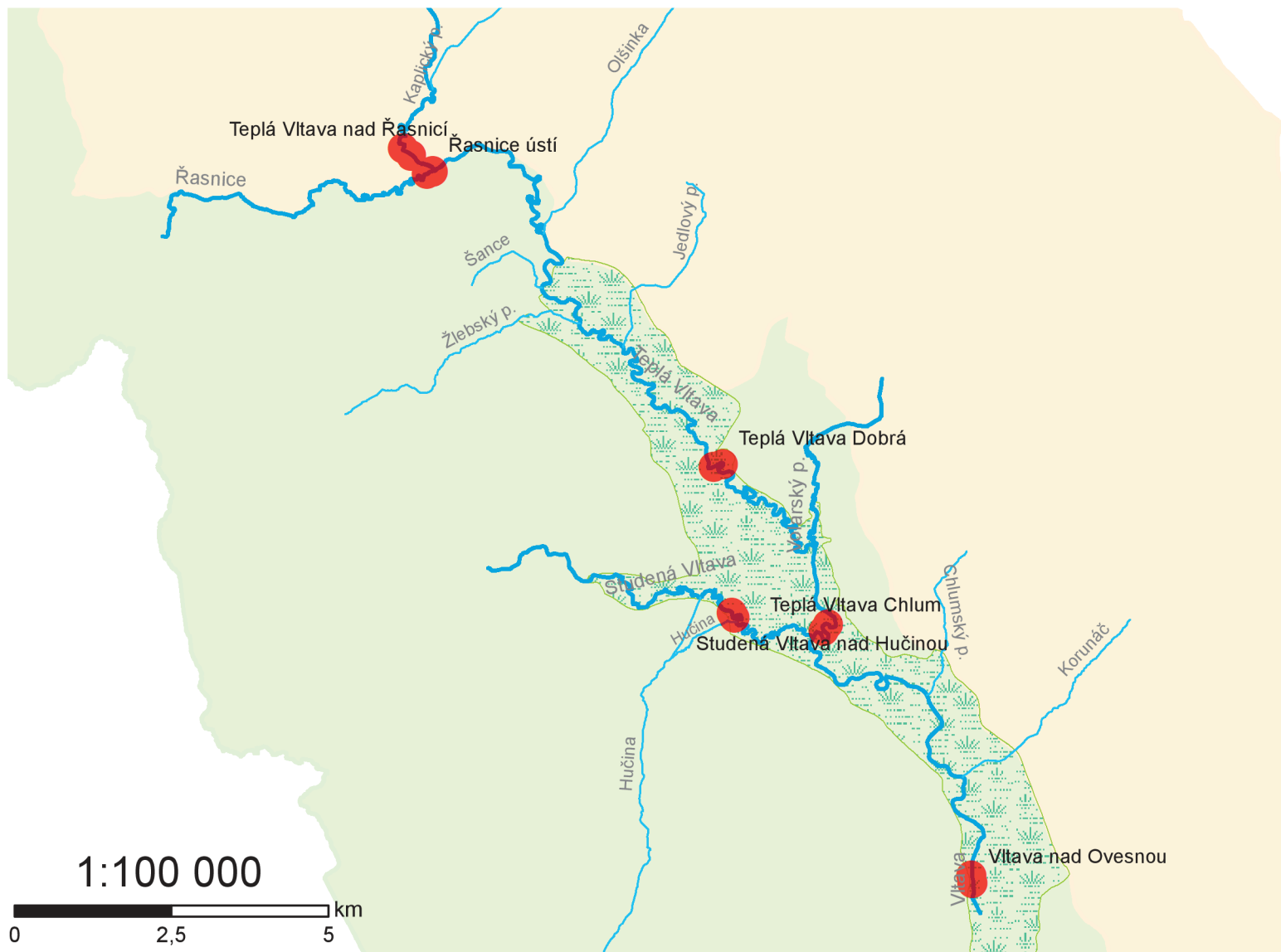
### 5.1. Zájmové lokality

V zájmovém území bylo pro odběry makrozoobentosu vybráno 6 lokalit na tocích Řasnice, Teplá Vltava a Studená Vltava, jež jsou zdrojové toky pro Vltavu. Na každém z těchto toků byla vybrána jedna lokalita, než se tok vlévá do dalšího toku. Tyto lokality jsou Řasnice – ústí, Teplá Vltava – nad Řasnicí a Studená Vltava – nad Hučinou. Jako uzávěrový profil zájmového území byla vybrána lokalita Vltava – Ovesná. Hlavním úsekem pro výskyt perlorodky říční je tok Teplé Vltavy od Soumarského mostu po soutok se Studenou Vltavou. Jako lokalita charakterizující tento úsek byla vybrána Teplá Vltava – Dobrá. Dále po toku se do Teplé Vltavy vlévá značně znečištěný Volarský potok. Z tohoto důvodu byla před soutokem Teplé a Studené Vltavy vybrána ještě jedna lokalita: Teplá Vltava – Chlum, jež by charakterizovala změnu složení toku.

*obr. 2 - Přehledná situace a zobrazení umístění lokalit v zájmovém území Vltavský luh, zdroj dat uveden v tiráži*

# PŘEHLEDNÁ SITUACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

## Zobrazení umístění lokalit v zájmovém území Vltavský luh



- lokality
- vedlejší toky zájmového území
- hlavní toky zájmového území
- ▨ mokřady Vltavského luhu
- ▭ hranice NP Šumava
- ▭ hranice CHKO Šumava

**ČZU** Fakulta životního prostředí

Autor: Bc. Stefanie Audyová;  
zdroj dat: DIBAVOD© 2020 - upraveno,  
AOPK ČR © 2021, ČÚZK © 2021;  
koordinační systém: S-JTSK Křovák East North

### 5.1.1. Teplá Vltava – nad Řasnicí

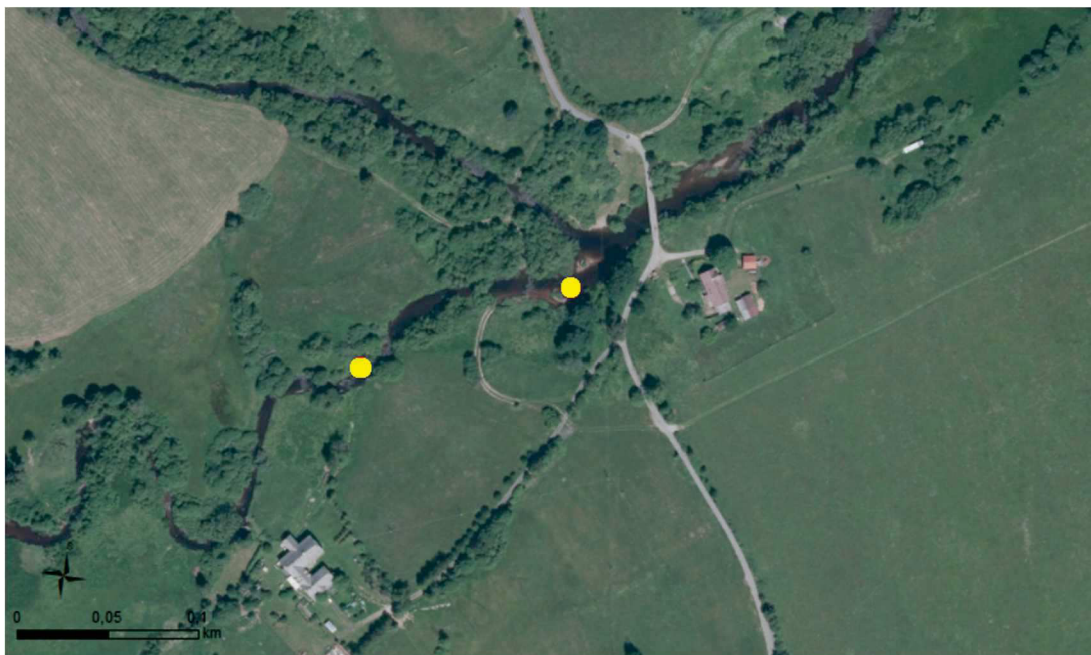
Lokalita se nachází na západní straně obce Lenora a na východ od bývalé těžebny rašeliny, jež je na jihovýchodě obce Vlčí jámy. K lokalitě je možné se dostat pěšky od parkoviště u fotbalového hřiště. Odběrový úsek je umístěn ve třetím meandru pod jezem Lenora na toku Teplé Vltavy. Od tohoto jezu je lokalita vzdálena přibližně 600 metrů vzdušnou čarou. Oba břehy toku jsou lemovány stromy a zemědělskou půdou (obr. 3). GPS souřadnice středu lokality jsou ve WGS84 systému N: 48,9183197; E: 13,7952744.



obr. 3 - Lokalita Teplá Vltava – nad Řasnicí se zobrazením začátku a konce odběrového úseku

### 5.1.2. Řasnice – ústí

Lokalita se nachází jižně od obce Lenora a přibližně 500 metrů stejným směrem od lokality Teplá Vltava – nad Řasnicí. K lokalitě je možné se dostat pěšky od parkoviště u fotbalového hřiště. Odběrový úsek je umístěn přibližně 100 metrů před soutokem s Teplou Vltavou u mostu pro pěší. Oba břehy toku jsou lemovány stromy (obr. 4). GPS souřadnice středu lokality ve WGS84 systému: N: 48,9173722; E:13,7963003.



obr. 4 - Lokalita Řasnice – ústí se zobrazením začátku a konce odběrového úseku

### 5.1.3. Teplá Vltava – Dobrá

Lokalita se nachází u obce Dobrá, jihozápadně od obce Volary. K lokalitě je možné se dostat pěšky od železniční zastávky Dobrá na Šumavě. Od této zastávky je lokalita vzdálena přibližně 650 metrů vzdušnou čarou. Odběrový úsek je umístěn v prvním meandru po toku Teplé Vltavy za železničním mostem. Levým břehem toku je zhruba ohraničen Mrtvý luh a oba břehy toku jsou lemovány stromy (obr. 5). GPS souřadnice středu lokality ve WGS84 systému: N: 48,8811992; E: 13,8678625.



obr. 5 - Lokalita Řasnice – ústí se zobrazením začátku a konce odběrového úseku

#### 5.1.4. Teplá Vltava – Chlum

Lokalita se nachází v jihovýchodním cípu Mrtvého luhu, západně od obce Chlum a jižně od obce Volary. Lokalita je vzdálená přibližně 300 metrů proti toku od soutoku Teplé a Studené Vltavy a 1,25 kilometru pod soutokem Volarského potoka s Teplou Vltavou. Odběrový úsek je umístěn v druhém meandru nad soutokem Teplé a Studené Vltavy (obr. 6). GPS souřadnice středu lokality ve WGS84 systému: N:48,8612164; E: 13,8959556.



obr. 6 - Lokalita Teplá Vltava - Chlum se zobrazením začátku a konce odběrového úseku

#### 5.1.5. Studená Vltava – nad Hučinou

Lokalita se nachází v jihozápadní části Mrtvého luhu, východně od osady Černý Kříž. Lokalita je vzdálená přibližně 1 kilometr vzdušnou čarou od železniční stanice Černý Kříž. K lokalitě je možné se dostat z Černého Kříže po Vltavské cyklostezce. Odběrový úsek je umístěn v prvním meandru nad soutokem Studené Vltavy a revitalizované Hučiny (obr. 7). GPS souřadnice středu lokality ve WGS84 systému: N: 48,8603672; E: 13,8771911.



obr. 7 - Lokalita Studená Vltava – nad Hučínou se zobrazením začátku a konce odběrového úseku

#### 5.1.6. Vltava – Ovesná

Lokalita se nachází pod soutokem Teplé a Studené Vltavy, západně od hlavní části obce Záhvozdí. Lokalita je vzdálená přibližně 500 metrů od soutoku Vltavy s Uhlíkovským potokem a cca 2,5 kilometru vzdušnou čarou od železniční stanice Ovesná. Na levém břehu se u odběrového úseku nachází osadní část obce Záhvozdí, a na pravém břehu se napojuje meandrující mrtvé rameno (obr. 8). GPS souřadnice středu lokality ve WGS84 systému: N: 48,8287306; E: 13,9345622.



obr. 8 - Lokalita Vltava – Ovesná se zobrazením začátku a konce odběrového úseku

## 5.2. Odběr makrozoobentosu metodou PERLA

### 5.2.1. Terénní část

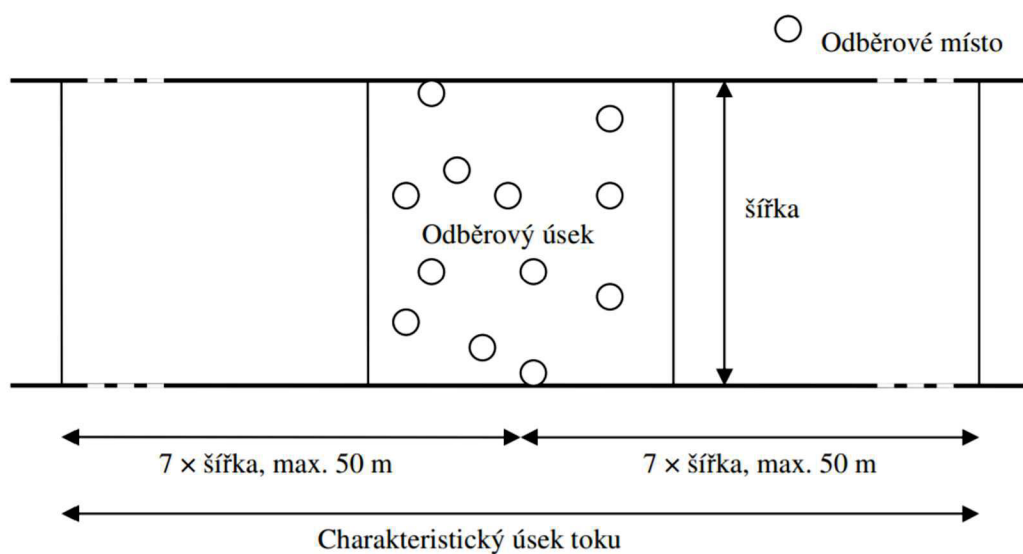
Odběry byly prováděny v letech 2018 až 2020 vždy na jaře (duben až květen) a na podzim (říjen až listopad) modifikovanou metodou PERLA, a to z důvodu rozdílného vývojového cyklu určitých skupin makrozoobentosu v průběhu roku.

- **Metoda PERLA**

Odběr makrozoobentosu metodou PERLA je založen na 3-minutovém semiekvivalentním multihabitatovém odběru dle (ČSN 1996), při kterém jsou v toku habitaty vzorkovány procentuálně dle zastoupení v úseku, kde je odběr prováděn. Systém PERLA byl vytvořen v souladu s požadavky Rámcové směrnice WFD (2000) pro hodnocení ekologického stavu toků. Tato metoda byla vytvořena pro odběr makrozoobentosu broditelných tekoucích vod. Metoda PERLA je aplikovatelná na toky, které za normálního stavu mají hladinu přibližně do 1 m hloubky a rychlost do 1 m/s. Tyto parametry lze zjednodušit, a to tak, že vodní tok musí být hydrobiolog schopen přejít napříč v holínkách či brodicích kalhotách. Po odběru jsou vzorky determinovány do podrobnosti tak, aby bylo dosaženo závazné determinační úrovně. (Kokeš a Němejcová 2006)

Hlavním cílem monitorovacích programů je vystihnout ekologický stav delšího úseku toku, nejen lokálního stavu. Z tohoto důvodu je nutné, aby vybraná odběrová lokalita i odebraný vzorek reflektovali stav úseku toku, jež je hodnocen. **Charakteristický úsek** toku je určen jako 14násobek šířky toku nebo 100 m, dle toho, co je kratší vzdálenost, kdy 100 m je současně maximální délka charakteristického úseku toku. Charakteristický úsek toku by měl být vybrán v přiměřené vzdálenosti od mostů, komunikací, brodů a jezů, nejsou-li typické pro hodnocený úsek. Stejně tak by měl být úsek vybrán v přiměřené vzdálenosti od míst bodového znečištění tak, aby došlo k dobrému promíchání vody v toku s vodou znečištěnou. (Kokeš a Němejcová 2006) **Odběrový úsek** toku je reprezentativní část charakteristického úseku toku a je určen z důvodu, že charakteristický úsek není často možné vzorkovat celý. Odběrový úsek by měl obsahovat poměrově všechny charakteristiky, jako celý charakteristický úsek. Mezi tyto charakteristiky patří jak poměrové složení habitatů v toku, břehové

vegetace tak i poměr peřejí a tůň. (Kokeš a Němejcová 2006) **Odběrová místa** jsou konkrétní habitaty v toku, jež jsou vzorkovány. (Kokeš a Němejcová 2006)



obr. 9 - Schéma charakteristického úseku toku, odběrového úseku a odběrového místa, autor: KOKEŠ, Jiří & NĚMEJCOVÁ, Denisa, 2006.

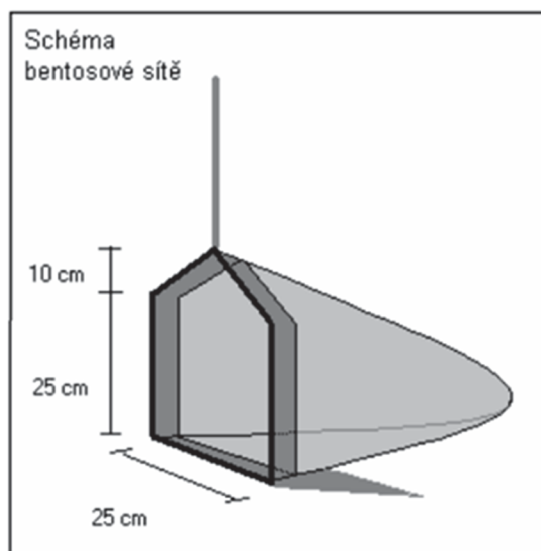


obr. 10 - Schéma možného rozložení habitatů v odběrovém úseku, autor: KOKEŠ, Jiří & NĚMEJCOVÁ, Denisa, 1999



K odběru každého vzorku makrozoobentosu byly použity následující pomůcky:

- Bentosová síť s dlouhou rukojetí  
– velikost ok 500  $\mu\text{m}$  (obr. 11)
- nádoby na vodu 10-15 l (kbelík)  
– dle počtu habitatů
- tužka
- protokol
- seznam lokalit
- stopky
- fotoaparát
- pásmo
- Brodící holínky nebo kalhoty
- Gumové rukavice k ochraně proti chladu



obr. 11 - Schéma bentosové sítě na odběr makrozoobentosu (Kokeš a Němejcová 2006)

Před samotným odběrem byla v určeném odběrovém úseku vytipována odběrná místa, které se následně odebírala. V rámci tříletého odběru vzorků byly zaznamenány tyto habitaty, jež byly následně hodnoceny:

- |           |               |
|-----------|---------------|
| – Dřevo   | – Štěrkopísek |
| – Kameny  | – Písek       |
| – Valouny | – Makrofyta   |
| – Štěrk   |               |

Vytipované habitaty se zapsaly do protokolu a přiřadilo se jim číslo nádoby, do které by následně odebraný vzorek uložen k převozu.

Po zapsání všech dalších náležitostí jako času, data, délky odběrového úseku a podobně do protokolu se přešlo k samotnému odběru. Ten byl prováděn postupně proti směru toku, aby nedocházelo k narušení ještě neprozkoumaných ploch. Ruční bentosová síť byla umístěna spodní hranou na substrát dna toku a proti směru toku. Před sítí bylo dno toku nohou nebo rukou rozrušováno do hloubky 5–10 cm a větší kameny převráceny (kick sampling). Uvolněné organismy se substrátem byly proudem

toku splavovány do sítě. Tento postup byl zopakován u každého habitatu, kdy celkový čas odběru jednoho habitatu byl vypočten poměrem z celkových 3 minut. Což znamená, že nacházelo-li se v odběrovém úseku 6 různých habitatů přibližně stejně velkých rozlohou, byl každý habitat odebíráán po dobu 30 vteřin. Při menším/větším počtu habitatů či při různém procentuálním zastoupení jednotlivých habitatů byl čas dle toho poměrově rozdělen. Fotografická dokumentace příkladu habitatů je uvedena v příloze III.

Z důvodu, aby nedocházelo k poškození bentosové sítě, byl odběr v každém habitatu rozdělen dále na časové úseky po 10 sekundách, a po každém úseku byla síť vyprázdněna do připravené přepravní nádoby (kbelík s víkem) s příslušným číslem zaznamenaným v protokolu. Časové úseky byly vždy měřeny stopkami.

Fotografická dokumentace postupu odběru je zobrazena v příloze II.

### 5.2.2. Příprava zpracování a uchování vzorků makrozoobentosu

Z místa odběru byly všechny vzorky postupně odvezeny na stanici, kde se následujícím postupem připravily ke zpracování.

Pomůcky:

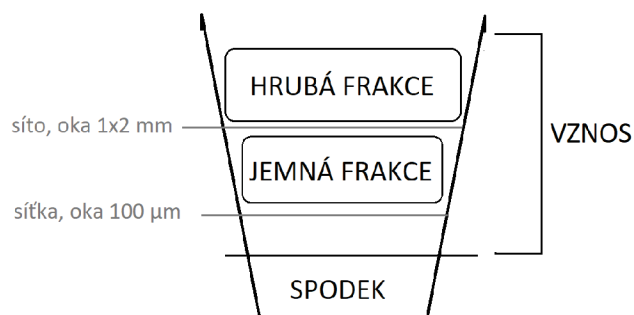
- stereomikroskop (binokulární lupa) typu ZENITH STM-40 se zvětšením 7-40 krát
- Petriho misky různých velikostí
- plastové misky o objemu 0,5 - 1,5 l
- pinzety různých tvrdostí
- epruvety
- 80 % roztok ethanolu
- 10% roztok formaldehydu
- předtištěné štítky s názvem lokality a datem odběru
- tužka
- lihový fix
- mikrotenové sáčky k uskladnění epruvet
- gumičky na svazování epruvet

Před rozdělením vzorku na jednotlivé frakce pomocí sít, se připravila prázdná nádoba o objemu alespoň 10 litrů, nad kterou se bude vzorek proplachovat, a dále dvě větší a jedna menší miska.

Pokud vzorek obsahoval větší kameny nebo kusy dřeva (průměr či délka  $\geq 5$  cm), byly tyto kusy vyndány a opatrně opláchnuty nad nádobou se vzorkem. Následně byly kusy zkontrolovány, že na nich není přichycený žádný živočich. Pokud byly zcela očištěny, mohly se vyloučit z dalšího přebírání.

Zbylá část substrátu se rukou řádně zamíchala, aby vytvořila vzos (částice vznášející se ve vodním sloupci), a opatrně přecedila přes síto s oky 1x2 mm nad prázdnou nádobou. Substrát ze síta byl umístěn do jedné z připravených misek s přiměřeným množstvím čisté vody. Toto bylo zopakováno pětkrát.

Frakce, která se zachytila v sítu, byla nazvána *hrubá frakce*. Část vzosu, která sítem propadla, byla v nádobě zamíchána a přecezena v síťce s oky 100  $\mu$ m. Tato část substrátu (*jemná frakce*), byla stejně jako hrubá frakce umístěna do prázdné misky s přiměřeným množstvím čisté vody, připravena k přebrání. Frakce, jež zůstala v původní nádobě na dně, byla nazvána *spodek*. Při řádném opakování proplachování, by tato část měla obsahovat pouze minimum organismů. I přesto byl spodek přemístěn do misky a s ostatními frakcemi určen k přebírání.



obr. 12 - Diagram zobrazující frakce, jako nadsítné a podsítné daných sít a vztahu vznosu a spodku

Každý z účastníků odběru si vždy vybral jednu nádobu s habitatem, takto si ji připravil a všechny vzniklé nádoby s částmi vzorku označil tak, aby nedošlo k záměně s jinou částí vzorku či jiným habitatem.

V terénní laboratoři byly z jednotlivých částí vzorků vybráni živočichové a vytřízeni do základních kategorií: Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Diptera, Chironomidae, Oligochaeta, Mollusca, Coleoptera, Hirudinea a Varia. Do skupiny Varia byly umísťováni živočichové méně četných skupin. Nejčastěji se jednalo o Acari, Odonata, Asellus, Heteroptera a jiné. Každá ze skupin živočichů byla umístěna do epruvety s ethanolem či formaldehydem u Chironomidae a Oligochaeta, se štítkem určujícím datum odběru, odebíraný profil a habitat a taxonomickou skupinu živočichů.

V případě, že se nestihly celé vzorky či části vzorků sortovat v terénní laboratoři, byly celé vzorky rozděleny na jednotlivé frakce a ty následně fixovány formaldehydem do vodotěsných nádob se štítky určujícími, o jaký vzorek se jedná. V laboratoři ve VÚV TGM, v.v.i. byly ze zbylých vzorků sortovány živočichové do taxonomických skupin, stejně jako v terénu. Následně v epruvetách fixovány ethanolem a formaldehydem a řádně označeny štítky. Tak jako v terénu byl v laboratoři zpracováván vždy pouze jeden vzorek, aby nedošlo k záměně.

Při sortování byl použit **Klíč k určování vodních bezobratlých živočichů** (Petřivalská a Dvorská 2010) a **Klíč vodních larev hmyzu** (Rozkošný 1980).

V příloze IV jsou fotografie některých zástupců určovaných taxonomických skupin při sortování vzorků.

### 5.2.3. Determinace

Determinace byla zajištěna externími pracovníky Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM, v.v.i. a následně zaslaná zpět v podobě tabulek MS Excel (2016) s abundancí organismů determinovaných do nejnižší možné taxonomické skupiny, převážně tedy s určením rodového a druhového jména.

## 5.3. Zpracování a vyhodnocení dat

Dodaná data s determinovanými organismy byla postupně upravována tak, aby měla stejný formát a bylo následně možné provádět výpočty a grafické zobrazení. K práci s daty a jejich úpravě byla použita aplikace Excel z balíčku Microsoft Office.

Determinovaní živočichové byli rozděleni do skupin Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Diptera, Chironomidae, Oligochaeta, Mollusca, Coleoptera, Hirudinea a Varia. Skupina Varia obsahovala živočichy málo zastoupené a nepatřící ani do jedné z výše uvedených skupin.

Z dat byly následně vypočteny základní statistické údaje, jako je například procentuální zastoupení všech nalezených skupin organismů v každé lokalitě, poměrové zastoupení skupin ku počtu odběrů na dané lokalitě, vývoj počtu jedinců vybraných skupin v odebraných vzorcích a jiné. Hodnoceno bylo kvantitativní zastoupení všech základních taxonomických skupin a druhové zastoupení tzv. EPT taxonů (jepic, pošvatek a chrostíků). Dále byla na daných lokalitách a habitatech vypočtena biodiverzita EPT taxonů dle Oduma (1977). Tabulky s výpočty indexů biodiverzity jsou v přílohách VII a VIII.

Z šesti testovaných lokalit (kap. 5.1.) byly ve třetím roce (2020) vybrány ke vzorkování pouze dvě lokality, Teplá Vltava – Dobrá a Chlum. Pokud by se tento třetí rok zahrnul do výpočtů biodiverzity, byly by lokality Dobrá a Chlum poměrově větší v zastoupení nalezenými jedinci právě o počty nalezených živočichů v odběrech jaro a podzim 2020. Z tohoto důvodu je zhodnocení lokalit i habitatů a následný výpočet biodiverzity prováděn pouze pro odběry z let 2018 a 2019.

Jelikož každý hodnocený habitat byl vzorkován jiným počtem odběrů v průběhu tří let (viz příloha I), v habitatech byla biodiverzita počítána jako průměr na jeden vzorek. Při

odběrech byly také některé habitaty z důvodu své velikosti (poměru oproti ostatním) rozděleny na více vzorků, například odebráním vzorku kamenů, tzv. placáků, kamenů v proudnici a kamenů v tišině. V seznamu vzorkovaných habitatů níže jsou hodnocené habitaty uvedeny tučně a habitaty, ze kterých se skládaly.

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Dřevo</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Dřevo – tišina*</li><li>• dřevo</li></ul></li><br/><li>– <b>Kameny</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Kameny – tišina</li><li>• Kameny – proudnice</li><li>• Placáky</li><li>• Kameny</li></ul></li><br/><li>– <b>Valouny</b></li><li>– <b>Štěrk</b></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Štěrkopísek</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Štěrkopísek – boční rameno</li><li>• Štěrkopísek – proudnice</li><li>• štěrkopísek</li></ul></li><br/><li>– <b>Písek</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Písek – tišina</li><li>• Písek – proudnice</li><li>• Písek (bez bližšího určení)</li></ul></li><br/><li>– <b>Makrofyta</b></li></ul> |
|--|--|

\* - V tomto habitatu nebyly nalezeny žádní jedinci EPT taxonů

Při výpočtu biodiverzity hodnocených habitatů byla nejdříve vypočtena biodiverzita EPT taxonů dle Oduma (1977) z každého vzorkovaného habitatu zvlášť. Po výpočtu všech biodiverzit v jednotlivých vzorkovaných habitatech byly vypočteny aritmetické průměry biodiverzity pro hodnocené habitaty. Například pro výpočet biodiverzity hodnoceného habitatu písku byl vypočten průměr z hodnot biodiverzity písku – tišiny, písku – proudnice a písku. Vypočtené hodnoty biodiverzit a vstupní hodnoty jsou zaznamenány v tabulkách v příloze VIII.

Dalším krokem bylo vyhodnocení fyzikálně-chemických a chemických parametrů vodního prostředí v místech odběrů. Sady dat naměřené pracovníky VÚV TGM v.v.i. byly poskytnuty vedoucím práce. K vyhodnocení možných vztahů s nalezenými organismy byly použity vybrané naměřené hodnoty teploty, konduktivity, pH, nerozpuštěné látky, množství vápníku, fosforečnanů, amoniakálního, dusitanového a dusičnanového dusíku, celkového fosforu a fosforečnanů ve vodě.

Kromě lokality Teplá Vltava – Chlum (jez Chlum) byla data fyzikálně-chemických a chemických parametrů vodního prostředí měřena, kromě několika výjimek, v měsíčním kroku. Na lokalitě Teplá Vltava – Chlum, byla v měsíčním kroku měřena teplota, konduktivita a pH. Chemické parametry zde byly měřeny pouze třikrát v období 2018-2020.

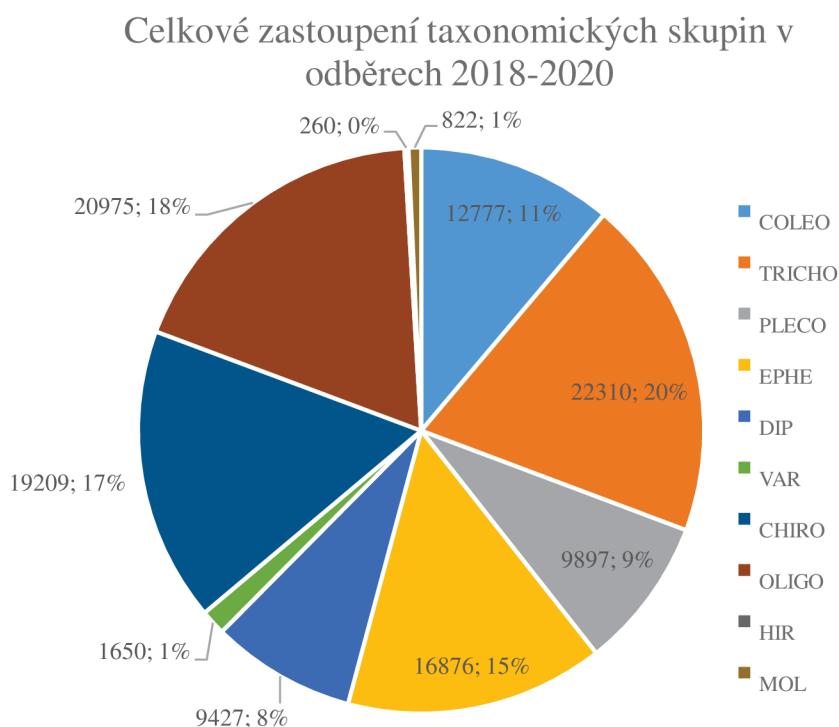
Jelikož byl makrozoobentos odebírán dvakrát ročně, byla tomu uzpůsobena data fyzikálně-chemických a chemických parametrů vodního prostředí tak, aby bylo možné zobrazit vztah mezi nimi a makrozoobentosem. Společenstvo makrozoobentosu je ovlivněno těmito parametry v době mezi vzorkováním. Z toho to důvodu byly chemická a fyzikálně-chemická data seskupena do dvou skupin každý rok – pro jarní odběr to bylo říjen až duben a pro podzimní odběr květen až září. Z těchto dvou hodnot pro každý rok na každé lokalitě byly spočteny minimální a maximální hodnoty a aritmetický průměr. Pro zobrazení závislostí byly použity aritmetické průměry.

Tabulky se vstupními daty jsou k nahlédnutí v přílohách. Zdrojová data fyzikálně-chemických a chemických dat i data odběru makrozoobentosu jsou přiloženy na CD.

## 6. Výsledky

### 6.1. Celkové složení společenstva makrozoobentosu

Při tříletém vzorkování bylo nalezeno celkem 114 203 jedinců makrozoobentosu. Nejpočetnější skupinou nalezených živočichů byli chrostíci, kteří tvořili s 22 310 jedinci 20 % celkového počtu nalezených živočichů. Druhou nejpočetnější skupinou byli máloštětinatci, kterých bylo nalezeno 20 975 kusů (18 %). Jen o jedno procento méně bylo nalezeno pakomárů, kterých bylo 19 209 jedinců. Čtvrtou nejpočetnější skupinou byly jepice, kterých bylo nalezeno 16 876. Méně než 10 000 jedinci byly zastoupeny pošvatky a dvoukřídlí. 1 % (1 650 jedinců) celkových nalezených jedinců zastupovala směsná skupina Varia obsahující vodní roztoče, ploštěnky, blešivce, vážky apod. Seznam živočichů patřících do této skupiny, včetně počtů, je uveden v příloze V, stejně tak jako výše zmíněné taxonomické skupiny. Méně než 1 000 jedinců bylo nalezeno a určeno ve skupinách měkkýšů (822 jedinců) a pijavic (260 jedinců). Graficky je poměr jednotlivých skupin zobrazen na obr. 13.



obr. 13 - Celkové zastoupení taxonomických skupin v odběrech 2018-2020 v absolutních hodnotách a procentuálním zastoupení, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit; seznam zkratek je umístěn před kapitolou úvod



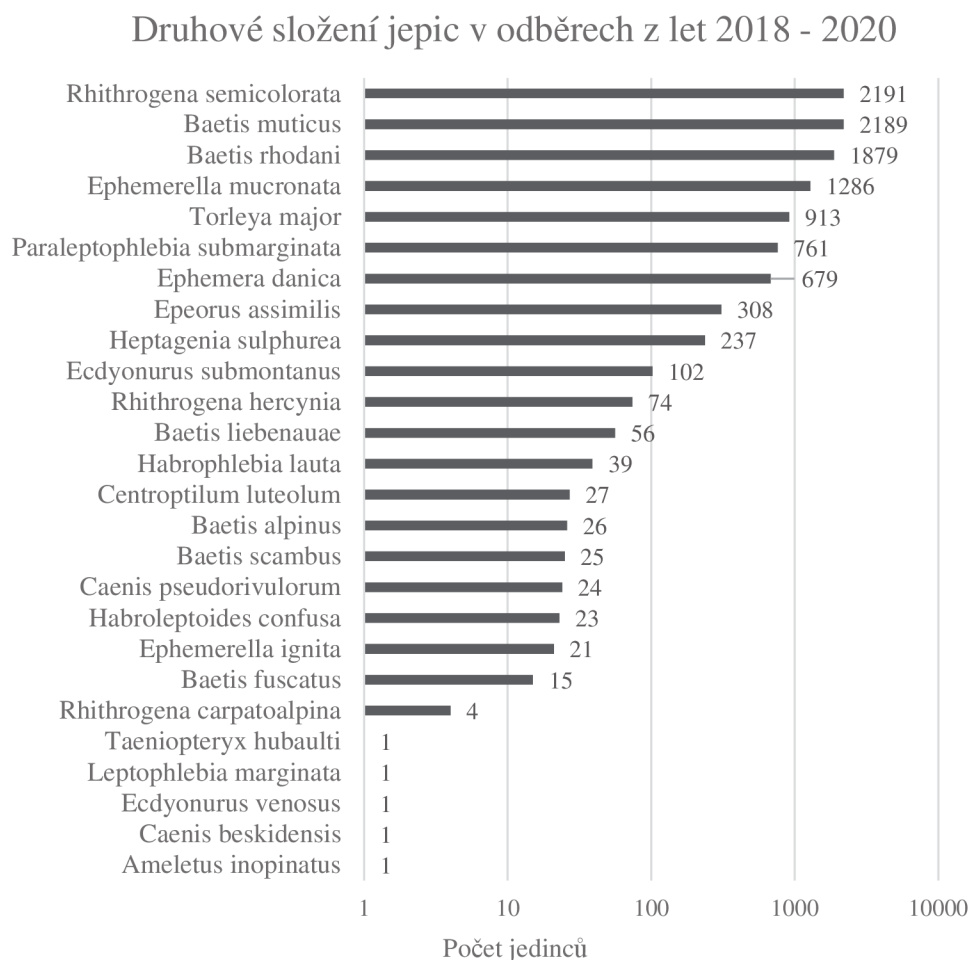
## 6.2. Druhové složení EPT taxonů

V následující kapitole jsou popsány taxonomické skupiny jepice, pošvatky a chrostíci a jejich druhové složení v celé délce odběrů, tedy za roky 2018 až 2020.

Příloha V uvádí všechny nalezené druhy jepic, pošvatek a chrostíků.

### 6.2.1. Druhové složení jepic

V celkovém počtu 16 876 nalezených jedinců jepic bylo určeno celkem 27 druhů. Převládajícím druhem byly jepice *Rhithrogena semicolorata*, kterých se našlo celkem 2 191 jedinců. Významně zastoupeny byly také rody *Baetis* (druhy *B. muticus* a *B. rhodani*) a *Ephemerella*. Dále pak byly poměrně hojně zastoupeny (méně než 1 000 jedinci) *Ephemera danica*, *Torleya major* a *Paraleptophlebia submarginata* (obr. 14). Ostatní druhy se vyskytovaly pouze sporadicky s počtem do 310 nalezených jedinců za všechny tři roky (2018-2020) na všech lokalitách.

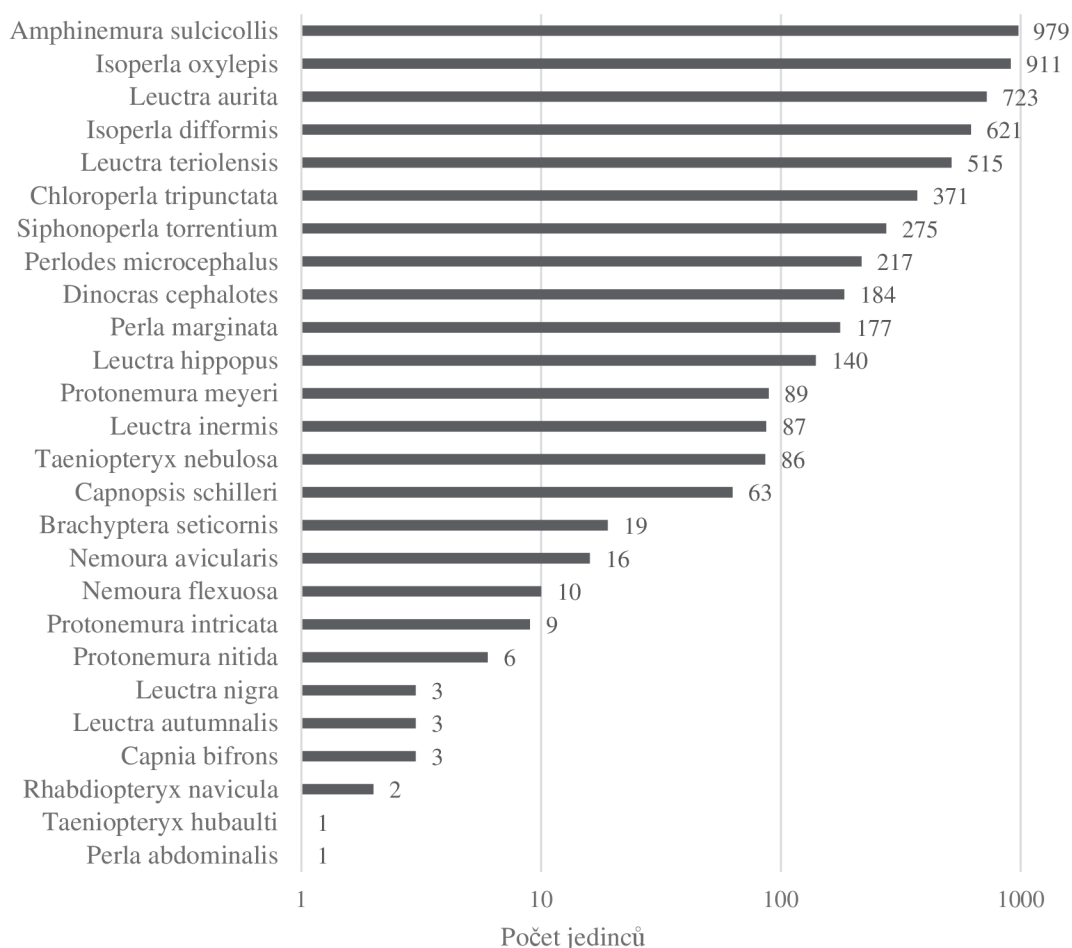


obr. 14 - Druhové složení jepic v odběrech z let 2018–2020, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit

### 6.2.2. Druhové složení pošvatek

V celkovém počtu 9 897 nalezených jedinců pošvatek bylo určeno celkem 37 druhů. Převládajícím rodem byly pošvatky *Isoperla*, kterých se našlo celkem 3 988 jedinců. Z jednotlivých druhů byly nejvíce zastoupeny *Amphinemura sulcicollis* 979 jedinci, *Isoperla oxylepis* 911 jedinci a *Leuctra auria* 723 jedinci. Významně zastoupeny byly také druhy *Isoperla difformis*, *Leuctra teriolensis* a rod *Siphonoperla*. Dále byl hojně zastoupen rod *Chloroperlidae* s nejpočetnějším druhem *Ch. tripunctata* o 371 jedincích (obr. 15). Ostatní druhy se vyskytovaly pouze s počtem nižším než 300 nalezených jedinců za všechny tři roky (2018-2020) na všech lokalitách.

Druhové složení pošvatek v odběrech z let 2018 - 2020



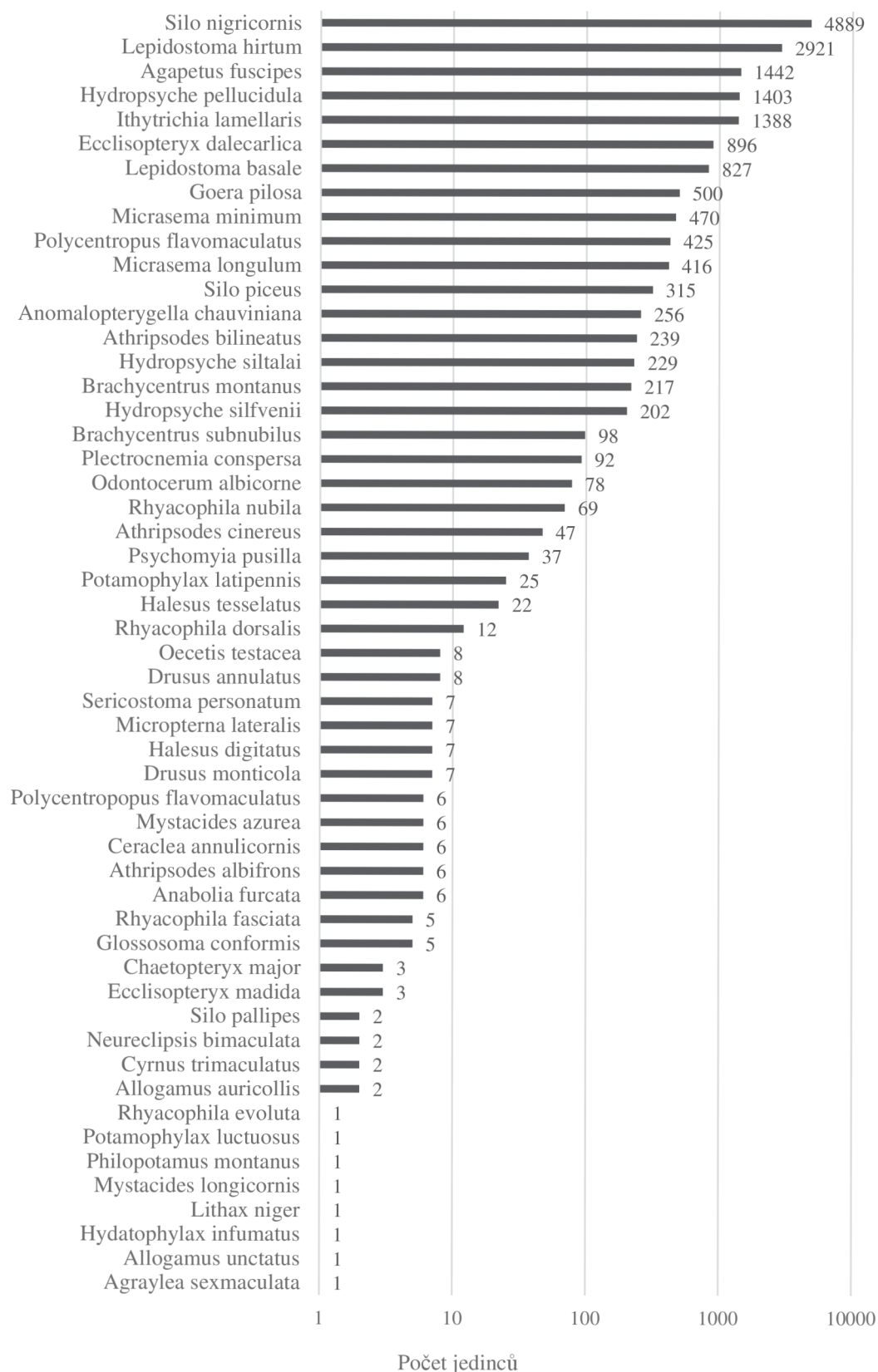
obr. 15 - Druhové složení pošvatek v odběrech z let 2018–2020, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit

### 6.2.3. Druhové složení chrostíků

Chrostíci byli v rámci EPT taxonů druhově nejbohatší skupina, určeno bylo celkem 62 druhů. S celkovým počtem 22 310 nalezených jedinců byli chrostíci i nejpočetnější sortovanou taxonomickou skupinou.

Převládajícím druhem byli chrostíci *Silo nigricornis*, kterých se našlo celkem 4 889 jedinců. Významně (s více než 2 500 jedinci) zastoupeny byly rody *Sericostoma* a *Hydropsyche*, druhy s nalezenými více než 1300 jedinci byly *Agapetus fucipes*, *Hydropsyche pellucidula* a *Ithytrichia lamellaris*. Dále byly početně zastoupeny druhy (s 900 až 500 jedinci) *Ecclisopteryx dalecarlica*, *Goera pilosa* a rod *Lepidostoma*, jehož nejpočetnějším druhem byl *L. Basale* (obr. 16). Ostatní druhy se vyskytovaly pouze s počtem nalezených jedinců do 470, za všechny tři roky na všech lokalitách.

## Druhové složení chrostíků v odběrech z let 2018 - 2020



obr. 16 - Druhové složení chrostíků v odběrech z let 2018–2020, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit

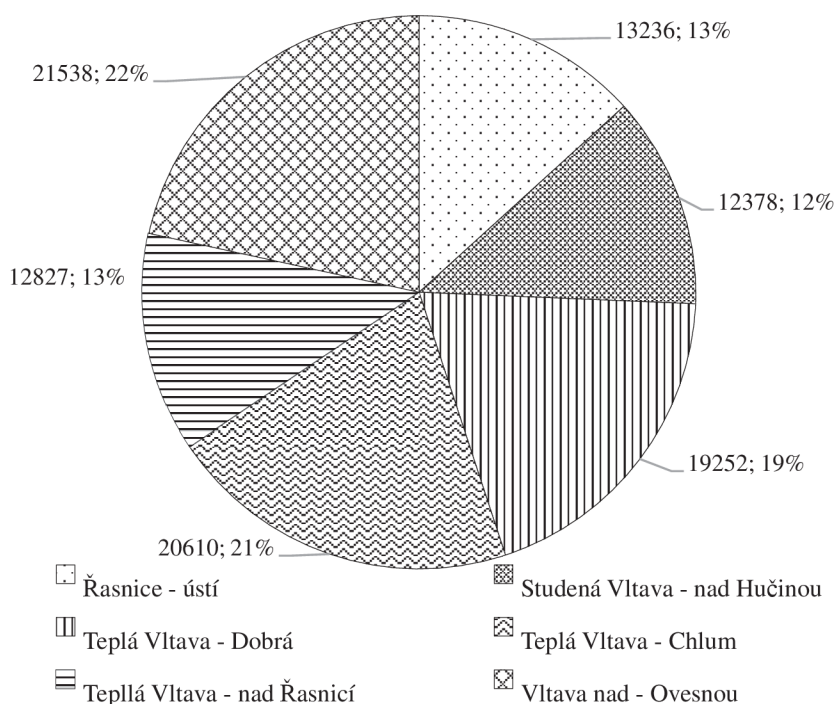
### 6.3. Početnost a biodiverzita jednotlivých lokalit a habitatů

Biodiverzita, tedy rozmanitost, charakterizuje společenstvo prostřednictvím druhů v něm obsažených. Pro tuto práci byla vypočtena základní biodiverzita podle E. Odu-ma, a to pro EPT taxony (jepice, pošvatky a chrostíky). Přehled vzorkovaných habi-tatů je v příloze I a v příloze VI je tabulka počtů nalezených jedinců daných taxonů na jednotlivých lokalitách a habitatech.

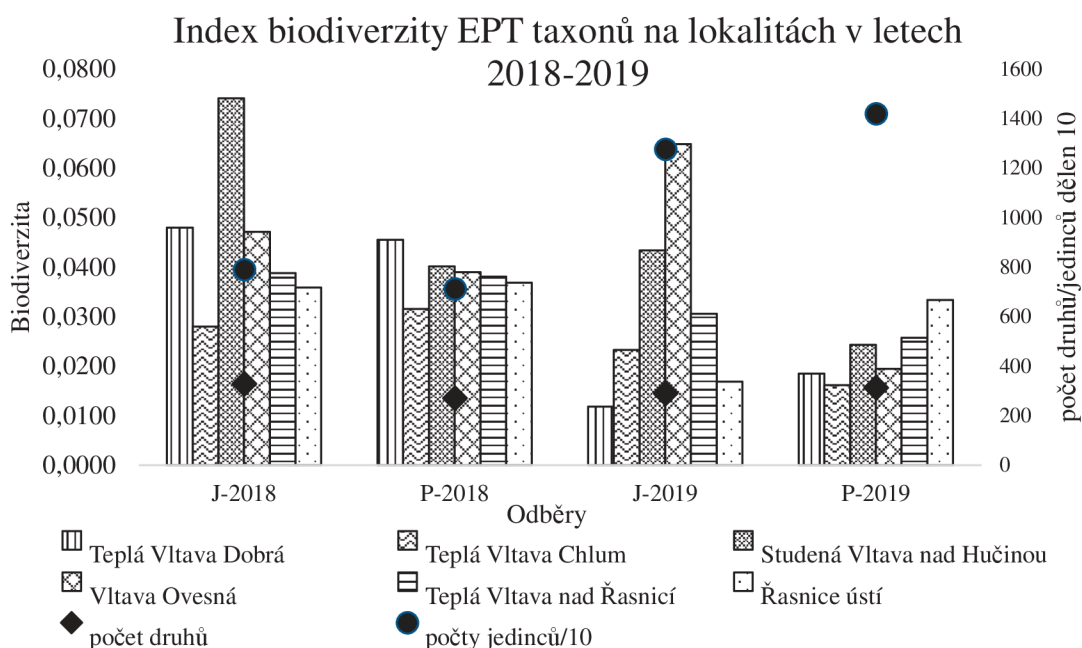
#### 6.3.1. Biodiverzita jednotlivých lokalit

Ze šesti lokalit vzorkovaných v letech 2018 až 2019 měla nejvyšší abundanci lokalita Vltava – Ovesná. Bylo zde nalezeno 21 538 jedinců (22 %). Druhou lokalitou s nejpočetnějším společenstvem makrozoobentosu byla lokalita Teplá Vltava – Chlum s 20 610 jedinci (21 %). O necelých 1 400 jedinců méně bylo nalezeno na lokalitě Teplá Vltava – Dobrá, jež tvořila 19 % z celkově nalezených živočichů. Niž-ší a navzájem si podobou abundanci měly lokality Řasnice ústí s 13 % (13 236 jedin-ců) a Teplá Vltava nad Řasnicí s též 13 % a Studená Vltava – nad Hučinou s 12 378 jedinci (12 %) (obr. 17). Přehled vzorkovaných lokalit je v příloze I, v příloze VI je tabulka počtů nalezených jedinců daných taxonů na jednotlivých lokalitách.

Celkové zastoupení makrozoobentosu v lokalitách v odběrech 2018-2019



obr. 17 - Celkové zastoupení makrozoobentosu v lokalitách v odběrech 2018-2019, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 143 z 6 lokalit



obr. 18 - Hodnoty indexu biodiverzity EPT taxonů na jednotlivých lokalitách v letech 2018-2019, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit, počet jedinců dělen 10

Z obr. 18 je čitelné, že se v roce 2019 biodiverzita snížila na většině lokalit oproti roku předchozímu, neboť bylo nalezeno více jedinců při skoro stejném počtu determinovaných druhů. Celkové počty nalezených druhů a jedinců v jednotlivých odběrech jsou zapsány v tabulce 7. V odběrech na jaře 2018 i celkově byla nejvyšší biodiverzita 0,0741 na lokalitě Studená Vltava – nad Hučinou. Na podzim téhož roku byla nejvyšší biodiverzita na Teplé Vltavě – Dobré s hodnotou 0,0455. V roce 2019 byla nejvyšší biodiverzita na Vltavě – Ovesné při jarních odběrech ( $I_{div} = 0,0648$ ) a na podzim byla biodiverzita nejvyšší na lokalitě Řasnice – ústí ( $I_{div} = 0,0334$ ). Největší počet nalezených druhů byl v jarním odběru 2018 na lokalitě Teplá Vltava – Dobrá, kde bylo determinováno 59 druhů. Stejný počet byl nalezen i na podzim 2019 v lokalitě Teplá Vltava – nad Řasnicí. Nejnižší počet druhů (40) byl determinován v jarním odběru na lokalitě Vltava – Ovesná.

tab. 7 - Celkové počty jedinců a druhů EPT taxonů nalezených v jednotlivých odběrech v letech 2018-2019

odběr	J-2018	P-2018	J-2019	P-2019
<b>počet jedinců</b>	7903	7132	12772	14202
<b>počet druhů</b>	329	271	291	313

**Teplá Vltava – nad Řasnicí** – na této lokalitě byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2018 s hodnotou **0,0387**. Nalezeno bylo **54** druhů s **1 394** jedinci.

**Řasnice – ústí** – na této lokalitě byla nejvyšší biodiverzita při odběru na podzim 2018 s hodnotou **0,0368**. Nalezeno bylo **48** druhů s **1 303** jedinci.

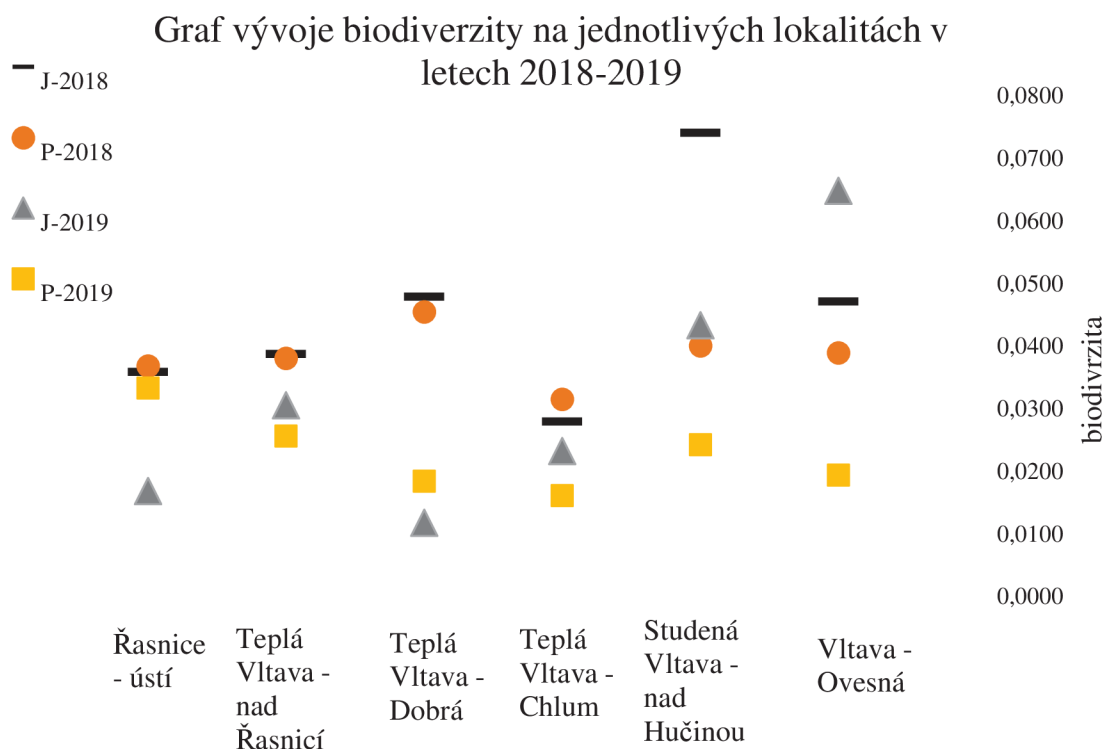
**Teplá Vltava – Dobrá** – na této lokalitě byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2018 s hodnotou **0,0479**. Nalezeno bylo **59** druhů s **1 231** jedinci.

**Teplá Vltava – Chlum** – na této lokalitě byla nejvyšší biodiverzita při odběru na podzim 2018 s hodnotou **0,0315**. Nalezeno bylo **46** druhů s **1 459** jedinci.

**Studená Vltava – nad Hučinou** – na této lokalitě byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2018 s hodnotou **0,0741**. Nalezeno bylo **56** druhů s **756** jedinci.

**Vltava – Ovesná** – na této lokalitě byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2019 s hodnotou **0,0648**. Nalezeno bylo **40** druhů s **617** jedinci.

Biodiverzita jednotlivých lokalit ve všech 4 odběrech z let 2018-2019 je zobrazena na obr. 19.

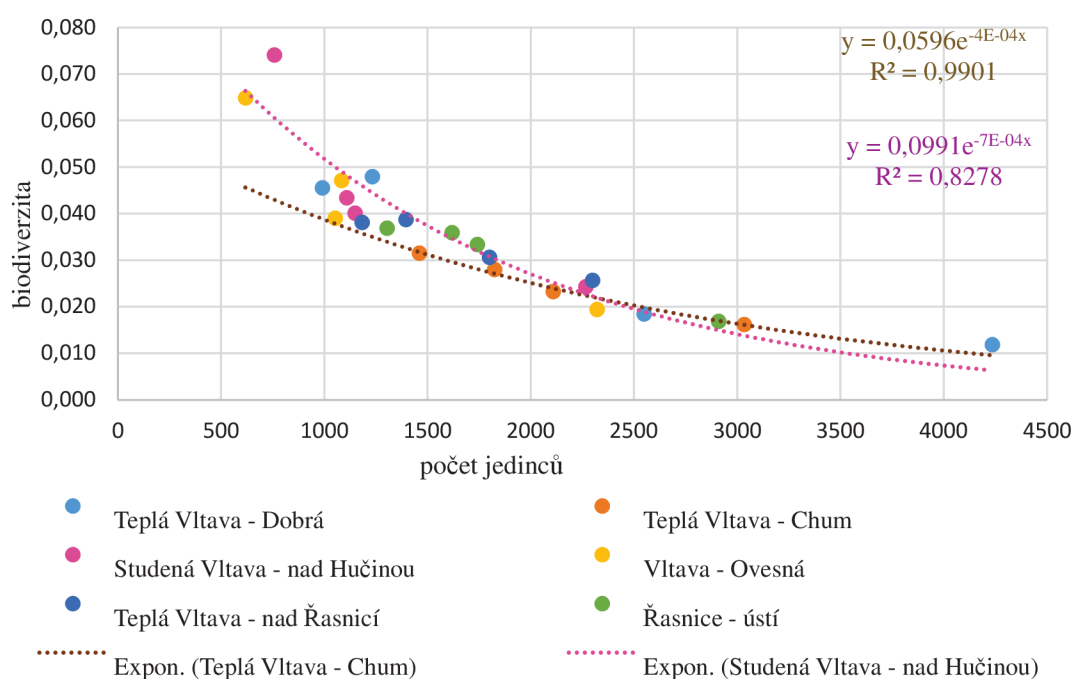


obr. 19 - Graf vývoje biodiverzity na jednotlivých lokalitách v letech 2018-2019, data vychází z přílohy VII, počet zpracovaných vzorků 143 z 6 lokalit

Seznam nalezených druhů EPT taxonů s počty jedinců v daných lokalitách je v příloze VII.

Při zobrazení závislosti biodiverzity na počtu jedinců v lokalitách (obr. 20) je možné vidět, že se zvyšujícím se počtem jedinců se snižuje biodiverzita. Při vynesení exponenciální spojnice trendu byly všechny hodnoty spolehlivosti ( $R^2$ ) v rozmezí 0,82 až 0,99. Kvůli čitelnosti jsou v grafu zobrazeny spojnice trendu pouze pro nejnižší a nejvyšší hodnotu  $R^2$ .

Závislost biodiverzity lokalit na počtu nalezených jedinců v letech 2018-2019

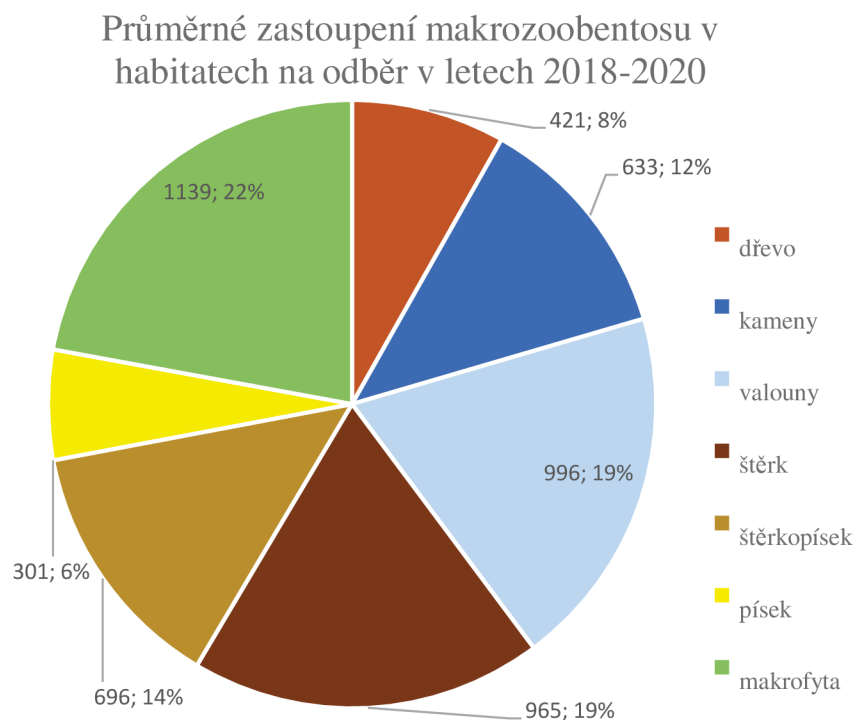


obr. 20 - Závislost biodiverzity lokalit na počtu nalezených jedinců v letech 2018-2019, data vychází z přílohy VII, počet zpracovaných vzorků 143 z 6 lokalit



### 6.3.2. Biodiverzita jednotlivých habitatů

Díky modifikaci metody PERLA pro odběr makrozoobentosu je možné hodnotit i rozložení společenstva v jednotlivých habitatech. Jak již bylo zmíněno v metodice této práce, ke zpracování dat byly některé odebrané habitaty sloučeny. Vzniklo tak 7 hodnocených habitatů, ze kterých byl nejhojněji makrozoobentosem osídlen habitat makrofyt. V tomto habitatu byla nalezena skoro čtvrtina všech živočichů, konkrétně 27 448 jedinců. Druhým habitatem, kde se vyskytovalo nejvíce živočichů, byl štěrk s 18 630 jedinci. Obdobnou abundanci měly habitaty štěrkopísek s 18 103 a kameny s 16 509 jedinci. 10 950 nalezených živočichů bylo v habitatu dřevo a jen o necelých 1 500 jedinců více bylo nalezeno v habitatu valouny (12 301 jedinců), který však nebyl v prvním roce odběrů vzorkován. Nejméně živočichů bylo nalezeno v písku, pouze 8 442. Při přepočtu absolutních hodnot nalezených jedinců makrozoobentosu na jeden vzorek bylo procentuální zastoupení jedinců v hodnocených habitatech následující: 22 % byl nalezeno v makrofytech, 19 % živočichů bylo nalezeno ve štěrku a valounech, 14 % živočichů osídlilo štěrkopísek, 12% osídlilo kameny, 8 % živočichů bylo nalezeno ve dřevě a nejméně osídlen (6 %) byl písek (obr. 21).

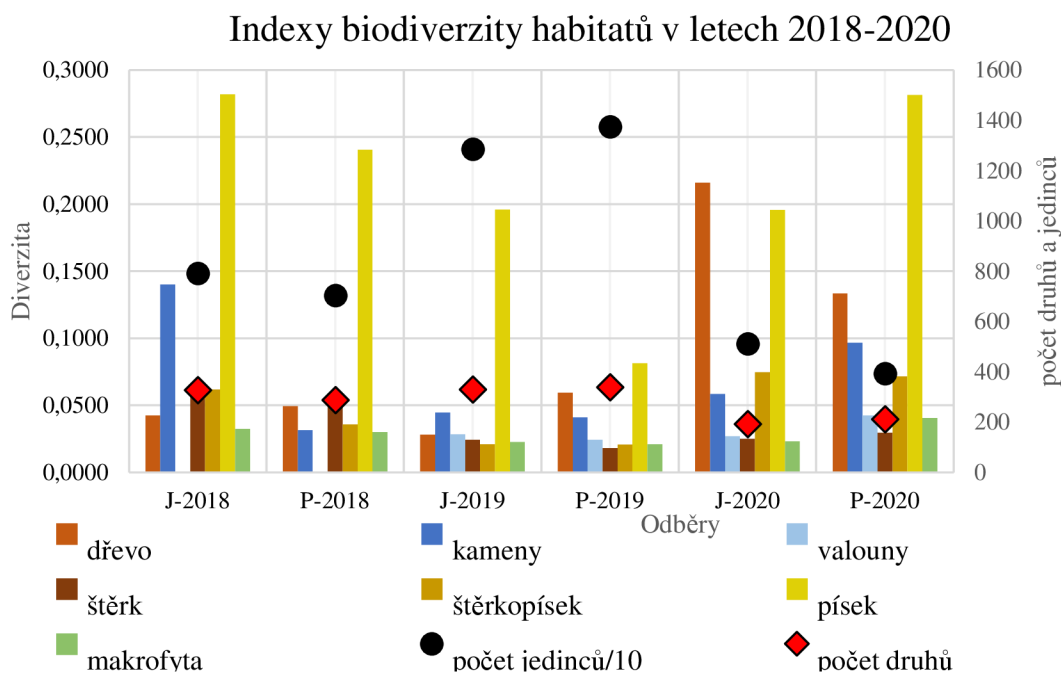


obr. 21 - Průměrné zastoupení makrozoobentosu v habitatech na odběr v letech 2018-2020, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků 166 z 6 lokalit

Přehled vzorkovaných habitatů je v příloze I, v příloze VI je tabulka počtů nalezených jedinců daných taxonů na jednotlivých a habitatech.

Index biodiverzity v habitatech má podobný trend jako index biodiverzity v lokalitách. V druhém roce odběrů se zvýšil počet nalezených jedinců při skoro stejném počtu determinovaných druhů. Celkové počty nalezených druhů a jedinců v jednotlivých odběrech jsou zapsány v tabulce 7.

Porovnáme-li grafy z obr. 21 a obr. 22 - Hodnoty indexu biodiverzity EPT taxonů v jednotlivých habitatech v letech 2018-2019, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit obr. 22 - Hodnoty indexu biodiverzity EPT taxonů v jednotlivých habitatech v letech 2018-2019, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit (obr. 22), je možné vidět, že písek měl ze všech habitatů nejmenší abundanci, ale nejvyšší index biodiverzity, a to z důvodu, že při malém počtu jedinců se počet determinovaných druhů řádově nelišil od jiných habitatů, jen v odběru na jaře 2020 byla nejvyšší biodiverzita v habitatu dřevo ( $I_{div} 0,2159$ ). V odběrech jaro 2018 a 2019 byla druhá nejvyšší biodiverzita v habitatu kameny s hodnotami  $I_{div} 0,1401$  a  $0,0447$ . Ve čtvrtém (P-2019) a šestém (J-2020) odběru makrozoobentosu byla druhá nejvyšší biodiverzita v habitatu dřevo s hodnotami  $I_{div}$



obr. 22 - Hodnoty indexu biodiverzity EPT taxonů v jednotlivých habitatech v letech 2018-2019, data vychází z přílohy X, počet zpracovaných vzorků: 166 z 6 lokalit

dřevě a kamenech (62 druhů). Nejnižší počet druhů (16) byl nalezen též ve dřevě při odběru na podzim 2020, kdy byl odebrán pouze jeden vzorek dřeva.

**Dřevo** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2020 s hodnotou **0,216**. Nalezeno bylo **19** druhů s **88** jedinci v jediném vzorku, který byl odebrán při tomto odběru.

**Kameny** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2018 s hodnotou **0,14**. Nalezeno bylo **62** druhů s **1 593** jedinci v **6** vzorcích, které byly odebrány při tomto odběru.

**Valouny** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita při odběru na podzim 2020 s hodnotou **0,043**. Nalezeno bylo **39** druhů s **97** jedinci ve **2** vzorcích, které byly odebrány při tomto odběru.

**Štěrk** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2018 s hodnotou **0,057**. Nalezeno bylo **35** druhů s **609** jedinci ve **4** vzorcích, které byly odebrány při tomto odběru.

**Štěrkopísek** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita při odběru na jaře 2020 s hodnotou **0,075**. Nalezeno bylo **30** druhů s **402** jedinci ve **2** vzorcích, které byly odebrány při tomto odběru.

**Písek** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita na podzim 2018 s hodnotou **0,081**. Nalezeno bylo **33** druhů s **704** jedinci v **6** vzorcích, které byly odebrány při tomto odběru.

**Makrofyta** – v tomto habitatu byla nejvyšší biodiverzita při odběru na podzim 2020 s hodnotou **0,0406**. Nalezeno bylo **36** druhů s **887** jedinci ve **2** vzorcích, které byly odebrány při tomto odběru.

Seznam nalezených druhů EPT taxonů s počty jedinců v daných habitatech je v příloze VIII.

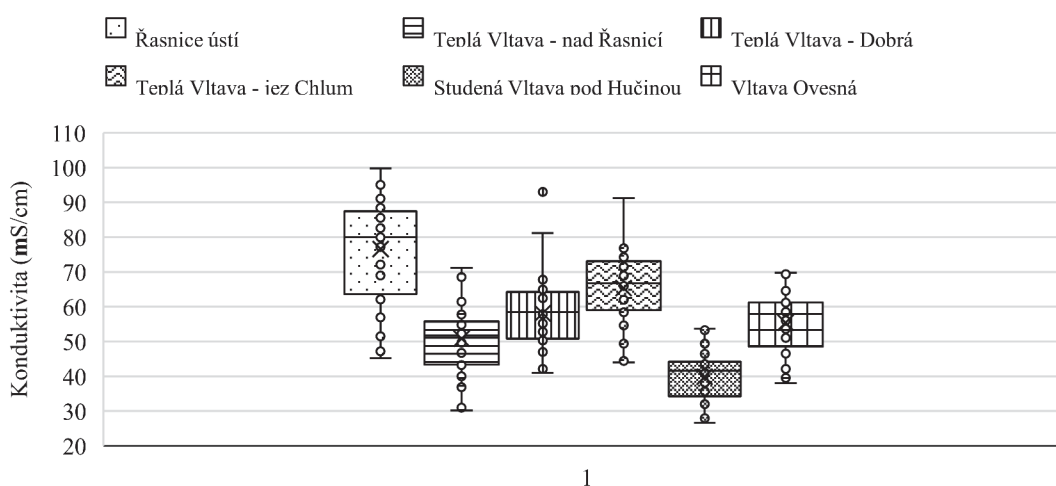
## 6.4. Výsledky chemismu a zhodnocení jejich vlivu na složení bentické fauny

Vzhledem k časové tísní z důvodu obdržení dat chemismu dva týdny před termínem odevzdání této práce nebyla s daty prováděna žádná složitější statistická analýza závislosti fyzikálně-chemických a chemických parametrů se společenstvy makrozoobentosu. Tato kapitola popisuje pouze nejvýznamnější, dobře viditelné zjištěné trendy.

Tabulka fyzikálně-chemických a chemických parametrů vody na lokalitách vybraných pro odběr makrozoobentosu v letech 2018-2020 se nachází v příloze IX.

Nejvyšší hodnoty konduktivity byly za celou dobu odběrů naměřeny na lokalitě Řasnice – ústí. Nejvyšší naměřená hodnota byla  $99,8 \mu\text{S/cm}$  a nejnižší hodnota  $26,6 \mu\text{S/cm}$  byla naměřena na lokalitě Studená Vltava – nad Hučínou, kde byla konduktivita dlouhodobě nejnižší ze všech lokalit. Průměrně se konduktivita pohybovala mezi  $40\text{--}80 \mu\text{S/cm}$ . Z obr. 23 je vidět nárůst konduktivity ve směru toku od lokality Teplá Vltava – nad Řasnicí po Teplou Vltavu – Chlum. Následný pokles konduktivity na lokalitě Vltava – Ovesná je evidentně daný přítokem Studené Vltavy.

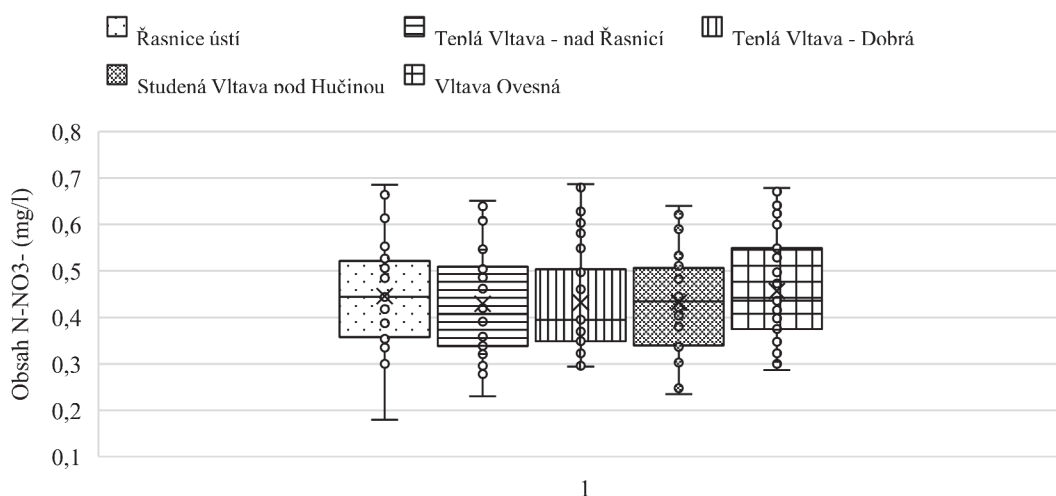
### Konduktivita ( $\mu\text{S/cm}$ ) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020



obr. 23 - Konduktivita ( $\mu\text{S/cm}$ ) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020, data vychází z přílohy XI

Nejvyšší hodnoty dusičnanových dusíků byly za celou dobu odběrů naměřeny na lokalitě Vltava – Ovesná. Nejvyšší naměřená hodnota 0,687 mg/l byla naměřena na lokalitě Teplá Vltava – Dobrá a nejnižší hodnota 0,18 mg/l byla naměřena na lokalitě Řasnice – ústí. Dlouhodobě nejnižší naměřené hodnoty dusičnanových dusíků ze všech lokalit byly ve Studené Vltavě – nad Hučínou. Průměrně se hodnota nerozpuštěných látek pohybovala mezi 0,4-0,45 mg/l (obr. 24).

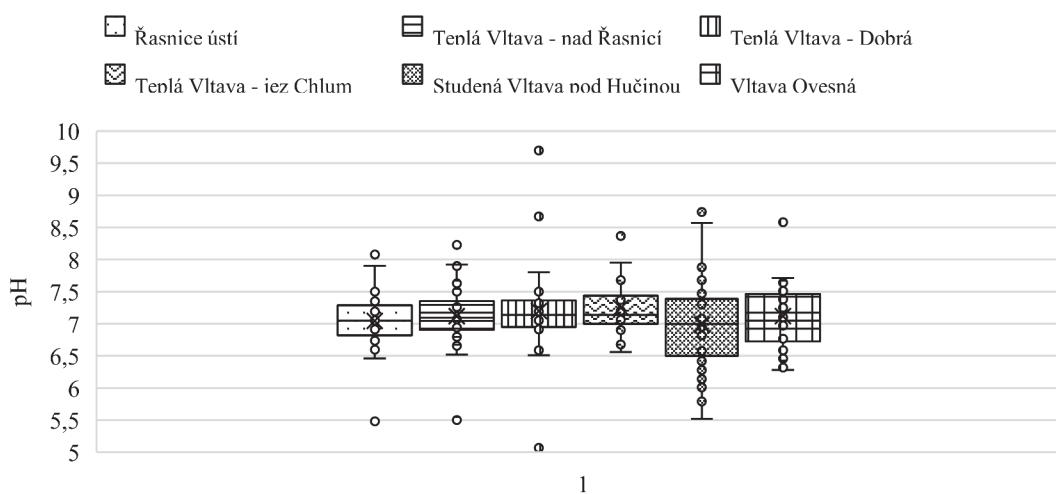
### Obsah dusičnanového dusíku na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020



obr. 24 - Obsah N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020, data vychází z přílohy XI

Nejvyšší hodnoty pH byly za celou dobu odběrů naměřeny na lokalitě Teplá Vltava – jez Chlum. Nejvyšší naměřená hodnota 9,7 byla naměřena na lokalitě Teplá Vltava – Dobrá na jaře 2020. Nejnižší hodnota 5,07 byla naměřena taktéž na lokalitě Teplá Vltava – Dobrá, a to na jaře 2019. Dlouhodobě nejnižší naměřené hodnoty pH ze všech lokalit byly ve Studené Vltavě – nad Hučínou, kde hodnoty pH v průběhu tří let kolísaly mezi 5,52 a 8,74. Průměrně se hodnota pH na všech lokalitách pohybovala mezi 7,0-7,25. Z grafu (obr. 25) je patrný nárůst pH v délce toku.

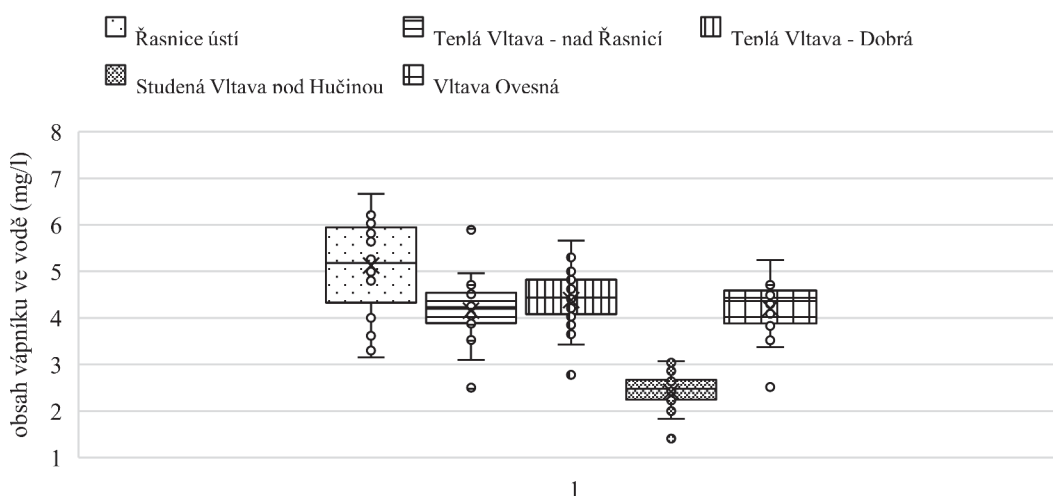
## pH na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020



obr. 25 – Hodnoty pH na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020, data vychází z přílohy XI, data měřena v měsíčním kroku

Nejvyšší hodnoty vápníku byly za celou dobu odběrů naměřeny na lokalitě Řasnice – ústí, nejvyšší naměřená hodnota 6,67 mg/l zde byla naměřena na podzim 2019. Nejnížší hodnota 1,41 mg/l byla naměřena na lokalitě Studená Vltava – nad Hučínou, zde byly dlouhodobě nejnižší naměřené hodnoty vápníku ze všech. Průměrně se hodnota vápníku pohybovala mezi 2,34- 5,03 mg/l (obr. 26).

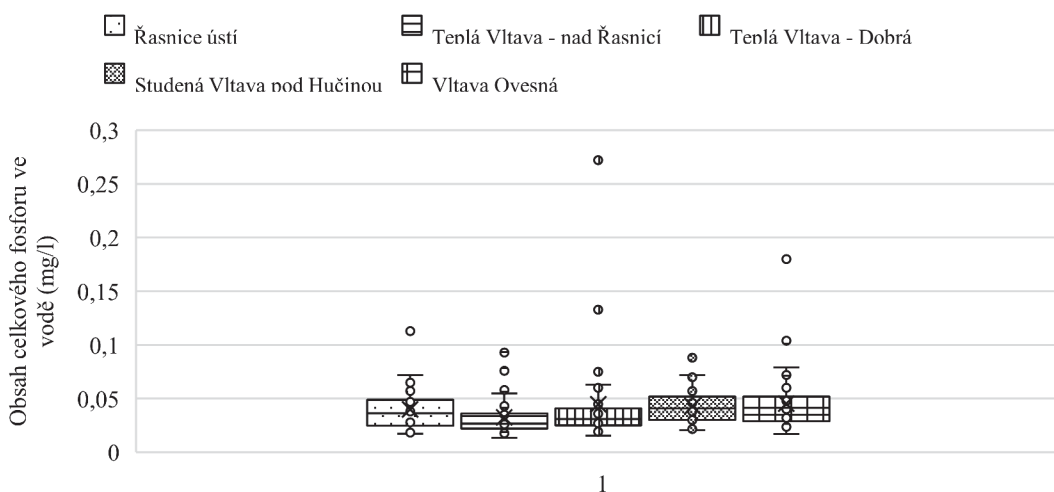
## Obsah vápníku (mg/l) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020



obr. 26 - Obsah Ca (mg/l) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020, data vychází z přílohy XI

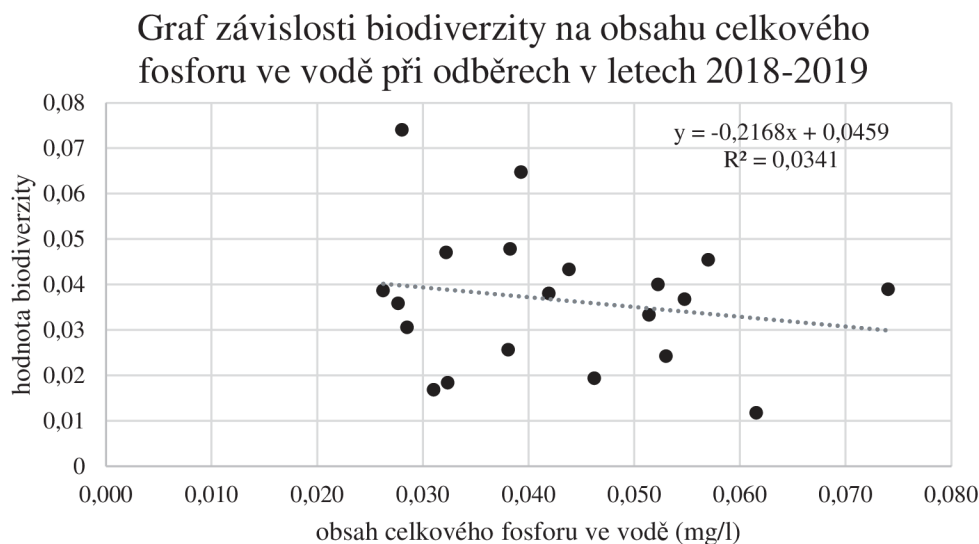
Nejvyšší hodnoty celkového fosforu byly za celou dobu odběrů naměřeny na lokalitě Řasnice – ústí. Nejvyšší naměřená hodnota 0,27 mg/l byla naměřena na lokalitě Teplá Vltava – Dobrá na jaře 2019. Nejnižší hodnota 0,014 mg/l byla naměřena na lokalitě Teplá Vltava – nad Řasnicí na jaře i na podzim 2020. Dlouhodobě nejnižší naměřené hodnoty celkového fosforu ze všech lokalit byly v Teplé Vltavě – nad Řasnicí. Průměrně se hodnota nerozpuštěných látek pohybovala okolo 0,04 mg/l (obr. 27).

### Obsah celkového fosforu (mg/l) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020



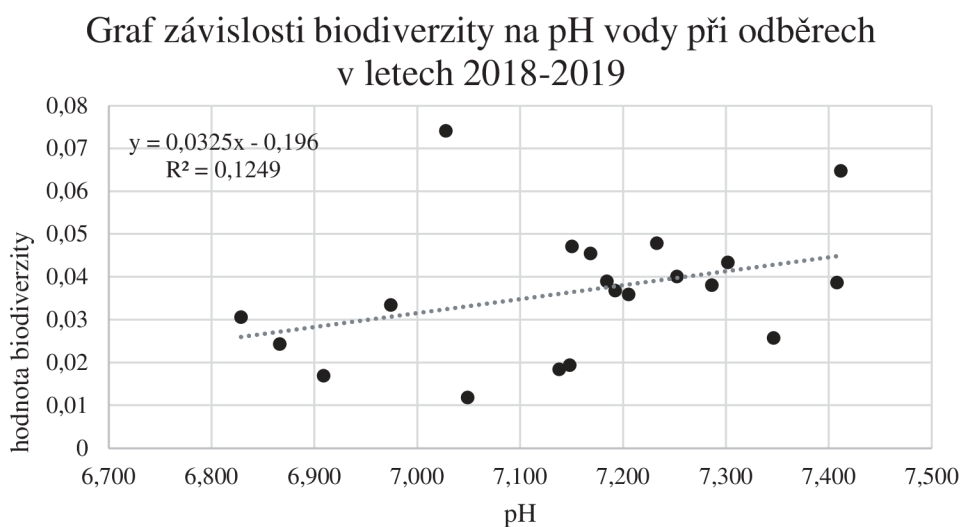
obr. 27 - Obsah celkového fosforu (mg/l) na lokalitách vybraných k odběrům makrozoobentosu v letech 2018-2020, data vychází z přílohy XI, data měřena v měsíčním kroku

Pro porovnávání biodiverzity lokalit s celkovým obsahem fosforu ve vodním prostředí byl vynesena graf (obr. 28) s přímkou trendu s rovnicí  $y = -0,2168x + 0,0459$  a hodnotou spolehlivosti  $R^2 = 0,0341$ . Z hodnot nelze určit žádný signifikantní trend. Naměřené hodnoty celkového fosforu v letech 2018-2020 se napříč všemi lokalitami pohybovaly v rozmezí 0,014 a 0,272 mg/l.



obr. 28 - Graf závislosti biodiverzity na obsahu celkového fosforu ve vodě při odběrech v letech 2018-2019, data vychází z přílohy X a XI

Ani u závislosti biodiverzity na pH nebylo možné popsat trend, hodnota spolehlivosti je  $R^2 = 0,1249$ . Naměřené hodnoty pH v letech 2018-2020 se napříč všemi lokalitami pohybovaly v rozmezí 5,07-9,7 (obr. 29).

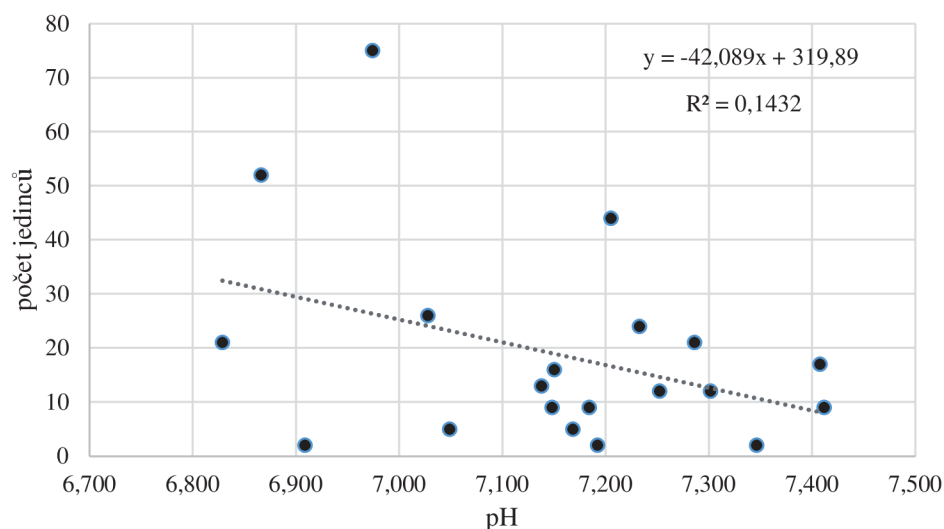


obr. 29 - Graf závislosti biodiverzity na pH vody při odběrech v letech 2018-2019, data vychází z přílohy X a XI



Biodiverzita byla počítána pouze z EPT taxonů, bylo tedy vhodné některé parametry zobrazit i s ostatními taxonomickými skupinami. Vzhledem k charakteru diplomové práce a projektu, kterého byly odběry makrozoobentosu součástí, byli vybráni měkkýši, tedy taxonomická skupina společná jak pro makrozoobentické mlže a plže, tak i pro perlorodku říční, která se ve vybraném zájmovém území vyskytuje. Jedním z faktorů ovlivňujících výskyt perlorodky říční je pH, jež je pro ni ideální v rozmezí 6,0 až 7,1. Nejvyšší počet jedinců měkkýšů byl nalezen v prostředí s pH 6,974, což je v rozmezí hodnot ideálních pro život perlorodky (viz tab. 3). Z obrázku grafu (obr. 30) je čitelné, že se při většině odběrech bylo pH vyšší 7,1. Grafem byla proložena přímka s rovnicí  $y = -42,089x + 319,89$ .

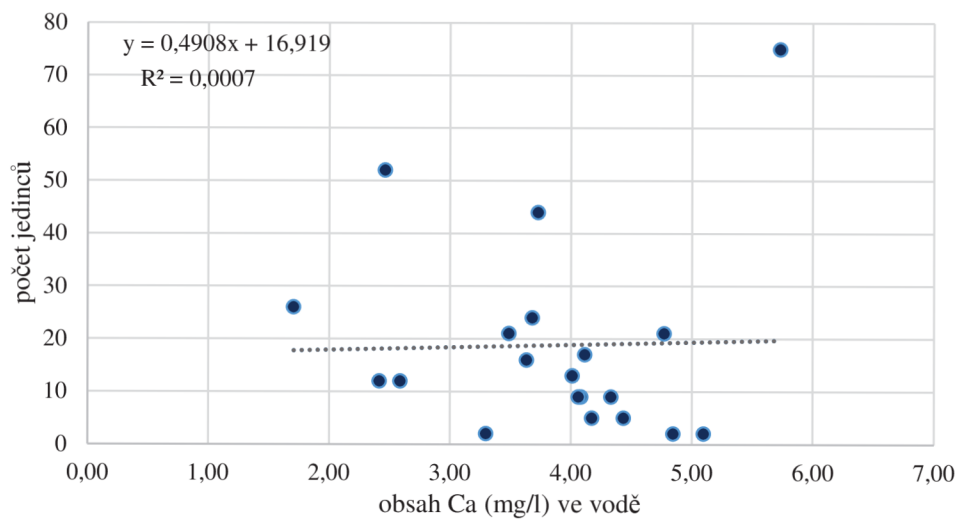
Závislost počtu měkkýšů na pH vody v odběrech z let 2018-2019



obr. 30 - Závislost počtu měkkýšů na obsahu pH ve vodě v odběrech z let 2018-2019, data vychází z přílohy X a XI

Důležitým chemickým parametrem vodního prostředí, zvláště pro měkkýše včetně perlorodky říční, je obsah vápníku ve vodě. Při většině odběrech byla průměrná hodnota obsahu vápníku ve vodě v rozmezí 3,5-5 mg/l (obr. 31). Naměřené hodnoty obsahu vápníku ve vodě v letech 2018-2020 se napříč všemi lokalitami pohybovaly v rozmezí 1,41-6,76 mg/l. Dle tabulky 3 je pro život perlorodky důležitá hranice vápníku 8 mg/l, která by neměla být překročena. K překročení této hranice ani na jedné lokalitě při měření nedošlo.

### Závislost počtu měkkýšů na obsahu vápníku ve vodě v odběrech z let 2018-2019



obr. 31 - Závislost počtu měkkýšů na obsahu vápníku ve vodě v odběrech z let 2018-2019, data vychází z přílohy X a XI

## 7. Diskuse

Šumava je důležitým územím s nejrůznějšími typy vodních biotopů, které hostí velké množství druhů a to včetně mnoha ohrožených. Celkový ekologický stav biotopu je výsledkem hodnocení jednotlivých složek. U vodního prostředí je to biologická, hydromorfologická, fyzikálně-chemická a chemická složka.

Dle Rámcové směrnice Evropské unie 2000/60/ES o vodách je jednou z používaných složek k hodnocení kvality vod makrozoobentos. Mezi výhody využití makrozoobentosu patří jeho hojný výskyt po celé délce toku (Barquín a R. 2004), ekologická a taxonomická heterogenita, relativně dlouhá délka života a snadný sběr i determinace (Kokeš a Vojtíšková 1999). K nevýhodám patří nerovnoměrný výskyt v prostoru a čase. Též se na společenstvu makrozoobentosu odráží i jiné parametry než kvality vod. Například na místech se stejnou kvalitou vody se mohou vyskytovat různá společenstva. Mezi významné biologické indikátory bentické fauny patří tzv. EPT taxony (Kokeš a Vojtíšková 1999). Z tohoto důvodu bylo v této práci k hodnocení lokalit a habitatů vybrány právě EPT taxony.

### 7.1. Druhové složení společenstva makrozoobentosu

Hlavním rozdílem, který je mezi jednotlivými odběry vidět, je rozdíl abundance mezi odběry na jaře a na podzim. Tento rozdíl je daný sezonalitou temporální fauny, tedy fauny, která je vázaná na vodní prostředí pouze částí svého života (Hartman et al. 2005; Lellák a Kubíček 1991). Především se jedná o hmyz (*Insecta*), který byl ve vzorkovaném makrozoobentosu zastoupen tax. skupinami EPT taxonů, dvoukřídlými včetně pakomárů a některými druhy brouků. Pošvatky mají sice larvální stadium dlouhé i několik let, stále však platí, že stejně jako ostatní hmyz kladou dospělci vajíčka do vody převážně v teplém období, ze kterých jsou na podzim již larvy a na jaře vylétá z vody dospělá generace. Z tohoto důvodu je abundance na jaře nižší než na podzim.

Na Šumavě se vyskytuje až 70 % chrostíků České republiky a přes 74 % chrostíků doložených z Čech (Chvojka a Komzák 2008a; Komzák et al. 2009; Chvojka et al. 2016; Komzák a Kroča 2011). Z čeledí jsou zde zastoupeny všechny, které jsou v ČR

známé (Chvojka a Komzák 2001). Dá se tedy říci, že je Šumava významnou oblastí s mnoha typy přirozených biotopů hostících velkou diverzitu chrostíků s širokou ekologickou valencí.

Rod *Silo*, jež byl celkově nejpočetnějším rodem mezi nalezenými chrostíky, vyhledává úseky s rychlejším prouděním a vyhovuje jim písčité až kamenité dno a vodní vegetace. Vyskytují se ve vodách, které nejsou příliš kyselé (Visser a Veldhuijzen van Zanten 2011). Při odběrech bylo potvrzeno, co psali Visser a Veldhuijzen van Zantena, zástupci rodu *Silo* byli nalézáni nejčastěji v habitatu kameny. Mimo habitatů zmíněných Visserem a Veldhuijzen van Zantenem bylo nalezeno necelých 30 jedinců i v habitatu dřevo.

Pošvatky jsou dle Hartmana et al. (2005) typickými benthickými živočichy. Guérol et al. (1995) uvádí, že pošvatky obvykle tvoří v horských potocích, zvláště acidifikovaných, dominantní skupinu. Při provádění odběrů se pH lokalit v zájmovém území pohybovalo mezi 5,52 a 8,74. Dalo by se tedy říci, že bylo převážně neutrální s dlouhodobým průměrem všech lokalit v rozmezí 7,0-7,25. Lze tedy předpokládat, že z tohoto důvodu nebyly pošvatky dominantní skupinou. V celkovém počtu 9 897 nalezených jedinců pošvatek bylo určeno celkem 37 druhů. Hartman (2005) zmiňuje, že nejčastějším druhem horských pošvatek je *Perla burmeisteriana*, která na vybraných lokalitách nebyla nalezena. Převládajícím rodem byly pošvatky *Isoperla*, kterých se našlo celkem 3 988 jedinců. Z jednotlivých druhů byly nejvíce zastoupeny *Amphinemura sulcicollis* 979 jedinci, *Isoperla oxylepis* 911 jedinci a *Leuctra auria* 723 jedinci. Larvy druh *Amphinemura sulcicollis* a *Isoperla oxylepis* se živí řasami, rostlinnými zbytky a listy rostlin (Brick 1949) s čímž patrně souvisí jejich výskyt na habitatu makrofyta. V této práci byly nejhojněji zastoupeny pošvatky v habitatu makrofyta a kameny, což může souviset s jejich potravními preferencemi i prostředím poskytujícím úkryt.

Dle Rozkošného (1980) tvoří jepice v horských vodách významnou složku společenstva makrozoobentosu a bývají hojně zastoupeny. Toto tvrzení bylo potvrzeno. Jepice byly třetí nejpočetnější skupinou s celkem 15 008 jedinci. Nicméně počet druhů byl nižší než u pošvatek a chrostíků. Nejpočetněji byl zastoupen druh *Rhithrogena semicolorata*. Tento druh patří do čeledi *Heptageniidae*, jejíž larvy jsou velmi čilé, vyhledávají kamenité dno a přitisknuty k podkladu odolávají silnému proudu vody

(Rozkošný 1980). Také se často vyskytují mezi makrofyty, živí se řasami (McGavin 2009). Současně McGavin (2009) zmiňuje hojný výskyt rodu *Baetis* v horských řekách. Stejně jako rod *Rhithrogena* se jepice rodu *Baetis* hojně vyskytují na kamenech a v makrofytech. Tato tvrzení se v práci potvrdila. Rod *Rhithrogena* se nejčastěji vyskytoval na kamenném až štěrkovém substrátu a v makrofytech. Oproti tomu rod *Baetis* byl nalézán nejčastěji v makrofytech a dřevě. V ostatních kamenitých habitatech včetně písku se vyskytoval v mnohem menším počtu. Nejpočetnějšími druhy rodu *Baetis* byly *B. rhodani* a *R. Muticus*

### 7.1.1. Nalezené ohrožené druhy

Ze získaných dat je dále patrné, že se ve všech lokalitách vyskytují druhy, které obývají velmi čisté vody (Hejda et al. 2017) a patří mezi ně i několik, konkrétně 14, ohrožených druhů, jež byly zařazeny na Červený seznam bezobratlých České republiky. Těmito druhy jsou:

Jepice - *Rithrogena hercynia* (Landa, 1969), *Baetis liebenauae* (Keffermüller, 1974) (Soldán et al. 2015), která se vyskytovala převážně v habitatech dřevo a makrofyta oproti *R. hercynia*, jež byla nacházena v kamenitých až štěrkových substrátech.

Pošvatky – **Pošvatka černá** (*Capnia bifrons*) (Newman 1894), *Capnopsis schilleri* (Postek 1892), *Isoperla difformis* (Klapálek, 1909), *Perlodes dispar* (Rambur, 1842) a **pošvatka jarní** (*Taeniopteryx nebulosa*) Podle Bojkové a kol. (2017b) se pošvatka jarní vyskytovala v minulosti často ve větších řekách, ale v současnosti se řídce vyskytuje ve vyšších polohách či menších pahorkatinných tocích jako je Teplá Vltava.

Chrostíci – *Hydatophylax infumatus* (McLachlan, 1865) byl nalezen pouze jednou jeden jedinec na podzim 2018 ve Studené Vltavě nad Hučinou. Dle informačního portálu systému ochrany přírody (ISOP) (AOPK ČR (c) 2022a) je horní tok Vltavy jedna z osmi lokalit v celé ČR, kde se *H. infumatus* vyskytuje. Druhým ohroženým druhem chrostíků nalezeným při vzorkování na všech 6 lokalitách byl *Silo nigricornis* (Pictet, 1834). Tento druh byl nalézán ve všech habitatech po celou dobu odběrů (2018-2020), Dle portálu ISOP (AOPK ČR (c) 2022a) byly nálezy tohoto druhu situovány pouze v oblasti Křivoklátska ve Středních Čechách. Zároveň byl tento druh nejpočetnější vůbec mezi chrostíky, nelze tedy diskutovat o mylné determinaci či náhodném výskytu pár jedinců.

Máloštětinatci – *Piguetiella blanci* (Piguet, 1906), *Pristina aequiseta* (Bourne, 1891), *Specaria josinae* (Vejdovský, 1884) Všechny tyto tři druhy dle portálu ISOP (AOPK ČR (c) 2022a) nebyly v posledních 12 letech zaznamenány. *P. blanci* bylo nalezeno 100 jedinců v písku Teplé Vltavy Chlum. *S. Josinae* byl nalezen taktéž v písku v Teplé Vltavě – Chlum a jedním jedincem byl zastoupen ve dřevě na lokalitě Řasnice – ústí. Dle Schenkové a Pařila (2017). *P. blanci* a *S. joasinae* v Čechách a na Moravě osidlují velké zachovalé nížinné řeky, v případě *S. joasinae* i menší čisté říčky. Počet lokalit s jejich nálezy nicméně nepřevyšuje desítku.

Ve skupině Varia byly nalezeny dva ohrožené druhy klínatek. **klínatka vidlitá** (*Onychogomphus forcipatus*) (Linnaeus, 1758) a **klínatka rohatá** (*Ophiogomphus cecilia*) (Geoffroy in Fourcroy, 1785)

## 7.2. Druhové složení habitatů

Vztah mezi makrozoobentosem a substrátem je již řadu let studován. Substrát je primární útočiště a hlavní stanoviště pro bentické bezobratlé a ovlivňuje jejich výskyt i distribuci (Korte 2010).

Hodnocené habitaty byly v některých případech sloučeny z více vzorkovaných habitatů, mezi kterými byly například habitaty stejného substrátu, ale jiné rychlosti proudění („habitat“ – tišina, „habitat“ – proudnice apod.) Jak Kobayashi a Kagaya (2009) zmiňují ve své práci, různé druhy makrozoobentosu upřednostňují různou rychlost a typ proudění vody. Například drtiči pošvatky rodu *Nemoura* upřednostňují proudnice a tůň po stranách toku, a to kvůli jejich bohatosti na kyslík. Larvy chrostíka rodu *Lepidostoma* jsou drtiči upřednostňují střed tůň, kde se dobře vyrovnávají s nedostatkem kyslíku, tyto chrostíci totiž nejsou morfologicky uzpůsobeni k zachycení v proudící vodě. Bylo by tedy možné data hodnotit i z pohledu výskytu dle typu proudění. Nedostatkem získaných dat, jež jsou předmětem této práce, je však málo vzorků rozlišených dle typu proudění. Pouze na lokalitě Vltava – Ovesná byl odebírána habitat písek v různých typech/rychlostech proudění, a to z důvodu, že tato lokalita je z většiny písčitá a bylo potřeba správně obsáhnout procentuální zastoupení habitatu písku oproti ostatním habitatům.

Studie prováděné Weatherheadem a Jamesem (2001) a Jähnigem a Lorenzem (2008) prokázaly kladný vztah a prospěch makrozoobentosu s množstvím biomasy makrofyt, dřeva a detritu. Rooke (1984) ve své práci popisuje spjitost makrozoobentosu vyskytující se v makrofytech, a to takovou, že je využívají především jako stanoviště, jelikož makrofyta zvyšují strukturální složitost substrátu, snižují rychlost proudění, hromadí detritus (Bowden et al. 1999) a filtrují pevné částice organických látek z vody (Maurer a Brusven 1983). Toto stanoviště pak poskytuje ideální prostor pro vybudování lapacích sítí (Jacobsen 1993), čímž se zvyšuje početnost sběračů a filtrátorů. Lze tedy očekávat výsledek, který byl v této práci zjištěn, a to, že habitat makrofyt byl osídlen nejvíce jedinci za celou dobu odběru vzorků makrozoobentosu. Biodiverzita habitatu makrofyt byla v průběhu stabilní a dosahovala hodnot 0,021-0,041. Nejvíce druhů (59) bylo v makrofytech nalezeno hned při prvním odběru na jaře 2018.

Kožený et al. (2018) uvádějí, že říční dřevo patří mezi jeden z hlavních faktorů pozitivně ovlivňujících abundanci a druhovou bohatost makrozoobentosu. Výsledky práce tyto závěry potvrzují, habitat dřevo byl s kameny druhově nejbohatší.

Lellák a Kubíček (1991) uvádějí, že druhově nejbohatším jsou kamenité substráty a čím se velikost zrna zmenšuje s tím klesá i abundance a druhová diverzita. V substrátech kamenů a štěrků bývají především zastoupena společenstva tvořená larvami hmyzu včetně jepic, pošvatek, chrostíků, dvoukřídlých a brouků. Často v těchto substrátech nacházíme také plže, ploštěnky a pijavice. Výsledky práce se s tímto tvrzením shodují.

Z kamenitých habitatů byly nejvíce zastoupeny valouny (středně velké oválné kameny), bylo zde celkem 19 % všech jedinců za období odběrů. Stejným počtem jedinců byl zastoupen i habitat štěrk. Habitat kameny (kameny větší 15 cm) byl zastoupen skoro stejně jako štěrkopísek. Ve valounech dominovali chrostíci s jepicemi a máloščetinatci. Kameny byly z největší části osídleny jepicemi a chrostíky. Máloščetinatců bylo v kamenech nalezeno stejně (15 %) jako ve valounech, ale zvýšil se zde počet pošvatek. Je to právě skupina máloščetinatci, která se zmenšujícím se zrnem substrátu narůstá. Jak již bylo zmíněno, v kamenech tvořili 15 % společenstva a v písku tvořili suverénně nejpočetnější skupinu s 36 % z nalezených jedinců. Zajímavostí u nalezených pošvatek je, že ve štěrkopísku a štěrku mají podobnou abundanci, která jasně

vykazuje kladný vztah ke zvyšující se velikosti substrátu a početnost v kamenech toto potvrzuje. Oproti tomu u valounů, tedy u substrátu velikostně mezi kameny a štěrkem, je pokles o třetinu oproti štěrku.

Studie prováděná Weatherheadem a Jamesem (2001) v letech 1995-1999 na Novém Zélandu prokázala v jemnějších substrátech vyšší výskyt máloštětinatců, plžů, mlžů, některých druhů chrostíků a pakomárovitých. Pošvatky a jepice naopak preferovaly hrubé substráty. Písek byl zastoupen 36 % máloštětinatci (celkem 3168 jedinců), a jak Weatherhead a James (2001) zmiňují, pošvatky a jepice byly zastoupeny jen v malé počtu. Mimo máloštětinatci dominovali dvoukřídlí (17 %), následování chrostíky (13 %).

Malý počet jedinců se srovnatelným počtem nalezených druhů jako v ostatních habitatech zapříčinil vysokou biodiverzitu. Písek ve srovnání s ostatními lokalitami kromě jednoho odběru dominoval nejvyšší biodiverzitou. Bylo tak potvrzeno co uvádí Lellák et. al. (1991) Hartman et al. (2005), Kožený et al. (2018) a další autoři, a sice, že písek je ze všech habitatů v říčním kontinuu nejméně osídlen.

### 7.3. Zhodnocení vlivu chemismu na složení bentické fauny

Růžičková a Benešová (1996) ve své práci uvádí, že hodnoty chemických parametrů vod na území Národního parku Šumava jako je tvrdost a koncentrace iontů dusíku, fosforu, chlóru a vápníku jsou několikanásobně nižší než v jiných chráněných oblastech České republiky, a zároveň se jedná o velmi významnou oblast oligosaprobních toků s vysokou diverzitou makrozoobentosu s vyšší konduktivitou. Dodávají však, že i na Šumavě jsou toky s nízkou biodiverzitou, a to zvláště kvůli acidifikaci toků s nízkou konduktivitou. Při měřeních dosahovala konduktivita hodnot 26,6 až 99,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nejnížší hodnoty konduktivity byly měřeny po celou dobu odběrů na lokalitě Studená Vltava – nad Hučinou, která je i nejkyselější ze všech vzorkovaných lokalit a bylo zde nalezeno nejméně jedinců makrozoobentosu, což souhlasí s tvrzením Růžičkové (1998), že v tocích této oblasti i malé zatížení znečištěním může znamenat eliminaci citlivých druhů vodního hmyzu i celého společenstva makrozoobentosu. Nejpočetnějšími taxonomickými skupinami na této lokalitě byly máloštětinatci.



Z grafů závislosti výskytu druhů na vybraných abiotických faktorech jsou patrné závislosti, které odpovídají známým údajům o požadavcích určitých druhů na jednotlivé parametry vody. Nebylo však možné je řádně potvrdit statistickými testy.

Zvláště důležitým abiotickým faktorem jsou minerální prvky a jejich dostupnost. Glazier et al. (1992) a Horský s Hájkem (2003) popisují dostupnost minerálních prvků jako důležitý faktor pouze u organismů, které zabudovávají minerální látky do tělního pokryvu nebo do ulit a lastur. Podíváme-li se na vynesení vztah počtu nalezených jedinců na obsahu vápníku ve vodě, není vidět žádný významný trend. Domnívám se, že je to z důvodu měření hodnot vápníku rozpuštěného ve vodě, nikoli organického vápníku, který měkkýši získávají z detritu.

Zajímavý byl výskyt berušky vodní (*Asellus aquaticuse*), která obývá obvykle stojaté a mírně tekoucí vody. Dle Smetanové (nepublikováno 2006) indikuje přítomnost berušky vodní silné organické znečištění. Vysvětlení může být to, že šlo o výskyt podmíněný přechodnou změnou životních podmínek v daných lokalitách. Kromě jednoho jedince, jež se vyskytoval v jiném habitatu, byla beruška nalezena v makrofytech a dřevě, a to ve všech lokalitách kromě Studené Vltavy, což potvrzuje tvrzení Hartmana et al. (2005), že se beruška vyskytuje hojně se vodách s hustými zárosty nebo silnou vrstvou napadaného listí.

Dvoukřídli jsou nejčastěji popisováni jako skupina vodních bezobratlých, kteří se nejvíce vyskytují ve stojatých vodách s vysokým obsahem organických látek a nízkým obsahem kyslíku (Hartman et al. 2005), tedy na stanovištích, kde by se například jepice a pošvatky vyskytovaly jen v malém počtu nebo vůbec. George a Arden (1956) nicméně ve své práci popisují i druhy, které lze nalézt ve všech typech biotopů, včetně těch nejčistších.

## 7.4. Bioindikační zhodnocení výsledků ve vztahu k perlorodce říční a jejímu biotopu

Bílý a Simon (2007) uvádí, že k vzorkování makrozoobentosu v souvislosti biomonitingu prostředí perlorodky říční dochází z důvodu zkoumání dlouhodobých změn kvality vody. Důvodem je také následné determinace indexů saprobity v lokalitách. Domnívám se, že pouze tříletý projekt není dostatečně dlouhý. Bude-li se v následujících letech opakovat, pak by bylo možné lépe porovnat změny například i ve společenstvu měkkýšů, kteří jsou dlouhověkými zástupci permanentní fauny a zastávají v biomonitoringu vodního prostředí významné místo.

Dle Bílého et al. (2012) je Teplá Vltava chemismem a teplotou nejbližší optimálnímu biotopu perlorodky říční. Z tohoto optima vybočuje v zájmovém území Vltavského luhu hlavně Volarský potok a Jedlový potok, a to hlavně antropogenním znečištěním z čistíren odpadních vod. K limitujícím faktorům patří celkový fosfor, který je zvyšován mimo jiné právě vodami z čistíren odpadních vod (Švanyga et al. 2013). Při hodnocení chemických výsledků byl právě celkový fosfor jediným z faktorů, jež přesahoval v průběhu všech tří let únosnou mezi pro život perlorodky.

Charakterizaci všech druhů našich vodních měkkýšů z hlediska biotopových a stanovištních nároků, saprobní valence, indikační váhy druhu a individuálního saprobního indexu, popř. tolerance druhu k hodnotám salinity a pH shrnují Vrabec et al. (1998; 2000). Velecká (2002) uvádí jako příklad saprobní valenci plicnatého plže kamomila říčního (*Ancylus fluviatili*), u kterého je podle současných poznatků rozhodující faktor výskytu dostatečné prokysličené vody v proudivých úsecích toku. Tento plž byl nalezen ve všech lokalitách a habitatech napříč všemi odběry. Jeho nepřítomnost by indikovala jiný významný faktor, jelikož ve všech lokalitách byla vždy naměřena saturace kyslíkem vyšší 100 %.

Vhodné prostředí pro perlorodku neznamena jen správný chemismus, ale i dostatek potravy, kterou je (nejen pro perlorodku) detrit. Hartman et al. (2005) a Lellák et. al (1982) uvádí několik příkladů zástupců makrozoobentosu, jež se živí z většiny či úplně detritem. Při odběrech byly nalezeny v hojném zastoupení například čeledi *Ceratopogonidae* a *Chironomidae*.

## 8. Závěr

Tato diplomová práce měla za úkol vyhodnotit časoprostorové rozložení taxonomických skupin makrozoobentosu nalezených při odběrech na lokalitách Horního toku Vltavy v NP Šumava, Vltavský luh. Práce byla rozdělena na teoretickou část, ve které byla napsána literární rešerše, a praktickou terénní část, jejíž součástí byla účast na 3 z 6 odběrů a sortování nalezených živočichů, jež proběhlo jak v terénu, tak následně i v laboratoři VÚV TGM v.v.i., a zpracování přehledů časoprostorových změn společenstev makrozoobentosu a vyhodnocení dat v závislosti na době odběru, odběrovém profilu a dodaných dat chemismu vody.

Odběry makrozoobentosu byly uskutečněny modifikovanou metodou PERLA vždy na jaře a na podzim v letech 2018 až 2020 na šesti vybraných lokalitách. Na každé z lokalit byla odebírána kombinace alespoň 5 z následujících habitatů: dřevo, kameny, valouny, štěrk, štěrkopísek, písek a makrofyta, tak, aby byl zachován poměr heterogenity habitatů odběrného úseku. Celkem bylo ve 166 vzorcích nalezeno 114 203 jedinců makrozoobentické fauny. Nejzastoupenější taxonomickou skupinou, jež tvořili 20 % z celkového počtu nalezených jedinců, byli chrostíci, následováni máloštětinatci, pakomáry a jepicemi. Ostatní taxonomické skupiny měli celkovou abundanci menší než 10 000 jedinců. Současně byli chrostíci druhově nejpočetnější skupinou EPT taxonů, ze kterých byla počítána biodiverzita jednotlivých lokalit a habitatů.

Nejvyšší biodiverzitu za všechny tři roky měla lokalita V odběrech na jaře 2018 ( $I_{div} = 0,0741$ ). Z habitatů měl nejvyšší biodiverzitu písek taktéž na jaře 2018 ( $I_{div} = 0,2818$ ). Habitat s největší abundancí byly makrofyta s 22 % všech nalezených jedinců. Mezi lokalitami byla abundance nejvyšší na lokalitě Vltavě – Ovesná.

Nejhojněji zastoupenými druhy EPT taxonů po celou dobu trvání odběrů byly *Silo nigricornis* (4 889 jedinců), *Rithrogena semicolorata* (2 191 jedinců) a *Amphinemura sulcicollis* (979 jedinců). Bylo také nalezeno 14 druhů ze skupin jepic, pošvatek, chrostík, máloštětinatci a dalších, které jsou zařazeny v Červeném seznamu bezobratlých České republiky.

Přínosem této práce je ucelený přehled o složení makrozoobentosu v horním toku Vltavy v Národním parku Šumava, který může být použit k budoucím analýzám závislosti společenstev makrozoobentosu na abiotických faktorech či k hodnocení bioindikace habitatů a lokalit Vltavského luhu.

## 9. Přehled literatury a použitých zdrojů

- ABSOLON, K. a J. HRUŠKA, 1999. *Záchranný program perlorodky říční (Margaritifera margaritifera Linnaeus, 1758) v České republice.*
- ALBRECHT, J., 1979. *Inventarizační průzkum SPR Mrtvý luh.* Manuscript, 56 pp: (Knihovna Správy NP a CHKO Šumava, Kašperské Hory).
- ALLAN, J. D. a M. M. CASTILLO, 1994. *Stream Ecology, Structure and function of running waters.* Dordrecht: Springer. ISBN ISBN 9401107297.
- AMBROŽOVÁ, J., 2003. *Aplikovaná a technická hydrobiologie.* 2. vyd. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-521-8.
- ANDĚRA, Mi., 2003. *Encyklopedie naší přírody I. - Fauna.* Praha: Libri. ISBN 80-7277-162-0.
- ANON., 2018. *Pošvatky* [online] [vid. 2022-03-06]. Dostupné z: <http://www.hmyz.net/skupiny-hmyzu/promena-nedokonala/posvatky?highlight=WyJwbGVjb3B0ZXJhIl0=>
- ANON., 2022. Co to je biodiverzita a proč ji chránit? *Veronica: Ekologický institut* [online] [vid. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/co-to-je-biodiverzita-a-proc-ji-chranit>
- AOPK ČR (C), 2016. *Šumava.*
- AOPK ČR (C), 2022a. *Portál ISOP* [online] [vid. 2022-03-27]. Dostupné z: [https://portal.nature.cz/publik\\_syst/ctihtmlpage.php?what=3&nabidka=hlavni](https://portal.nature.cz/publik_syst/ctihtmlpage.php?what=3&nabidka=hlavni)
- AOPK ČR (C), 2022b. *Ústřední seznam ochrany přírody* [online] [vid. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://drusop.nature.cz/portal/>
- ARMITAGE, P. D., Peter S. CRANSTON a L. C. V. PINDER, 2012. *The Chironomidae : Biology and ecology of non-biting midges.* London: Springer Science & Business Media. ISBN 9789401107150.
- ARMITAGE, P. D., D. MOSS, J. F. WRIGHT a M. T. FURSE, 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research.* **17**(3), 333–347. ISSN 00431354.

- BARÁK, V., 2017. *Problematika vodáctví v ochraně oligotrofní řeky s výskytem perlorodky říční v NP Šumava*. Praha. Česká zemědělská univerzita, katedra ekologie.
- BARQUÍN, J. a DEATH R., 2004. Patterns of invertebrate diversity in streams and freshwater springs in Northern Spain. *Archiv fur Hydrobiologie*. **161**(3), 329–349. ISSN 00039136.
- BAUERNFEIND, E. a T. SOLDÁN, 2012. *The mayflies of Europe (Ephemeroptera)* [online]. ISBN 9789004260887. Dostupné z: doi:10.1163/9789004260887
- BERAN, Luboš, Juříčková L. a Horsák M., 2017. Mollusca (měkkýši). In: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 71–76.
- BÍLEK, O., 2010a. *Řízené splouvání Teplé Vltavy v úseku Soumarský Most - most u Pěkné - Dokumentace vlivů záměru*.
- BÍLEK, O., 2010b. *Řízené splouvání Teplé Vltavy v úseku Soumarský Most - most u Pěkné - Oznámení záměru*.
- BÍLEK, O., 2013. *Splouvání Teplé Vltavy v úseku Soumarský most – most u Pěkné od roku 2013*.
- BÍLÝ, M. a O. SIMON, 2007. Water quality issues in the protection of oligotrophic streams with the occurrence of pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the Czech Republic. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica*. **21**(1), 21–30.
- BÍLÝ, M., SIMON O a V. KLADIVOVÁ, 2012. Chemismus vody na českých lokalitách perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) jakožto faktor limitující výskyt druhu na okraji přirozeného areálu. In: *XVI. Konferencia Slovenskej limnologickej spoločnosti a České limnologické společnosti*. s. 16.
- BOJKOVÁ, J., I. BUFKOVÁ, V. RÁDKOVÁ, T. SOLDÁN a J. VRBA, 2017a. Jak se žije v revitalizovaných potocích na Šumavě. *Živa*. **2**, 74–76.
- BOJKOVÁ, J., H. ČÍŽKOVÁ-KONČALOVÁ, A. KUČEROVÁ a J. VRBA, 2015. Monitoring of the restored streams in the Vltavský Luh, Šumava National Park. *Silva Gabreta*. **21**(1), 73–79.
- BOJKOVÁ, J., K. KOMPRDOVÁ a S. ZAHŘÁDKOVÁ, 2012. Species loss of

stoneflies (Plecoptera) in the Czech Republic during the 20th century. *Freshwater Biology*. **57**(12), 2550–2567. ISSN 00465070.

BOJKOVÁ, J., J. KROČA, J. HELEŠIC a T. SOLDÁN, 2017b. Plecoptera (pošvatky). In: *Červený seznam hmyzu ČR (kromě motýlů, blanokřídlých a brouků)*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 123–125.

BOJKOVÁ, J., V. ŠORFOVÁ, J. VRBA a T. SOLDÁN, 2018. Kolonizace a vývoj společenstva makrozoobentosu v revitalizovaném toku Hučina (NP Šumava). In: . Brno: Masarykova univerzita.

BOJKOVÁ, J., Rádková V., Soldán T. a Zahrádková S., 2014. Trends in species diversity of lotic stoneflies (Plecoptera) in the Czech Republic over five decades. *Insect Conservation and Diversity*. B.m.: John Wiley & Sons, **7**(3), 252–262. ISSN 1752458X.

BOJKOVÁ, Jindřiska a Tomáš SOLDÁN, 2013. Stone flies ( Plecoptera ) of the Czech Republic : species checklist , distribution and protection status. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*. **53**(2), 443–484.

BOTTOVÁ, K., T. DERKA, P. BERACKO a J. M.T. DE FIGUEROA, 2013. Life cycle, feeding and secondary production of Plecoptera community in a constant temperature stream in Central Europe. *Limnologica*. **43**(1), 27–33. ISSN 00759511.

BOUKAL, David, Martin FIKÁČEK, Jiří HÁJEK, Konvička JIŘÍ, Václav KŘIVAN, Radek SEJKORA, Stanislav SKALICKÝ, Michal STRAKA, Jan SYCHRA a Jan TRÁVNÍČEK, 2012a. New and interesting records of water beetles from the Czech Republic (Coleoptera: Sphaeriidae, Dytiscidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Georissidae, Hydraenidae, Scirtidae, Elmidae, Dryopidae, Limnichidae, Heteroceridae). *Klapalekiana*. **48**(October 2016), 1–21.

BOUKAL, David S, Milan BOUKAL, Martin FIKÁČEK, Jiří HÁJEK, Jan KLEČKA, Stanislav SKALICKÝ, Jaroslav ŠŤASTNÝ a Dušan TRÁVNÍČEK, 2007. Catalogue of water beetles of the Czech Republic. *Klapalekiana, Supplementum*. **43**, 1–289. ISSN 1098-6596.

- BOUKAL, Milan, Robert ROPEK, Jiří ŘEHOUNEK, Majka FIALOVÁ, Martin KONVIČKA a Luboš BERAN, 2012b. *Bezobratlí postindustriálních stanovišť: Význam, ochrana a management*. 1. vyd. České Budějovice: Entomologický ústav AV ČR, v. v. i. ISBN 9788086668208.
- BOWDEN, W. B., D. ARSCOTT, D. PAPPATHANASI, J. FINLAY, J. M. GLIME, J. LACROIX, Ch.-L. LIAO, A. HERSHEY, T. LAMPELLA, B. PETERSON, W. WOLLHEIM, K. SLAVIK, B. SHELLEY a M. B. CHESTERTON, 1999. Roles of bryophytes in stream ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*. **18**, 151–184.
- BRICK, P., 1949. Studies on Swedish stoneflies (Plecoptera). *Opuscula Entomologica - Supplement 11*. (1), 4346.
- BUCHAR, Jan, V. DUCHAČ, K. HŮRKA a J. LELLÁK, 1995. *Klíč k určování bezobratlých*. Praha: Scientia. ISBN 80-85827-81-6.
- BUFFAGNI, A., G. CROSA a R. MARCHETTI, 1995. Size-related shifts in the physical habitat of two mayfly species (Ephemeroptera). *Freshwater Biology* [online]. **34**(2), 297–302. ISSN 13652427. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2427.1995.tb00889.x
- BUFKOVÁ, I. a J. RYDLO, 2008. Vodní makrofyta a mokřadní vegetace odstavených říčních ramen horní Vltavy ( Hornovltavský luh , NP Šumava ). *Silva Gabreta*. **14**(2), 93–134.
- BUFKOVÁ, I. a J. ŠTEMBERK, 2011. *Soumarské rašeliniště naučná stezka*. 2011. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava.
- BUKVAREVA, Elena, 2018. The optimal biodiversity—A new dimension of landscape assessment. *Ecological Indicators* [online]. B.m.: Elsevier B.V., **94**, 6–11. ISSN 1470160X. Dostupné z: doi:10.1016/J.ECOLIND.2017.04.041
- BURKS, B D, 1953. The Mayflies, or Ephemeroptera, of Illinois. *Natural History Survey Division bulletin*. **26**, 221. ISSN 01434004.
- CARAMELO, Carlos a E MARTÍNEZ-ANSEMIL, 2012. Microscopic anatomy of aquatic oligochaetes (Annelida, Clitellata): a zoological perspective. In: *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*. Coruna: Formatex Research Center, s. 21–27.



- ČHMÚ (C), 2022. *Hlásná a předpovědní povodňová služba* [online] [vid. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hpps/>
- CONNOLLY, N. M., M. R. CROSSLAND a R. G. PEARSON, 2004. Effect of low dissolved oxygen on survival, emergence, and drift of tropical stream macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*. **23**(2), 251–270. ISSN 08873593.
- ČSN, 1996. ČSN 75 7703 (EN27828) - *Jakost vod - Metody odběru biologických vzorků - Pokyny pro odběr vzorků makrozoobentosu ruční sítkou*. 1996.
- CULEK, Martin, V. GRULICH, Z. LAŠTŮVKA a J. DIVÍŠEK, 2013. *Biogeografické regiony České republiky*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 9788021066939.
- ČÚZK, 2022. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online] [vid. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=679950&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- CZUDEK, T., 1972. Geomorfologické členění ČSR. *Studia Geographica*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 173.
- DEMEK, J., B. BALATKA, T. CZUDEK, Z. LÁZNIČKA, J. LINHART a J. LOUČKOVÁ, 1965. *Geomorfologie Českých zemí*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- DEMEK, Jaromír, 1987. *Obecná geomorfologie*. Praha: Academia.
- DEMEK, Jaromír, B. BALATKA, A. BUČEK, M. DĚDEČKOVÁ, M. HRÁDEK, A. IVAN a J. LACINA, 1987. *Hory a nížiny, Zeměpisný lexikon ČSR*. 1987. Praha: Academia.
- DENICOLA, D. M. a M.G. STAPLETON, 2002. Impact of acid mine drainage on benthic communities in streams: The relative roles of substratum vs. aqueous effects. *Environmental Pollution*. **119**(3), 303–315. ISSN 02697491.

- DUDGEON, D., A. H. ARTHINGTON, M. O. GESSNER, Z. I. KAWABATA, D. J. KNOWLER, C. LÉVÊQUE, R. J. NAIMAN, A. H. PRIEUR-RICHARD, D. SOTO, Melanie L.J. STIASSNY a Caroline A. SULLIVAN, 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. **81**(2), 163–182. ISSN 14647931.
- ENGLUND, Göran, 1991. Effects of Disturbance on Stream Moss and Invertebrate Community Structure. *Journal of the North American Benthological Society*. **10**(2), 143–153. ISSN 0887-3593.
- FENOGLIO, S., T. BO, M. J. LÓPEZ-RODRÍGUEZ a J. M. TIERNO DE FIGUEROA, 2010. Life cycle and nymphal feeding of *Besdolus ravizzarum* (Plecoptera: Perlodidae), a threatened stonefly. *Insect Science*. **17**(2), 149–153. ISSN 16729609.
- FRIBERG, N., J. SKRIVER, S.E. LARSEN, M. L. PEDERSEN a A. BUFFAGNI, 2010. Stream macroinvertebrate occurrence along gradients in organic pollution and eutrophication. *Freshwater Biology*. **55**(7), 1405–1419. ISSN 00465070.
- GARCÍA, L., I. PARDO a C. DELGADO, 2014. Macroinvertebrate indicators of ecological status in Mediterranean temporary stream types of the Balearic Islands. *Ecological Indicators*. B.m.: Elsevier, **45**, 650–663. ISSN 1470160X.
- GEIST, J. a K. AUERSWALD, 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*. **52**(12), 2299–2316.
- GEORGE, H a R ARDEN, 1956. Aquatic Diptera as Indicators of Pollution in a Midwestern Stream. *Ohio Journal of Science*. **56**(5), 291–304.
- GLAZIER, D.S., M. T. HORNE a M. E. LEHMAN, 1992. Abundance, body composition and reproductive output of *Gammarus minus* (Crustacea: Amphipoda) in ten cold springs differing in pH and ionic content. *Freshwater Biology*. **28**(2), 149–163. ISSN 13652427.

- GUÉROLD, F., D. VEIN, G. JACQUEMIN a J. C. PIHAN, 1995. The macroinvertebrate communities of streams draining a small granitic catchment exposed to acidic precipitations (Vosges Mountains, northeastern France). *Hydrobiologia*. B.m.: Kluwer Academic Publishers, **300–301**(1), 141–148. ISSN 00188158.
- HARTMAN, P., Prikryl I. a Štědronský E., 2005. *Hydrobiologie*. 3. vyd. Praha: Informatorium. ISBN 80-7333-046-6.
- HEJDA, R., J. FARKAČ a K. CHOBOT, 2017. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-88076-53-7.
- HOLZENTHAL, R., R. BLAHNIK, A. PRATHER a K. KJER, 2007. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *zootaxa*. (1668), 639–698.
- HORECKÝ, J., E. STUHLÍK, P. CHVOJKA, D. W. HARDEKOPF, M. MIHALJEVIČ a J. ŠPAČEK, 2006. Macroinvertebrate community and chemistry of the most atmospherically acidified streams in the Czech Republic. *Water, Air, and Soil Pollution*. **173**(1–4), 261–272. ISSN 00496979.
- HORSÁK, M., J. BOJKOVÁ, M. ZHAI, M. OMELKOVÁ, V. KŘOUPALOVÁ, Vít SYROVÁTKA, V. RÁDKOVÁ, J. SCHENKOVÁ a L. HUBÁČKOVÁ, 2014. Vodní hmyz a další pozoruhodná fauna západokarpatských slatinišť. *Živa*. (5), 219–222.
- HORSÁK, M. a M. HAJEK, 2003. Composition and species richness of molluscan communities in relation to vegetation and water chemistry in the western carpathian spring fens: The poor-rich gradient. *Journal of Molluscan Studies*. B.m.: Oxford University Press, **69**(4), 349–357. ISSN 02601230.
- HŮRKA, Karel a Alena ČEPICKÁ, 1980. *Rozmnožování a vývoj hmyzu*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- CHVOJKA, Pavel, 2008. Chrostíci (trichoptera) Jizerských hor a Frýdlantska. *Sborník severočeského muzea, Přírodní vědy, Liberec*. **26**, 49–77.
- CHVOJKA, Pavel a Petr KOMZÁK, 2001. The Czech and Slovak Republics. *Acta Musei Nationalis Pragae*. **56**(3–4), 103–120.

- CHVOJKA, Pavel a Petr KOMZÁK, 2008a. The history and present state of Trichoptera research in the Czech Republic. *Ferrantia*. **55**, 11–21.
- CHVOJKA, Pavel a Petr KOMZÁK, 2008b. The history and present state of Trichoptera research in the Czech Republic. *Ferratia*. **55**, 11–21.
- CHVOJKA, Pavel a Petr KOMZÁK, 2017. Trichoptera (chrostíci). In: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí (Red List of threatened species of the Czech Republic. Invertebrates)*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 170–174.
- CHVOJKA, Pavel, Petr KOMZAK, Jan SPACEK a Jozef LUKÁŠ, 2016. New faunistic records of Trichoptera from the Czech Republic and Slovakia. *Klapalekiana*. **52**, 43–46.
- CHVOJKOVÁ, E., Dušek J. a Volf O., 2008. *Splouvání Teplé Vltavy – hodnocení vlivů na vybrané zvláštěchráněné živočichy*.
- ILLIES, J. a Botosaneanu L., 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *SIL Communications, 1953-1996*. B.m.: Taylor & Francis, **12**(1), 1–57. ISSN 0538-4680.
- JACOBSEN, Dean, 1993. Trichopteran Larvae as Consumers of Submerged Angiosperms in Running Waters. *Oikos*. **67**(2), 379. ISSN 00301299.
- JÄHNIG, S.C. a A. W. LORENZ, 2008. Substrate-specific macroinvertebrate diversity patterns following stream restoration. *Aquatic Sciences*. **70**(3), 292–303. ISSN 10151621.
- KARIMA, Zerguine, 2021. Chironomidae: Biology, Ecology and Systematics. In: *Diptera*. 1. vyd. Guelma: IntechOpen, s. 137–144.
- KAZANCI, NİLGÜN, GENCER TÜRKMEN, ÖZGE BASÖNER a PINAR EKIGEN, 2016. TR-BMWP (Turkish-BMWP) biotic index. *Review of Hydrobiology*. **9**(2), 147–151.
- KHAN, Muhammad Irfan a Asia BIBI, 1999. Aquatic coleoptera of multan. *Proceedings of the Seminar on Aquatic Biodiversity of Pakistan*. 105–115.
- KLADIVOVÁ, V., 2010. Výprava pod hladinu Teplé Vltavy. *Šumava*. **15**(2), 14–15.

- KLADIVOVÁ, V. a O. SIMON, 2006. ... a co na to Vltava? [... and what does the Vltava River response?]. *Šumava*. **11**(1), 12–13.
- KLIMEŠ, J., ŠIROKÝ, SYCHRA, LITERÁK, NAVRÁTIL, PALÍKOVÁ, DOLEJSKÁ a BÁRTOVÁ, 2013. *Zoologie pro bakaláře*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita brno.
- KOBAYASHI, S. a T KAGAYA, 2009. Colonization of leaf patches at topographically different locations by insect shredders in a small mountain stream. *Limnology*. **10**(2), 143–147. ISSN 14398621.
- KOKEŠ, J. a D. VOJTÍŠKOVÁ, 1999. *Nové metody hodnocení makrozoobentosu tekoucích vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i.
- KOKEŠ, J a NĚMEJCOVÁ, 2006. *Metodika odběru a zpracování VZORKŮ makrozoobentosu tekoucích vod metovou PERLA*. Praha: VÚV TGM.
- KOLÁŘ, V., T. ONDÁŠ a D. BOUKAL, 2016. Proč mizí vodní brouci (a jiný velký hmyz) z našich rybníků? *Fórum ochrany přírody*. **3**, 30–32.
- KOMZÁK, P. a J. KROČA, 2011. New faunistic records of Trichoptera (Insecta) from. *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales*. **96**(1), 189–192.
- KOMZÁK, P., J. KROČA a J. ŠPAČEK, 2009. New faunistic records of Hydroptilidae (Insecta, Trichoptera) from the Czech Republic. *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales*. **67**(2), 165–173.
- KONVIČKOVÁ, V., 2008. Vývoj společenstva bezobratlých na dně tůň. *Živa*. (6), 1–4.
- KORTE, Thomas, 2010. Current and substrate preferences of benthic invertebrates in the rivers of the Hindu Kush-Himalayan region as indicators of hydromorphological degradation. *Hydrobiologia*. **651**(1), 77–91. ISSN 00188158.
- KOŽENÝ, P., H. JANOVSÁ, L. OPATŘILOVÁ, E. BOUŠE a T. BERÁNKOVÁ, 2018. Perspektivní hydromorfologické fenomény z hlediska zlepšování ekologického stavu vodních toků Ekologický stav. In: *Sborník konference Říční krajina*. s. 8.
- KRÁLOVÁ, Helena, 2001. *Knihy Řeky pro život - revitalizace řek a péče o nivní biotopy*. 1. vyd. Brno: Veronica. ISBN 80-238-8939-7.

- KRISKA, Gyorgy, 2014. *Freshwater Invertebrates in Central Europe*. London: Springer–Dordrecht. ISBN 9783709115473.
- KRNO, I., F. ŠPORKA a E. ŠTEFKOVÁ, 2013. The influence of environmental variables on larval growth of stoneflies (Plecoptera) in natural and deforested streams. *Biologia (Poland)*. **68**(5), 950–960. ISSN 00063088.
- KUBÍČEK, František, 1980. Larvy hmyzu ve vodních ekosystémech ČSSR. In: *Klíč vodních larev hmyzu*. 1. vyd. Praha: ČSAV, s. 18–33.
- KUBOVÁ, Nela, 2015. *Životní strategie pijavic (Clitellata Hirudinida) v podmínkách stojatých a tekoucích vod. Disertační práce. Nepublikováno*. B.m. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita.
- LANDA, Vladimír, 1989. *Fauna ČSSR.: Jepice - Ephemeroptera*. Praha: Academia.
- LAŠTŮVKA, Z. a P. KREJČOVÁ, 2000. *Ekologie*. Brno: Konvoj. ISBN 8085615932.
- LELLÁK, J. a F. KUBÍČEK, 1991. *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7066-530-0.
- LELLÁK, J., Kořínek V., Fott J., Kořínková J. a Punčochář P., 1982. *Biologie vodních živočichů*. Praha: Univerzita Karlova.
- LI, F., N. CHUNG, M. J. BAE, Y. S. KWON a Y. S. PARK, 2012. Relationships between stream macroinvertebrates and environmental variables at multiple spatial scales. *Freshwater Biology*. **57**(10), 2107–2124. ISSN 00465070.
- LI, F., N. CHUNG, M. J. BAE, Y. S. KWON, T. S. KWON a Y. S. PARK, 2013. Temperature change and macroinvertebrate biodiversity: Assessments of organism vulnerability and potential distributions. *Climatic Change*. **119**(2), 421–434. ISSN 01650009.
- LOSOS, Bohumil, 1980. *Ekologie živočichů*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- LÖW A SPOL. S R.O., 2019. *Aktualizace plánu územního systému ekologické stability jihočeského kraje*. 2019. Brno: Jihočeský kraj.

- LOŽEK, V., 2001. Geology. Geomorphology. In: *Mapa potenciální přirozené vegetace Národního parku Šumava*. Vimperk: Silva Gabreta, s. 81–82. ISBN 80-86188-13-2.
- MACHAČ, Roman, 2015. *Conservation Photography* [online] [vid. 2021-09-13]. Dostupné z: <https://www.romanmachac.cz/>
- MACHORDOM, A., R. ARAUJO, D. ERPENBECK a M. Á. RAMOS, 2003. Phylogeography and conservation genetics of endangered European Margaritiferidae (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Journal of the Linnean Society*. **78**(2), 235–252. ISSN 00244066.
- MAURER, M. A. a M. A. BRUSVEN, 1983. Insect abundance and colonization rate in *Fontinalis neo-mexicana* (Bryophyta) in an Idaho Batholith stream, U.S.A. *Hydrobiologia*. B.m.: Kluwer Academic Publishers, **98**(1), 9–15. ISSN 00188158.
- MCGAVIN, G., 2009. *Insects, spiders and other terrestrial arthropods*. London: Dorling Kindersley Limited. ISBN 0756660084.
- MCLACHLAN, Athol, 1985. The Relationship between Habitat Predictability and Wing Length in Midges. *OIKOS*. **44**(3), 391–397.
- MORSE, 2002. *The Caddisfly Family Phryganeidae (Trichoptera)*.
- MŽP(C), 2015. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*.
- MŽP (C), 2015. *HAMR* [online] [vid. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://hamr.chmi.cz/>
- NAŘÍZENÍ VLÁDY, 2004. č. 681/2004 Sb. *Nařízení vlády, kterým se vymezuje Ptačí oblast Šumava*. 2004.
- NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2022. *Územní ochrana* [online] [vid. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.npsumava.cz/priroda/veda-a-vyzkum/uzemni-ochrana/>
- NESEMANN, Hasko, 2013. Class Oligochaeta. In: *Aquatic invertebrates of the Ganga river system*. 1. vyd. Kathmandu: H. Neemann, s. 111–162. ISBN 978-99946-2-674-8.
- ODUM, E. P., 1977. *Základy ekologie*. Praha: Academia.

OLMER, M., HERRMANN, KADLECOVÁ, PRCHALOVÁ, BURDA, ČURDA, KREJČÍ, SKOŘEPA, HARTLOVÁ a MICHLÍČEK, 2006. Hydrogeological Zones of the Czech Republic. *Journal of Geological Sciences*. 1. vyd. Praha: Vydala Česká geologická služba, **23**, 7.

ORGANIZACE SPOJENÝCH NÁRODŮ, 2011. *Protokol o těžkých kovech k úmluvě o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice státu*.

OSBORNE, L. L. a E. E. HERRICKS, 2015. Microhabitat Characteristics of Hydropsyche (Trichoptera:Hydropsychidae) and the Importance of Body Size. *Journal of the North American Benthological Society*. B.m.: North American Benthological Society, **6**(2), 115–124. ISSN 0887-3593.

PAPE, T., D. BICKEL a R. MEIER, 2009. *Diptera diversity: Status, challenges and tools* [online]. 1. vyd. B.m.: Brill. ISBN 9789004181007. Dostupné z: doi:10.1163/EJ.9789004148970.I-459

PARKS, J. M.B., J. SIRCOM a S. J. WALDE, 2011. Invertebrate mesopredators are larger in streams with fish. *Aquatic Ecology*. **45**(2), 243–253. ISSN 13862588.

PATEROVÁ, Stela, 2018. *Vývoj společenstev makrozoobentosu v revitalizovaném úseku říčky Hučiny (NP Šumava)*. Brno. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita.

PETRIN, Zlatko, 2011. Species traits predict assembly of mayfly and stonefly communities along pH gradients. *Oecologia*. **167**(2), 513–524. ISSN 00298549.

PETŘIVALSKÁ, K. a Dvorská P., 2010. *Klíč k určování vodních bezobratlých živočichů*. B.m.: Rezekvítek. ISBN 9788086626215.

PINEDRA-PPINEDRA, ROSAS-ACEVEDO, SIGARRETA-ALMIRA, REYES-UMANA a HERNANDEZ-GOMEZ, 2018. Biotic Indices to Evaluate Water Quality, BMWP. *International Journal of Environment, Ecology, Family and Urban Studies*. **8**(5), 23–36. ISSN 2250-0065.

PROJEKTOVÝ ATELIÉR ADS .R.O., 2004. *Územní plán obce Stožec - textová část*. 2004. České Budějovice: obec Stožec.

QUITT, E., 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia.



- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, 2007. *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník* [online] [vid. 2022-02-17]. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-006/ebook.html?p=M000](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=M000)
- ROHÁČEK, J., J. ŠEVČÍK a P. VLK, 2013. Dvoukřídli (Diptera). In: *Příroda Slezska*. Opava: Slezské zemské muzeum, s. 262–283. ISBN 978-80-86224-95-4.
- ROOKE, J. B., 1984. The invertebrate fauna of four macrophytes in a lotic system. *Freshwater Biology*. **14**(5), 507–513. ISSN 13652427.
- ROZKOŠNÝ, Rudolf, 1980. *Klíč vodních larev hmyzu*. 1. vyd. Praha: Academia.
- RŮŽIČKOVÁ, J. a L. BENEŠOVÁ, 1996. Benthic macroinvertebrates as indicators of biological integrity in lotic freshwater ecosystems of large-scale protected areas in Czech Republic: preliminary results. *Silva Gabreta*. **1**, 165–168.
- RŮŽIČKOVÁ, Jana, 1998. Společenstvo vodního hmyzu v šumavských tocích s různým stupněm acidifikace. *Silva Gabreta*. **2**, 199–209.
- RYDLO, J., 1995. Vodní makrofyta horní Vltavy. *Muzeum a současnost*. **9**, 115–128.
- SÁDLO, J. a I. BUFKOVA, 2002. Vegetation of the Vltava river alluvial plain in the Šumava Mts (Czech Republic) and the problem of relict primary meadows. *Preslia*. **74**(1), 67–83.
- SANZ, An, C. E. TRENZADO, M. J. LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. FURNÉ a J. M. T. DE FIGUEROA, 2010. Study of antioxidant defense in four species of Perlodea (Insecta, Plecoptera). *Zoological Science*. **27**(12), 952–958. ISSN 02890003.
- SARTORI, M. a J. E. BRITAIN, 2015. Order Ephemeroptera. *Thorpe and Covich's Freshwater Invertebrates: Ecology and General Biology* [online]. **1**(December), 873–891. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-385026-3.00034-6
- SCHENKOVÁ, J. a P. PAŘIL, 2017. Oligochaeta (vodní máloštětinatci). In: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 58–62.

- SCHENKOVÁ, J. a J. SYCHRA, 2017. Hirudinia (pijavice). In: *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 63–67.
- SCHENKOVÁ, Jana, 2015. Kde všude žijí máloštetinatí opaskovci? *Živa*. **5**, 257–258.
- SCHOWALTER, Timothy Duane, 2016. *Insect ecology : An ecosystem approach*. London: Academic Press. ISBN 0128030372.
- SIMON, O., J. HRUŠKA, B. DORT, K. DOUDA, J. ŠVANYGA, M. BÍLÝ, J. HORÁČKOVÁ a Švaříčková J., 2021. Three decades of active protection and population reinforcements of mollusc *Margaritifera margaritifera* as the flagship species for oligotrophic rivers in Czechia. In: *The European CONGRESS OF malacological societies 2021*. Praha: The Malacological society of London, s. 70.
- SIMON, O., K. TICHÁ a K. RAMBOUSKOVÁ, 2017. *Metodika podpory perlorodky říční (Margaritifera margaritifera)*. Praha: TGM VÚV.
- SIMON, O, V KLADIVOVÁ, J SVOBODOVÁ, J HRUŠKA, J VEJMELKOVÁ a M BÍLÝ, 2006. Ochrana oligotrofních povodí s perspektivními lokalitami výskytu perlorodky říční v ČR (Preservation of oligotrophic watersheds with perspective localities of a freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) occurrence in the Czech Republic). *Příroda*. **25**, 11–27.
- SIMON, O P., I. VANÍČKOVÁ, M. BÍLÝ, K. DOUDA, H. PATZENHAUEROVÁ, J HRUŠKA a A PELTÁNOVÁ, 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. ISSN 00759511.
- ŠÍMOVÁ, L., 2016. *Územní plán Volary*. 2016. České Budějovice: MěÚ Volary.
- ŠINDELÁŘOVÁ, K, 2016. *Fauna vyvěrajících vod vybraných oblastí lužických hor diplomová práce*. B.m. FŽP Česká zemědělská univerzita.
- SMETANOVÁ, 2006. *Zhodnocení fauny epigeických pavouků (Araneida) NPP Malhotky, Diploová práce (nepublikováno)*. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

- ŠNEJDOVÁ, L., 2020. *ZÁSADY ÚZEMNÍHO ROZVOJE JIHOČESKÉHO KRAJE - VÝROKOVÁ ČÁST*. 2020. České Budějovice: Krajský úřad - Jihočeský kraj.
- SOLDÁN, T., Ji. BOJKOVÁ a S. ZAHRÁDKOVÁ, 2015. Ephemeroptera (jepice). In: *Červený seznam hmyzu ČR (kromě motýlů, blanokřídlých a brouků)*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 114–117.
- SOUKUP, M., 2006. *Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů*. 1. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. ISBN 8023976435.
- SPELLERBERG, Ian F., 1995. *Monitorování ekologických změn*. 1. vyd. Brno: EkoCentrum. ISBN 80-901855-2-5.
- SPRÁVA NP ŠUMAVA, 2000. *Plán péče Národního parku Šumava na období 2001 - 2010*. 2000. Vimperk: Správa NP Šumava.
- SPRÁVA NP ŠUMAVA, 2020. *Zásady péče o Národní park Šumava na období 2022 - 2040*. Vimperk: Správa NP Šumava.
- SPURNÝ, Petr, Jan MAREŠ, Radovan KOPP a Pavla ŘEZNÍČKOVÁ, 2015. *Hydrobiologie a Rybářství*. Brno: MENDELOVA UNIVERZITA. ISBN 9788075093455.
- STORCH, David, 2019. Biodiverzita: co to je, jak ji měřit, co ji podmiňuje a k čemu je to všechno dobré. *Živa*. **5**, 194–197.
- ŠVANYGA, J., O. SIMON, T. MINÁRIKOVÁ, O. SPISAR a M. BÍLÝ, 2013. *Záchranný program perlorodky říční čmíčky *Margaritifera margaritifera* v České republice*. Praha: AOPK ČR.
- SYCHRA, J. a J. SCHENKOVÁ, 2009. Pijavice České republiky na počátku 21. století. *Živa*. **6**, 267–270.
- TAJOVSKÝ, K., 2016. *Metodika biospeleologického průzkumu jeskyní a krasových jevů – bezobratlí živočichové* [online]. 2016. České Budějovice: Biologické centrum AV ČR, v. v. i. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/res/archive/386/062439.pdf?seek=1521814531>
- TARMO, Timm, 2012. Life forms in Oligochaeta: A literature review. *Zoology in the Middle East*. **4**, 71–82.

- TCHAKONTÉ, S., Gi. AJEAGAH, A. CAMARA, D. DIOMANDÉ, N. NYAMSI TCHATCHO a P. NGASSAM, 2015. Impact of urbanization on aquatic insect assemblages in the coastal zone of Cameroon: the use of biotraits and indicator taxa to assess environmental pollution. *Hydrobiologia*. B.m.: Springer International Publishing, **755**(1), 123–144. ISSN 15735117.
- TEIXEIRA, M., M.P. BUDD a D.L. STRAYER, 2015. Responses of epiphytic aquatic macroinvertebrates to hypoxia. *Inland W.* **5**(1), 75–80. ISSN 2044205X.
- THORP, R.A., B. KONDRATIEFF, E. C. THORP a M. J. JARRETT, 2008. The life cycles of *Claassenia sabulosa* and *Hesperoperla pacifica* (Plecoptera: Perlidae) in two Colorado streams. *Western North American Naturalist* . **68**(3), 311–318.
- TOMCZAK, E. a Dominiak A., 2015. Living organisms in water quality biomonitoring system. *Ecological Chemistry and Engineering*. **22**(1), 7–15.
- TOWNSEND, C., M. BEGON a J. HARPER, 2010. *Základy ekologie*. 1. vyd.
- VELECKÁ, I., 2002. Perspektivy bioindikačního využití vodních měkkýšů na základě znalosti bionomie jednotlivých druhů. *Československá slimač (Malacologica Bohemoslovaca)*. (1), 11–14.
- VISSER, H a V. V. VELDHUIJZEN VAN ZANTEN, 2011. *European Limnofauna* [online]. Amsterdam: Zoological Museum, University of Amsterdam [vid. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.worldcat.org/wcpa/oclc/1012527419?page=frame&url=http%3A%2F%2Fwbd.etibioinformatics.nl%2Fbis%2Flimno.php%26checksum%3D5aa8257f52ce1bd6111d31290ab74d6f&title=&linktype=digitalObject&detail=>
- VOLF, P. a P. HORÁK, 2007. *Paraziti a jejich biologie*. 1. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-008-9.
- VOŽENÍLEK, V. a V. KVĚTOŇ, 2011. *Klimatické oblasti Česka - klasifikace podle Quitta za období 1961-2000*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- VRABEC, V., V. VELECKÁ a I. SLÁDEČEK, 1998. Plži (Gastropoda) ve vodárenských tocích a nádržích České republiky a jejich individuální saprobní index. In: *Sborník referátů 14. semináře Aktuální otázky vodárenské biologie*. Praha: ČVTVS, s. 108–118.

- VRABEC, V., V. VELECKÁ a I. SLÁDEČEK, 2000. Klíč k určování mlžů z vodárenských toků ČR a jejich individuální saprobní index. In: *Sborník referátů 16. semináře Aktuální otázky vodárenské biologie*. Praha: ČVTVS, s. 143–159.
- VYHLÁŠKA Č. 42/2020 SB., 2020. *o vymezení zón ochrany přírody Národního parku Šumava*. 2020.
- VYSKOT, Miroslav, 1981. *Československé pralesy*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 21-007-81.
- WEATHERHEAD, M. A. a JAMES, 2001. Distribution of macroinvertebrates in relation to physical and biological variables in the littoral zone of nine New Zealand lakes. *Hydrobiologia*. B.m.: Kluwer Academic Publishers, **462**(1/3), 115–129.
- WELLBORN, G., D. SKELLY a E. WERNER, 1996. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **27**(2014), 337–363. ISSN 00664162.
- WFD, 2000. *Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. (Water Framework Directive)*. 2000.
- WIGGINS, Gl. B, 2004. *Caddisflies: The Underwater Architects*. 1. vyd. Toronto: University of Toronto Press. ISBN 0802037143.
- YANYGINA, L. V., 2013. Phytophilous zoocoenoses of Lake Teletskoye. *Contemporary Problems of Ecology*. **6**(3), 287–291. ISSN 1995-4255.
- ZELENKOVÁ, Eva, 2008. Teplá Vltava - rodinné stříbro Šumavy. *Čumava*. **13**(1), 24–25.
- ZIUGANOV, VV., 2004. Arkticheskie dolgozhivushchie i iuzhnye korotkozhivushchie molliuski zhemchuzhnitsy Margaritifera margaritifera kak model' dlia izucheniia osnov dolgoletiiia [Arctic and southern freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* with long and short life. *Advances Gerontology, Gerontologicheskoe obshchestvo*. **14**, 21–30.

## 10. Seznam příloh

Seznam použitých zkratk v přílohách je na začátku této práce před kapitolou úvod.

**Příloha I – Seznam vzorkovaných habitatů**

**Příloha II – Fotografická dokumentace postupu odběru vzorků**

**Příloha III – Fotografická dokumentace příkladu habitatů lokalit Teplá  
Vltava – Dobrá a Chlum**

**Příloha IV – Fotografie zástupců určovaných taxonomických skupin při  
sortování**

**Příloha V – Soupis všech nalezených druhů při odběrech bentosu v letech  
2018-2020**

**Příloha VI – Tabulka počtů nalezených jedinců daných taxonů na jednot-  
livých lokalitách a habitatech v letech 2018-2020**

**Příloha VII – Indexy biodiverzity vzorkovaných lokalit a nalezené EPT  
taxony v letech 2018–2019**

**Příloha VIII – Indexy biodiverzity vzorkovaných habitatů a nalezené EPT  
taxony v letech 2018–2020**

**Příloha IX – Fyzikálně-chemické a chemické parametry vody na locali-  
tách vybraných pro odběr makrozoobentosu v letech 2018-  
2020**

**Příloha X – Tabulka zdrojových dat makrozoobentosu (přiloženo na CD)**

**Příloha XI – Tabulka zdrojových dat fyzikálně-chemických a chemických  
parametrů (přiloženo na CD)**