

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE



**FAUNA VYVĚRAJÍCÍCH VOD
VYBRANÝCH OBLASTÍ LUŽICKÝCH HOR**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí Práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.
Diplomant: Bc. Kateřina Šindelářová

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kateřina Šindelářová

Ochrana přírody

Název práce

fauna vyvěrajících vod vybraných oblastí Lužických hor

Název anglicky

Spring water fauna in selected areas of Lusatian mountains

Cíle práce

Ověřit výskyt podzemní a prameništní fauny ve vybrané sérii pramenišť Lužických hor.

Metodika

Na sérii deseti pramenišť bude sbírána jednak bentická fauna, jednak fauna podzemních vod. V prameništích budou průběžně měřeny fyzikální a chemické parametry.

Proběhnou 3 odběry každé z obou složek fauny.

Bentos bude odebírán standardní metodikou s použitím síta 0,5 mm, pro odběry podzemní fauny dbude použita metoda instalace lapacích sítěk o hustotě 60 µm.

Práce navazuje na již obhájenou práci bakalářskou. Výsledky budou základem pro rozsáhlejší studii prameništní fauny v této oblasti plánované v rámci mezinárodního projektu v letech 2016 -2018.

Doporučený rozsah práce

40 str. + přílohy

Klíčová slova

stygofauna, krenofauna, Lužické hory, prameny

Doporučené zdroje informací

Grundwasserfauna Deutschlands: ein Bestimmungswerk. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall eV (DWA), 2007.
Hahn, H. J., Thulin, B. (2008): Ecology and living conditions of groundwater fauna . 55 pp.
Kubíková, L., Simon, O. P., Tichá, K., Douda, K., Maciak, M., & Bílý, M. (2012). The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. Freshwater Science, 31(2), 668-679.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Michala Bílého Ph.D., a s využitím zde uvedených literárních pramenů, ze kterých jsem čerpala informace.

V Praze dne 14. 4.2014:

Poděkování:

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomohli při vytváření této diplomové práce. Především bych chtěla poděkovat svému příteli a rodině, kteří semnou navštěvovali lokality v terénu a za to, že mi byli při psaní práce oporou a podporovali mě. Dále bych ráda poděkovala panu Mgr. Michalu Bílému za odborné vedení mé diplomové práce, ochotu a trpělivost.

V Praze dne 14. 4.2014:

Abstrakt

V letech 2015 – 2016 bylo v oblasti Lužických hor zkoumáno 10 pramenných vývěrů. V každém z vývěru byla odebírána fauna jak bentická, tak i podzemní, a to hned ve třech sériích. Dále pak bylo sledováno prostředí každého pramene, na které je vázán výskyt fauny. Byly zjišťovány chemicko – fyzikální ukazatelé.

V 9 ze sledovaných byla kontinuálně měřena teplota a měřeny jednotlivé chemicko fyzikální ukazatelé. Bylo zjištěno, že prostředí pramenů od roku 2013 se výrazně nezměnilo, je tedy stabilní. Voda, která zde vyvěrá napovrch, je čistá a téměř splňuje z hlediska chemických ukazatelů normy pitné vody. Zdroj pro všechny zkoumaná prameniště je stejný. Podzemní zdroj těchto pramenů pochází z období coniacu a je velmi mělký.

Složení bentické fauny se od roku 2013 výrazně nezměnilo, změnila se pouze početnost jedinců. Opět se podařilo potvrdit výskyt ploštěnky horské (*Crenobia alpina*). Pomocí lapacích sítěk se podařilo odebrat faunu vyskytující se v podzemních vodách. Ta byla determinována a následně bylo určeno, zda se v podzemní vodě vyskytuje náhodně, či je to prostředí, na které je vázána. Bylo zjištěno, že rody *Niphargus*, *Niphargelus* (*Amphipoda*), *Diacyclops* (*Cyclopoida*) a *Cernosvitoviella* (*Oligochaeta*) jsou striktně vázány na podzemní vody. Některá fauna se ale determinovat nepodařila.

Klíčová slova: stygnofauna, krenofauna, Lužické hory, prameny

Abstract

In the years 2015-2016 was examined in the Lusatian mountains 10 head where it sprang. In each of its fauna has been collected as bentická, as well as underground, and now in three series. Then there was the environment of each spring, which is bound by the occurrence of fauna. Were chemical and physical parameters.

In 9 of the watch was continuously measured and the measured temperature of the individual chemical physical indicators. It was found that the environment springs from 2013 has changed significantly, so it is stable. The water that flows on the surface, here is clean and almost meets in terms of chemical ukazatelůnormy of drinking water. The source for all the circumstances today, is the same. The underground source of these sources comes from the period of coniacu and is very shallow. The composition of the benthic fauna is significantly changed from 2013, only changing the abundance of individuals. Once again managed to confirm the occurrence of the ploštěnky mountain (*Crenobia alpina*). By lapacích o.k., managed to remove fauna occurring in the groundwater. It was deep and.

Obsah

1	Úvod.....	- 9 -
2	Cíle práce	- 10 -
3	Literární rešerše	- 11 -
3.1	Bentická fauna pramenišť.....	- 11 -
3.2	Meiofauna a fauna podzemních vod.....	- 15 -
3.2.1	Zástupci	- 17 -
3.3	Prameniště Lužických hor	- 21 -
3.3.1	Obecně o zájmovém území.....	- 21 -
3.3.2	Studie o těchto vodách.....	- 22 -
3.3.3	Podzemní vody Lužických hor	- 23 -
3.3.4	Proudění podzemních vod	- 23 -
3.3.5	Vznik pramenů (hydrogeologie).....	- 24 -
3.3.6	Geologie.....	- 25 -
3.3.7	Klimatické podmínky	- 26 -
4	Metodika	- 27 -
4.1	Popis odběrových míst	- 27 -
4.2	Odběr bentické fauny	- 29 -
4.3	Odběry podzemní fauny	- 29 -
4.4	Stanovení a vyhodnocení chemicko- fyzikálních parametrů.....	- 31 -
4.4.1	Stanovení ukazatelů chemicko–fyzikálních parametrů	- 31 -
5	Výsledky	- 34 -
5.1	Fyzikální a chemické vlastnosti vody.....	- 34 -
5.1.1	Chemické ukazatele	- 34 -
5.1.2	Fyzikální ukazatelé	- 37 - - 34 -
5.2	Bentická a podzemní fauna pramenišť	- 40 - - 34 -

5.2.1	Bentická fauna	- 40 --34-
5.2.2	Meiofauna a oživení podzemních vod.....	- 42 --34-
6	Dikuse	- 44 --34-
6.1	Chemické a fyzikální ukazatelé.....	- 44 --34-
6.2	Bentická fauna	- 46 --34-
6.3	Meiofauna a oživení podzemních vod.....	- 46 --34-
7	Závěr	- 48 --34-
8	Použitá literatura	- 49 --34-
9	Přílohy.....	- 9 --34-
	Příloha I	- 9 --34-
	Příloha II.....	- 9 --34-
	Příloha III	- 9 --34-
	Příloha IV	- 9 --34-

1 Úvod

Podzemní vody jsou důležitým zdrojem pitné vody pro velkou část lidské společnosti. Dostávají se na povrch v místech, kde vyvěrají, tedy v pramenech (Hartman 2005). Odrazem kvality těchto vod nejsou jen chemické a fyzikální ukazatelé, nýbrž také fauna, která je striktně vázána na podzemní vody a podmínky v nich.

V oblasti Lužických hor se nachází velké množství pramenů, kde podzemní voda vyvěrá na povrch. Ta byla v minulosti velmi využívanou jakou zdroj pitné vody. V této práci byly zkoumány přírodní podmínky vody vyvěrající na povrch a na ní vázanou faunu. Jednalo se o faunu prameništění ale i podzemní. Podzemní fauna je vázána na určité podmínky, které jsou pro její výskyt limitující, proto se jimi v této práci zabývám. Odběry podzemní fauny byly prováděny pomocí metodiky lapacích sítěk.

2 Cíle práce

Cílem této práce bylo ověřit výskyt podzemní a prameništní fauny na vybraných pramenných vývěrech v Lužických horách. Ty byly detailně popsány a charakterizovány již v bakalářské práci. Odebranou faunu determinovat a zjistit podmínky jejího výskytu.

Tato práce by měla přinést orientaci při determinaci fauny prameništní, ale i podzemní. Podzemní fauna bude odebírána pomocí lapacích sítěk, které budou pro tyto účely vyrobeny. Fauna prameništní bude odebírána standardně pomocí síta. Odběry obou druhů fauny budou provedeny ve třech opakováních.

Výsledky této práce budou sloužit pro rozsáhlejší mezinárodní studii prameništní fauny v letech 2016 – 2018.

3 Literární rešerše

3.1 Bentická fauna pramenišť

Fauna těchto biotopů je vázána na některé z jejich vlastností. Tou jsou často čistoty těchto vod, nízké a stálé teploty vody po celý rok, nízký podíl rozpuštěného kyslíku, jehož koncentrace se hned po vývěru vody velmi rychle navyšuje. Díky těmto podmínkám zde žijí druhy, které jsou na prameny striktně vázány, je to například Ploštěnka horská (*Crenobia alpina*) (Hartman 2005). Podle Štěrbý (1986) bývají tyto ekosystémy hojně co do počtu druhů, tak jedinců, ale i na různém složení v různá roční období.

Ploštěnky (*Turbellaria*)

Vyskytují se skoro ve všech tekoucích vodách, od pramenů a bystřín s ledovou vodou až po stojaté vody a ústí řek. Nalezneme je například na spodní straně plochých kamenů, kde se klouzavým pohybem plazí. Zbarvení mají většinou tmavé, ale i mléčně bílé. Tělo je zploštělé a nečlánkované. Pohybují se pomocí brv, kterými je hustě pokryto jejich tělo, těmi kmitají a tak pohánějí vlastní sliz a vodu směrem dozadu (Hanzák a kol. 1973). Rozmnožuje se pohlavně, ale i nepohlavně a to příčným dělením. Tento živočich dýchá celým povrchem těla (Hartman a kol. 2005). V tocích a především v horních tocích představují jeden z nejhojnějších bezobratlých predátorů. Ploštěnky jsou obecně citlivé na znečištění vody a tak se nacházejí v těch čistších, jako například v pramenech (Alonso, Camargo 2011).

Ploštěnka ušatá (*Polycelis felina*) obývá především horní části toků a potoků. Lze ji najít i v pramenech, ve kterých se spíše vyskytuje ploštěnka horská (*Crenobia alpina*) a tak je jen část, kde se tyto dva druhy vyskytují. Živí se především larvami chrostíků, pakomárů a blešivci (Armitage, Young 1990). Podmínky, které ovlivňují výskyt tohoto druhu je množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, její teplota a rychlost proudění (Dahm 1958). Tento druh upřednostňuje dno, které strmě klesá a je spíše písčité (Lock 1975).

Ploštěnka horská (*Crenobia alpina*) má na hlavě jeden pár oušek a stejně tak jeden pár očí (Hartman a kol. 2005). Obývá stejně jako ploštěnka ušatá chladné tekoucí vody s vyšším obsahem rozpuštěného kyslíku (Dahm 1958). V částech toku

se konkrétně vyskytuje spíše v pramenech, jelikož v nižších částech je vytlačována ploštěnkou ušatou (Armitage, Young 1990).

Podle mapy rozšíření druhu AOPK ČR je v naší republice doložen její výskyt pouze v Jeseníkách. Druh je zařazen do Červeného seznamu ČR.

Blešivovití (Gammaridae)

Jsou různonožci (*Amphipoda*) patřící ke korýšům (*Crustacea*). Jejich tělo je zploštělé na bocích. Kořist chytají prvními dvěma páry končetin, těmi se také zahrabávají do substrátu. Ostatní nohy jsou kráčivé, až na poslední tři páry zadečkových končetin, které používají k plavání a nahánění vody k žábrám (Hartman 2005).

Blešivec potoční (*Gammarus flosarum*) se vyskytuje ve vodách, které mají čistou a chladnou vodu, především v proudících vodách, které jsou dosti prokysličené, z čehož vyplývá výskyt v horních tocích a pramenech typu rheokren (Sedlák 2005). Tento korýš se obvykle vyskytuje ve vysokých populačních hustotách. Tento korýš se vyznačuje výrazným sexuálním dimorfismem (Funk Arcé a kol. 2013). V potravním řetězci vodních ekosystémů hraje důležitou roli rozkladače, protože se živí odumřelou biomasou, konkrétně hrabankou, kterou tak rozkládá (Farrow a Maltby 2000). Proto jej nalezneme v místech, kde je vysoká sedimentace rostlinné biomasy, ukryté pod kameny. Je náročný na obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě (Hartman 2005).

Roztoči (Acari)

Vodule (*Hydracarina*) je jedním z roztočů žijící v tekoucí vodě včetně pramenů. Jejich larvy jsou parazité na vodních larvách hmyzu. Jelikož netvoří populace, nevyskytují se ve větším počtu a tak nikterak neovlivňuje jiné druhy. Tuto čeleď nalezneme v bystřině tekoucích vodách (Hartman 2005).

Pošvatky – Plecoptera

Pošvatky (*Plecoptera*) jsou starobylým řádem. Jejich název je odvozen od skládání křídel dospělců do vodorovné polohy. Dospělci žijí na vegetaci v blízkosti vod, kde se vyvinuli. Nymfy pošvatek se vyvíjejí ve vodě a dělí se na dravce a býložravce. (Kondratieff a kol. 2015).

Proměna larev je nedokonalá. Poznáme je především podle dvou štětů na zadečku. Pošvatky jsou živočichy velmi náročnými na obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a chladnou vodu, proto je často nalezneme v horských tocích a pramenech. Tam se schovávají pod kameny či v různých skulinách. V prameništích nalezneme především rod *Nemoura* (Hartman 2005).

Nadčeleď: *Nemouroidea* (čeleď *Leuctridae*, *Nemouridae*)

Živočichové této nadčeledi jsou býložravci. Larvy nalezneme je výhradně v tekoucích vodách, především v pramenech, ale i ve stojatých vodách, které jsou chladné a mají dostatek kyslíku. Jsou to například hráze rybníků a břehy jezer kamenitým dnem. V těchto biotopech se ukrývají na či pod kameny, ve štěrku a písku. Obývají především vody dobře prokysličené a chladné, proto je nejčastěji nalezneme v pramenech (Raušer 1980).

Tělo larev pošvatek těchto čeledí je válcovité, stejně jako u dospělých jedinců. Hlavním poznávacím znakem (všech pošvatek) jsou 2 výrazné štěty na zadečku. Larvy z těchto čeledí mají na hlavě kusadla, která jsou silná a mohutná (Raušer 1980).

Chrostíci (Trichoptera)

Jejich larvy se vyvíjí ve vodách a to snad ve všech. Larvy některých čeledí si staví schránky ze svého sekretu, jiné zase ne a žijí bez schránky (Sedlák 2005). Tento řád je citlivý na obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě, kterého potřebují mnoho (Hartman 2005). Tyto larvy jsou důležitou součástí potravního řetězce ve vodách, některé druhy jsou všežravé, jiné zase býložravé. Patří mezi indikátory čistoty vody, jelikož jsou netolerantní ke znečištění prostředí, ve kterém žijí (Holzenthall a kol. 2015).

Larvy podřádu *Integripalpia* si staví schránky ve tvaru trubky z různých materiálů. Jsou detritožravé, živý se především odumřelou rostlinou biomasou, například opadaným listím (Holzenthall a kol. 2007).

Čeleď *Limnephilidae* je jedním z nejvíce druhově zastoupeným v mírné oblasti, proto se jim říká severní chrostíci. Jejich vodní larvy si staví přenosné schránky z různého materiálu, z rostlinných, ale i minerálních látek (Chinery 1986).

Tyto larvy mají tendenci být euciformní (houseskovité). Kukly před vylihnutím plavou na hladině. Vývoj trvá kolem jednoho roku (Víteček a kol. 2015).

Larvy čeledi *Sericostomatidae* se vyskytuje téměř všude na světě, s výjimkou ostrovů jako je Austrálie a Nový Zéland. Tyto larvy si staví schránky, které mají podobu zahnuté zužující se trubičky. Většinou jsou z pískových zrn. Obývají především pomaleji tekoucí potoky a prameny. Jejich potravou je hrabankou detrit ze dna (Holzenthal 2015).

Podřád: *Annulipalpia* oproti předchozímu podřádu chrostíků jsou to dravci. Vytváří sítě minerálních zbytků, do kterých chytá svou potravu (Glime 2015).

Larvy čeledi *Polycentropodidae* žijí snad ve vodních biotopech s mírným proudem. Jsou to dravci. Staví si sítě, do kterých lapají své kořisti (Johanson 2012).

Sít'okřídílí – Neuroptera

Je to malý a heterogenní řád. Spolu s řádem *Megaloptera* a *Raphidioptera* představují jednu z nejstarších linií hmyzu s proměnou dokonalou (Zimmernann a kol. 2011).

Brouci – Coleoptera

Larvy brouků obývají různé vodní bitopy. Brouci jsou velmi rozmanití v morfologii, ale i ekologii, včetně jejich larev. Proto jsou považovány za indikátory biologické rozmanitosti, ale jelikož jsou nároční a prostředí, ve kterém žijí, považují se také za indikátory prostředí. Proto jejich larvy můžeme najít i v pramenech (Peréz-Bilbao 2014).

Jedince čeledi *Elmidae* se běžně vyskytují ve všech sladkovodních tekoucích vodách, které jsou dobře prokysličené. Nalezneme tam jak dospělce, tak i larvy. Žijí ve stejném prostředí. Nejčastěji jsou schovaní pod kameny nebo v půdě. Kyslík získávají z vody.

Dvoukřídílí – Diptera

Larvy tohoto řádu jsou bez končetin. Využívají se v různých prostředích, včetně vodního (Sedlák 2005). Vývoj hlavy jejich larev byl ovlivněn především ztrátou končetin, proto má hlava larev různých druhů specializované funkce a je typů eucefální, hemicefální či acefální (Neugart 2009). Larvy žijí hlavně v mělkých

vodách na rozhraní terestrického a vodního prostředí, kde je silné organické znečištění jako například řád tiplicovití (*Tipulidae*) (Hartman 2005).

Nadčeled': *Chironomidea*

Jendou z nejbohatších čeledí vodního hmyzu jsou larvy čeledi pakomárovití (*Chironomidae*). Patří mezi indikátory prostředí a to konkrétně pro detekci znečištěného prostředí (Cortelezzi 2011). Hlavu mají eucefální, tedy s ústním ústrojím kousacího typu. V potravním řetězci patří do významné skupiny. Živí se mrtvou i živou organickou hmotou, jemným detritem, či filtrují uhynulý plankton ve vodním sloupci. Samotné jsou potravou pro ryby. Nalezneme je v tekoucích a především ve stojatých vodách (Hartman 2005).

Nadčeled': *Culicoidea*

Larvy čeledi komárovití (*Culicidae*) žijí především ve stojatých vodách. Dýchají vzdušný kyslík, pomocí dýchacích trubiček na zadečku. Většina larev potravu filtruje, či ji seškrabává z povrchů (Hartman 2005).

3.2 Meiofauna a fauna podzemních vod

Podzemní vodou rozumíme tu, která se přirozeně vyskytuje pod zemským povrchem a to v pásmu nasycení v přímém styku s horninami, jak říká zákon o vodách č. 254/2001 Sb.

Podle Grieblera a kolektivu (2010) hraje ekologický stav podzemních vod důležitou roli, protože poskytuje kvalitní vodu pro lidské potřeby, jedná se o kvalitní zdroj pitné vody, kterých je v dnešní době čím dál méně. Podzemní vody formují další přírodní ekosystémy povrchových vod, jako jsou například mokřady. Proto jsou tyto ekosystémy závislé na její kvalitě a množství, kterým jej ovlivňují (Boulton 2005).

Kolektory podzemních vod určuje kromě hornin hydraulická vodivost a velikost ploch, ve které se podzemní voda pohybuje, protože většími póry proudí lépe. Díky tomu vzniká heterogenní prostředí pro život (Menció a kol. 2014). Podzemní vody jsou složité ekosystémy poskytující útočiště pro mnoho organismů různé velikosti, jedná se o bezobratlé (Griebler a kol. 2010).

Živočichy žijící v podzemních vodách označujeme jako stygofaunu (Schmidt a Hahn 2012). Stygobionti jsou ti, kteří mají úzkou ekologickou valenci, ke svému životu potřebují výhradně podzemní vody, naopak živočichové se širokou ekologickou valencí, tedy ty kteří bez tohoto prostředí dokážou přežít, se nazývají styfilové. Stygoxenové jsou ti živočichové, kteří se v podzemních vodách vyskytují zcela náhodně a krátkodobě (Meció a kol. 2014).

Podzemní vody jsou obecně heterotrofním stanovištěm, protože se vyznačují přibližně stálými podmínkami a to nízkou koncentrací organických látek a živin rozpuštěných ve vodě, stejně tak nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku a především světla z povrchu, proto zde i chybí primární produkce. Tyto abiotické podmínky rozhodují o životě stygofauny v tomto prostředí. Světlo, kyslík či vyšší koncentrace živin obsažených v podzemních vodách může být znemožněno přežívání či dokonce existence této fauny. Vnesením těchto podmínek do podzemních vod je totiž umožněn prostor pro výskyt stygofilní či hypogeické fauny, která díky své vyšší konkurenceschopnosti vytlačuje původní stygofaunu (Schmidt a Hahn 2012). Pro funkci a strukturu ekosystémů podzemních vod je důležité jak jsou zvodně podzemní vody napojeny na povrch, protože mělké zvodně jsou spojeny s povrchem infiltrací srážkových vod, a tak sem vstupují živiny a kyslík (Grieber a kol 2010) Naopak v hlubších zvodních jsou nízké koncentrace (Schmidt a Hahn. 2012). Podle tohoto napojení Hahn (2006) identifikoval tři různé typy stanovišť podzemních vod:

1. Oligo-alimionické stanoviště, ty se vyznačují slabou či žádnou hydrologickou výměnou s povrchovými stanovišti, kyslík je zde v nejnižších koncentracích a živiny téměř žádné, proto se tato prostředí vyznačují častou nepřítomností živočichů.
2. Mezo-alimionické stanoviště, vyznačující se slabou hydrologickou výměnou s povrchem a mírným zásobováním živinami, koncentrace kyslíku jsou průměrné až vyšší. Složení fauny ovlivňuje množství těchto zdrojů, ale skládá se převážně ze stygobiontů.
3. Eu-alimionické stanoviště jsou silně ovlivněny hydrologickou výměnou s povrchovou vodou, jehož výsledkem jsou vysoké koncentrace kyslíku a dobré zásobování živinami, proto je v těchto prostředích fauna velmi bohatá a skládá se ze stigobiontů a

stygoxenů a dalších, kteří díky své vysoké konkurenceschopnosti původní stygobionty vytlačují.

3.2.1 Zástupci

Podtřída Klanonožci (Copepoda)

Klanonožci jsou jednou z nejvýznamnější a druhově nejbohatší skupinou korýšů (Galassi a kol. 2009). V České republice se vyskytují 4 podřády a to vznášivky (*Calanoida*), buchanky (*Cyclopoida*), plazivky (*Harpacticoida*) a podřád bez českého jména *Poecilostoma* (Doležalová 2012). Žádná skupina rostlin ani živočichů na Zemi nevykazuje tak velkou morfologickou rozmanitost mezi korýši (Huys a Boxshall 1992). Každý rod této podtřídy je velmi různorodý a má svá specifika (Huys a kol. 2007). Podle Galassi (2009) představují klanonožci asi 1000 druhů a poddruhů žijící v podzemních vodách. Celkem asi 40% evropských druhů korýšů představuje faunu, která striktně žije v podzemních vodách, tedy stygobionty. Ti dokončují svůj vývoj a životní cyklus v prostředí podzemních vod a tak se vyvinuli specifické morfologické a fyziologické adaptace (Danielopol a kol. 2000).

Klanonožci kolonizovali různé stanoviště podzemních vod, podle toho mají také různorodou tělesnou morfologii, jsou tedy různě adaptovaní na stanoviště, ve kterých žijí, což může být dobrým ukazatelem heterogenity těchto stanovišť. Proto jsou tyto živočichové velmi citliví na antropogenní znečištění jejich vodního režimu.

Díky tomu mohou sloužit jako důležité biologické ukazatele konektivity podzemních a povrchových vod (Malard a kol. 1994).

Tito živočichové obývají v rámci sladkých vod snad všechna stanoviště a to podzemní, periodické ale i rybníky a velká jezera (Schime 2007). Podle Giberta a Deharvenga (2002) nejsou ekologické funkce této skupiny živočichů dokonale známé, ale již dnes je jasné že mohou hrát významnou roli v potravních a ekosystémových sítích podzemních vod hrát. Mezi ně patří:

- 1) Rozklad organické hmoty, kterou přijímají jako potravu na částicovou organickou hmotu
- 2) Samy se stávají potravou makrozoobentické meiotické fauny (např. larev pakomárů, ploštěnek apod.)
- 3) Podporují tok živin mezi povrchovými a podzemními vodami.

V podzemních vodách, kde je málo živin žije málo druhů klanonožců, nicméně eutrofizace tohoto biotopu dramaticky mění složení fauny a přispívá tak k výskytu stygoxenní fauny z této podtřídy. Nicméně směšování se fauny podzemních a povrchových vod v hypogeické zóně, jenž tvoří mezi těmito vodami přechodovou zónu, je přirozeným jevem a přispívá k obohacování přírodních vod. Klanonožci hrají v rámci korýšů jednu z nejdůležitějších rolí při kolonizaci podzemních vod, jiné taxony mají jen málo zástupců, kteří jsou stygobiontní či stygofilní (Schimke 2007).

Živočichové této podtřídy jsou drobné organismy, které se vyznačují dlouhými antanulami pro plavání (Říhová Ambrožová 2007). Hlavohruď tvoří 5-6 článků, na nichž mají vždy pár nožek k plavání, které tvoří dvě větve, poslední 5. Nohy slouží ke kopulaci, zadeček tvoří 4-5 článků, který končí obrvenou vidlicí zvanou furka (Šrámek – Hušek 1954). Hlava (1. článek) nese jedno nepárové naupliové oko. Oplodněné samičky mají na svém zadečku 1-2 vaječné vázky, ve kterých nosí svá vajíčka (Říhová Ambrožová 2007).

Plazivky (Harpacticoida)

Tento řád patří do podtřídy Klanonožci (*Copepoda*). Tito korýši se vyskytují téměř všude na planetě žijí v různých ekosystémech od velmi studených vod včetně těch podzemních až po termální prameny. Mohou žít ale také v dutinách rostlin, meších, půdách a různých vodních ekosystémech (Huys a Boxshall 1991). Podle Štěrby (1964) v pramenech a podzemních vodách vyskytují chladnomilné druhy plazivek. Většinou je nenajdeme ve volném vodním sloupci, nýbrž vždy na dně, kde se pohybují po nějakém podkladu (Hartman a kol. 2005). Tělo má stejnou šířku, tj. zadeček a hlavohruď jsou stejně široké. Mají krátká tykadla, stejně jako vidlice furky, která je také krátká. (Hartman a kol. 2005).

Čeď *Canthocamptidae* kolonizuje především vody povrchové. Obvykle se ale mohou vyskytovat i v podzemních vodách. Tato čeď je výhradně sladkovodní. Druhy čeledi Laophontidae žijí převážně v povrchových vodách. Druhy z čeledi Chappuisidae jsou spíše druhy podzemních vod. Čeď Ameridae má jsou většinou podzemní druhy. Ale u mnoha druhů z této čeledi není ekologie známa (Schimke 2007).

Různonožci (Amphipoda)

Tento řád patřící do korýšů obývá vodní ekosystémy, především ty mořské. Vyskytují se ale i ve sladkých vodách a to i v těch podzemních. Žijí především v čistých vodách, kromě těch podzemních to jsou například horské potoky, prameny a jeskyně (Hrabě 1954). Podle Schimkeho (2007) je z živočichů podzemní fauny tohoto řádu v Evropě známo stovky druhů, ale systematika a fylogeneze jednotlivých skupin je nejasná. Nejčastějším je rod *Niphargus*.

Čeď *Niphargidae* se vyskytuje ve všech typech podzemních vod palearktické oblasti a tvoří tak jeden z hlavních taxonů podzemních vod Evropy (Fišer a kol. 2009). Rod není ještě zdaleka řádně popsán, dodnes jsou objevovány nové a nové druhy (Ntakos a kol. 2015). Vyskytují se na stanovištích s nízkou teplotou vody, která nemá významné teplotní výkyvy. V prostředí jim nevyhovujícím mohou být až čtyři pětiny dne v klidové poloze. Jsou to všežravci, jejich potravu tvoří rostlinné zbytky, různí živočichové, ale i zástupci vlastního rodu (Schimke 2007).

Lasturnatky (Ostracoda)

Třída lasturnatky jsou drobní, několik milimetrů měřící korýši. Mají nečlánkované tělo, které je uzavřené ve skořápce, kterou tvoří dvě chlopně. Vápnité či chitinové skořápky mají různý, nejčastěji zploštělý tvar a různé barvy. Celé tělo i končetiny jsou pokryty chlupy, které jsou velmi citlivé. Ty slouží k hmatu. Oproti jiným korýšům není tělo zřetelně rozděleno na segmenty. Lze je ale rozdělit na hlavu a trup, které jsou uloženy ve skořápce. Hlava, která je největší částí těla nese 4 páry přívěsků (Jančařík 1954). Antenuly, pomocí nichž se ve vodě pohybuje, antény, mandibuly a maxily. Na hlavě je obvykle 1 naupliové oko, některé druhy mají ale i pár složených očí (Yamaguchi a Endo 2003). Trup nese obvykle 3 páry nohou, ty mají různou funkci. Zadeček je zakrnělý, ale i tak tělo končí furkou vidlicového tvaru. Mají obojí pohlaví, nicméně samečků je velmi málo. Samičky snášejí vajíčka, ze kterých se vyvíjí larvy. Ty mají skořápky, stejně jako dospělý jedinci, ale jejich tělo nese pouze dva páry tykadel a mandibuly. Larvy, které se nazývají nauplius, se za svůj vývoj 9 krát svlékají a po každém svlečení mají o jeden pár končetin navíc. Typ rozmnožování závisí na druhu a to je buď partenogenetické či gamogenetické, některé druhy se ale mohou rozmnožovat obojími způsoby. Pro druhy s gamogenetickým rozmnožováním jsou velmi vzácní jedinci samčího pohlaví. Tito živočichové dýchají celým povrchem svého těla (Jančařík 1954). Jako potrava

jim slouží bakterie, organický detrit, zbytky těl živočichů či rostlin fekální pelety, ale i živé organismy (Schimke 2007).

Lasturnatky jsou vodní živočichové, kteří se vyskytují ve všech možných vodních ekosystémech. Jsou především mořští, ale nalezneme je i ve sladkých vodách a to povrchových i podzemních (Schön 2016). Podle Schimkeho (2007) je podzemních lasturnatek mnoho, co do počtu jedinců, tak i druhů. Ty nalezneme v jeskyních, studnách a pramenech. Díky jejich vápnitým skořápkám je dnes nalézáme i jako mikrofosílie (Schön 2016). Přežili totiž několikeré vymírání druhů a na planetě Zemi se některé druhy vyskytují již od prvohor. Díky jejich nepohlavnímu rozmnožování se proto používají k rekonstrukcím jejich evoluce, ale i klimatu (Smith a kol. 2015). Ve vodě nalezneme většinu druhů lézt po dně nebo rostlinách (Hartman a kol. 2005).

Podčeleď *Candoninae* se nejpravděpodobněji vyvinuli již v miocénu. Nejčastěji se vyskytují ve stabilním prostředí podzemních vod. Jejich tělo má různý tvar, může být podlouhlé, tvar ledviny, lichoběžníkové, obvejčité či trojúhelníkovité, ale může být i asymetrické. Skořápka je hladká, bez výstupků či dolíčků (Pipík a Bodergat 2005).

Candidacarina se vyskytuje na různých stanovištích, jako jsou podzemní vody, studny, ale také v hlubokých jezerech, rbnících, močálech, ale také mohou kolonizovat místa periodických vod. Potomstvo produkuje jednou ročně. Ale rozmnožování a vývoj larev jsou velmi závislé na klimatických a přírodních podmínkách. Ve střední Evropě se rozmnožují na jaře. Sexuální dospělost vylíhlých larev je téhož roku na podzim, či na začátku zimy. Dospělý jedinec přežije do jara, kdy se rozmnoží a zemře. Podzemní vody jsou jediným stanovištěm, kde lze najednou najít larvy a jedince dohromady (Schimke 2007).

Máloštětinatci (Oligochaeta)

Jedná se o nejvíce zastoupeného živočicha v našich vodách. Vyskytují se ve stojatých i tekoucích vodách, ve vodách kde je dostatek kyslíku i úplné minimum (Hrabě 1981). V Evropě nalezneme přibližně 170 druhů, z těch jich nalezneme asi 27 v podzemních vodách, ti patří hlavně do čeledi *Lumbriculidae*. Většinou jsou to spíše stygofilové (kromě podzemních vod mohou žít i jinde) než stygobionti. V dobře prokysličené a studené vodě, kde jsou organicky znečištěné

sedimenty se tvoří velké populace. Proto se tyto organismy studují v tocích, které jsou dobře napojeny na podzemní zdroj vody. V případě že chybí nebo je málo rozkladačů jako jsou *Isopoda* či *Amphipoda* na daném stanovišti, jsou volné ekologické niky nejčastěji obsazovány právě druhy z této podtřídy (Schimke 2007).

Tělo je tvořené články, ty jsou bez parapodií. Počet článku je různý a záleží na druhu, je jich však 7 – 200. Každý článek má na sobě štětiny, samostatné či ve svazku. Máloštětinatci jsou obojživelníci a rozmnožují se dělením (Hartman 2005). Štětiny mají různý tvar a hrají významnou roli při určování jedince a jeho zařazení do systému (Hrabě 1954).

Roztoči (*Acari*)

Nejpočetnější skupinou jsou vodule (*Hydrachnidia*). S těmi se můžeme setkat ve všech typech sladkých vod. Všichni vodní roztoči mají různé speciální morfologické adaptace na vodní podmínky, ve kterých žijí. Obecně všichni roztoči mají velkou plasticitu morfologie, která jim umožňuje kolonizovat různá stanoviště. Někteří jsou ale specializovaní na konkrétní stanoviště. Roztoči obývající rybníky a jezera mají adaptaci k plavání, blány a nebo štětiny na nohách. Nalezneme je nejčastěji při dně nebo v rostlinném pásu. Jen málo druhů bychom našli ve volném vodním sloupci. Jiné druhy zase kolonizují tekoucí vody, potoky a řeky. Oproti stojatým vodám jsou zde ale jedinci v menším počtu. Velké množství roztočů je ale speciálně vázáno na prameny. Podmínky, které ale vedli při vývoji k této specializaci vodních roztočů, není zatím z velké části prozkoumáno. Roztoče ale nalezneme i v podzemních vodách, tam obsazují volné niky. Dostávají se tam z bentosu, protože jsou považovány za bentické organismy. Nikdy jich na jednom místě nenalezneme velký počet (Martin a kol. 2007).

Na těle vodních roztočů splývá hlavohruď se zadečkem a tvoří tak celistvé tělo. To má celkem 4 páry končetin. Tento živočich dýchá celým povrchem těla (Hartman 2005).

3.3 Prameniště Lužických hor

3.3.1 Obecně o zájmovém území

Prameny, na kterých byl prováděn výzkum, se nacházejí v Libereckém kraji na rozhraní okresu Česká Lípa a Liberec. Zájmová prameniště leží v katastru

obcí Mařenice a Krompach (Eckhard 2013). Podle plánu péče CHKO Lužické hory (2015) je tato oblast součástí CHOPAV Severočeská křída. Nachází se zde hlavní evropské rozvodí, které vede přes vrcholky Lužických hor. Jedná se o rozvodí Severního a Baltského moře.

Jedním z charakteristických znaků pro Lužické hory je utváření povrchových toků, některé však nejsou napojeny na hladiny podzemní vody, protože dno jejich koryta je výše, než je hladina podzemní vody, proto to často nejsou toky trvalé, ale jen v období vysokých srážek či tání sněhu (MŽP 2015). Jiné toky jsou naopak trvalé. Ty mají koryto ve stejné výšce jako hladina podzemní vody, a proto jsou jí napájeny. Toky patří do povodí I. řádu Labe, II. je povodí Ploučnice, konkrétněji se jedná o povodí Panenského potoka (Eckhardt 2013). Podzemní vody z této oblasti slouží pro zásobování jak českého, tak i německého obyvatelstva pitnou vodou. Němci ale odebírají větší množství. Na české straně se v historii odebíralo až 20 l/s, dnes ale odběry nedosahují ani 10 l/s. Na německé straně se do 90. let odebíralo 120 – 180 l/s a od 90. let asi 50 l/s (Eckhardt 2013).

3.3.2 Studie o těchto vodách

Povrchové toky tvoří mnoho zde vyvěrajících podzemních vod, které vytékají z pramenů. Již v roce 1962 bylo popsáno ve studii Filipa popsáno 695 pramenů, z nichž leží v předmětném území kolem 36 pramenů. Ty byly předmětem zkoumání již od roku 1956. Další prameny, které nebyly ve studii Filipa, uvádí Pištora (1962). Na tyto prameny navazují další studie, které popisují jejich vlastnosti. Například práce Jetelové (1971), která měřila průměrnou roční vydatnost těchto pramenů. Dále se pak zabývala Potužáková (1976) ve své studii hydrologickými a hydrogeologickými poměry povodí Heřmanického potoka a Svitávky, v jejichž povodí leží mnoho pramenů, z nich pro tento výzkum leží v této oblasti 6 pramenů. Jedná se o oblast Krompach-Heřmanice (Eckhardt 2013). V průběhu let vznikaly další a další studie o pramenných vývěrech této oblasti. Poslední následoval velký česko – saský projekt s názvem Grace. Projekt je o společně využívaných podzemních vodách na společném česko – saském pomezí. Cílem projektu bylo zjistit, proč hladina podzemních vod v průběhu několika klesá. Proto se tyto prameny zkoumaly z různých hledisek, jako jsou geologická (stáří těchto vod, vznik, apod.), ale třeba i biologická (zkoumání fauny podzemních vod) a další.

Jak již bylo řečeno, v oblasti Lužických hor se nachází velké množství pramenných vývěrů podzemních vod. Vybrané pramenné vývěry byly hlavním předmětem této práce.

3.3.3 Podzemní vody Lužických hor

Podzemní vody této oblasti to slouží jako zdroje pitné vody, to je důležitou informací při sledování vývoje těchto pramenů. Hladina podzemních vod je zde předmět sledování již od 70. let. Dnes je jasné, že velmi poklesla a to téměř o $\frac{3}{4}$ výšky oproti 70. letem. I tyto podzemní vody jsou ale závislé na zdrojích srážkové vody. Můžeme zde pozorovat odpověď (pokles či zvýšení hladiny) na srážky až kolem 2 let. Kromě srážek má vliv na vývoj podzemní vody i její odběr jako zdroj pitné vody. Na české straně se do 90. let 20. století odebíralo až 20 l/s, dnes ale odběry nedosahují ani 10 l/s, na Německé straně to bylo ale mnohokrát více (do r. 1990 to bylo i 210 l/s, dnes se jedná cca o 87 l/s) (Eckhardt 2013). V různém poměru jsou oba tyto faktory důvodem poklesu podzemní vody. V letech 1993 – 2004 opět hladina narostla a to díky menším odběrům a vlhkým obdobím. Ty opět do roku 2011 poklesly, což souvisí s velmi suchým obdobím kolem let 2003 – 2008. Od roku 2010 hladina opět začala stoupat díky vysokým srážkám od roku 2008. Na podzemní vody má proto velký vliv klima. Vyskytují se zde časté a extrémní změny počasí, střídání sucha a přivalových dešťů. Při vyšších teplotách kdy převyšuje výpar nad vsakem, klesá množství nově vytvořené podzemní vody za poslední rok. Proto je důležitá délka trvání srážek, a jak moc je vlhká nenasycená podpovrchová zóna. Do dnes však zpětně nebylo dosaženo do výšky hladiny jako v letech 1983, kdy bylo podzemní vody nejvíce. Hlavní je ale poznatek, že hladina podzemní vody se zvyšuje díky vsaku srážek (Kalinová a kol. 2014).

3.3.4 Proudění podzemních vod

Podle studie o proudění podzemních vod má tato oblast podzemních vod uzavřený hydrologický cyklus, což znamená, že stejné množství vody, které přitéká se rovná množství té odteklé. Tato oblast má 3 kolektory podzemních vod. Ty jsou odděleny jeden od druhého různě nepropustnými (částečně či vůbec) izolujícími horninami. Tyto vrstvy jsou z jílovců a slínovců, které mají jemná zrna. Oproti kolektorům, které jsou z pískovce, do kterého může být vložen slepenec. Výsledkem modelu proudění je směr proudění v oblasti zájmových pramenů jižní až jihovýchodní, směřuje tedy k Panenskému potoku. Ten je díky erozi zaříznut do

propustného pískovcového hlavního kolektoru, který má mnoho puklin a pórů. To způsobuje, že přímo do Panenského potoka vyvěrá podzemní voda a míchá se tak s tou povrchovou (Kalinová a kol. 2014).

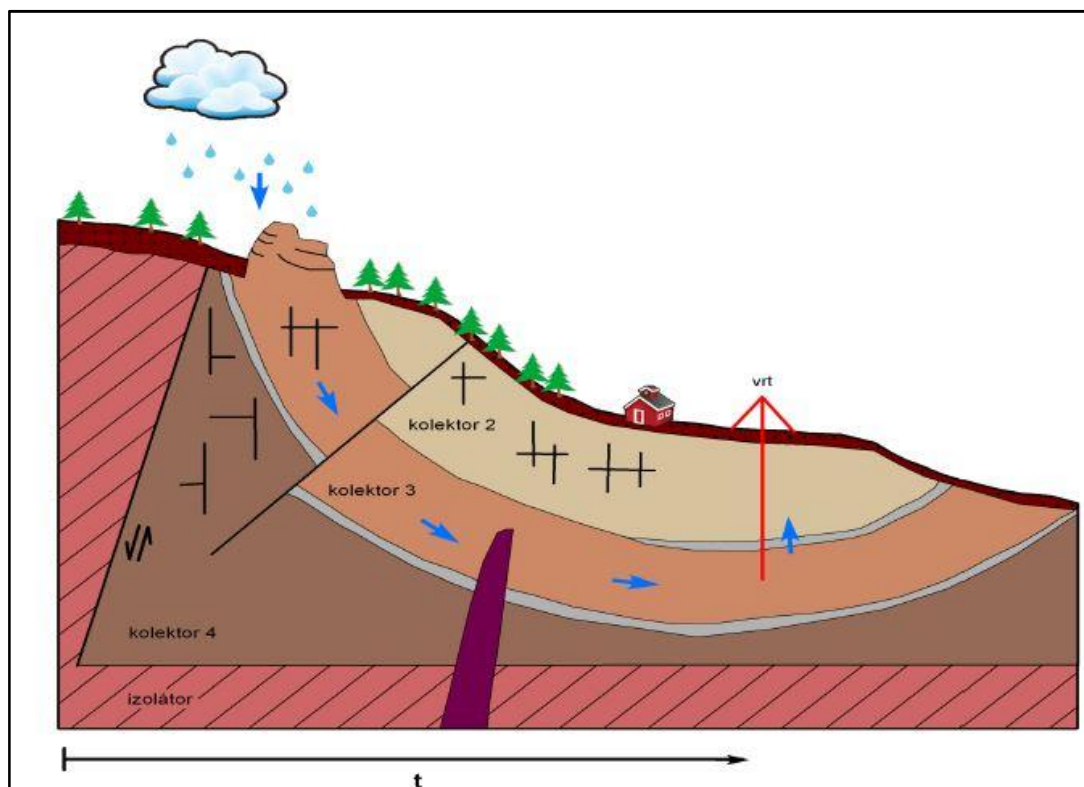
3.3.5 Vznik pramenů (hydrogeologie)

Pramen vzniká výstupem podzemní vody na povrch (Hartman 2005). Kvalita podzemních vod vytékajících z pramenů může být ovlivňována přírodními změnami, jako jsou především srážky. Jedná se o podzemní vody jejich zdrojem napájení těchto vod je z přípovrchových zvodní či kvartérních vrstev. Tyto vody se nacházejí často v prudkých svazích. Naproti tomu prameny, které mají zdroj svrchní i hlubší zvodně, jsou citlivé na činnost člověka, jako například odběry podzemní vody či akumulaci znečišťujících látek (Kalinová a kol. 2014).

Pískovec jako hornina tvoří velké množství pórů a puklin, kterými proudí podzemní vody a v tom tkví hydrogeologický smysl tohoto území (Herčík a kol. 2003). Pískovce jsou proto díky své vysoké poréznosti (tvoří póry a pukliny) velmi dobře propustnou horninou a to zejména pro podzemní vody, které se vyskytují v podloží čtvrtohorních sedimentů (Voigt a kol. 2013).

Spodní část je tvořena pískovcem z období cenomanu. Ta je též nejstarší částí křídového souvrství. Nad touto částí jsou další, které tvoří turonský a coniacký pískovec s mocností 750 m (Voigt a kol. 2013). Tam se vytvořily tři zvodně, jenž jsou oddělené izolátory (nepropustné horniny). Zvodeň A, BC a D. Zvodeň A je z období cenomanu, nad ní BC a D, které tvoří sedimenty období turonu a coniaku. Mezi zvodní A a BC je izolátor, který je odděluje. Ten je tvořen jemnozrnnými pískovci a vložkou ze slínovců. Zvodeň BC je od zvodně D izolována vrstvou z jílu a slínovců (ty jsou z teplicko-březenského souvrství) (Herčík a kol. 2003, Voigt a kol. 2013). Podél Lužické poruchy jsou ale zvodně propojené dohromady, protože zde jejich izolátory mizí (Herčík a kol. 2003). Vzniká tak zvodeň ABC, kterou tvoří pískovce cenomanu a turonu (Herčík a kol. 2003, Voigt a kol. 2013). Na ni navazuje izolátor, na němž je nejvyšší zvodeň D ze svrchního turonu. Lokálně můžeme nalézt výrony podzemní vody na povrch, protože v nadzemní části turonské zvodně se vyskytují méně propustné horizonty (Voigt a kol. 2013). V rámci celé křídové pánve turonský kolektor BC vykazuje vysoký potenciál pro tvorbu podzemní vody a to díky velké propustnosti (Herčík a kol. 2003, Voigt a kol. 2013). Podzemní voda těchto

kolektorů je ve styku s povrchovou vodou, a proto má velký význam jako zdroj pro kvalitní pitnou vodu (Obrázek č. 1) (Kalinová a kol. 2014).



Obrázek č. 1: Kolektory podzemních vod (Eckhardt 2013).

Pomocí stanovení tritium bylo odhadnuto, že podzemní vody v této oblasti jsou různě staré. Některé velmi mladé (ne starší než 10 let) ale i vody stará (stáří více než 50 let). Rozdílnost stáří vod je zapříčiněno různými zdroji kolektorů (Šimek 2014).

3.3.6 Geologie

Oblast Lužických hor je tvořena křídovými pískovci. Nahází se na severním okraji většího geologického celku České křídové pánve. V důsledku tektonické a vulkanické činnosti jsou velké změny charakteru na lokální úrovni. V mladších třetihorách došlo k tektonickým poruchám, v důsledku nichž byly pískovce rozbity a nasunuty na sebe. Důsledkem vulkanické činnosti je proražení čedičových žil. Dokladem toho jsou vrchy Luž a Hvozd (MŽP 2015).

Podloží je platformního pokryvu, to patří do lužické oblasti. Kontaktně metamorfované pískovce jsou dalším dílem vulkanické činnosti. Tak vznikly i sloupcově odlučné pískovce.

Podloží křídových sedimentů tvoří horniny krystalinika. Na severním okraji je tvořeno lužickou poruchou. Když se křídové sedimenty usadily, tak by aktivován severní blok lužického masívu, který se skládá zejména z žul a granitoidů a je nasunut na pískovce. Zbylý povrch je tvoře většinou sedimenty z období kvartéru, které mají malou mocnost. Na jihu je tvořen i spraší. V okolí vodních toků se tvořily nivní sedimenty, které jsou pozůstatkem poslední doby ledové. Oblast má velký hydrogeologický význam, a to protože komplex je tvořen pískovcem, který má velké množství pórů a puklin, kde se dobře akumuluje podzemní voda (Voigt a kol 2013).

3.3.7 Klimatické podmínky

Srážky jsou hlavním zdrojem vodního režimu. Tato oblast má mírné oceánské klima. Díky poloze tohoto území má výrazně kontinentální podmínky, to se projevuje vyššími teplotními rozdíly mezi ročním minimem a maximem. Lužické hory se od severního předhůří příkře zvedají a proto se zvyšují i srážkové úhrny. Ty dosahují o 800 až 960 mm, a na vrcholcích které mají kolem 800 m n. m. se dají naměřit srážky i kolem 1000 mm za rok. Tato oblast je charakteristická a náhlé vysoké srážkové úhrny, protože jsou zde zadrženy místními povětrnostními podmínkami. V letních obdobích intenzita srážek ještě roste. Takové klima je velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje vodní režim (Kalinová a kol. 2015). Průměrná roční teplota pro tuto oblast je 5,5°C a průměrný roční úhrn srážek je 878 mm (OPRL 2000).

4 Metodika

shsyh

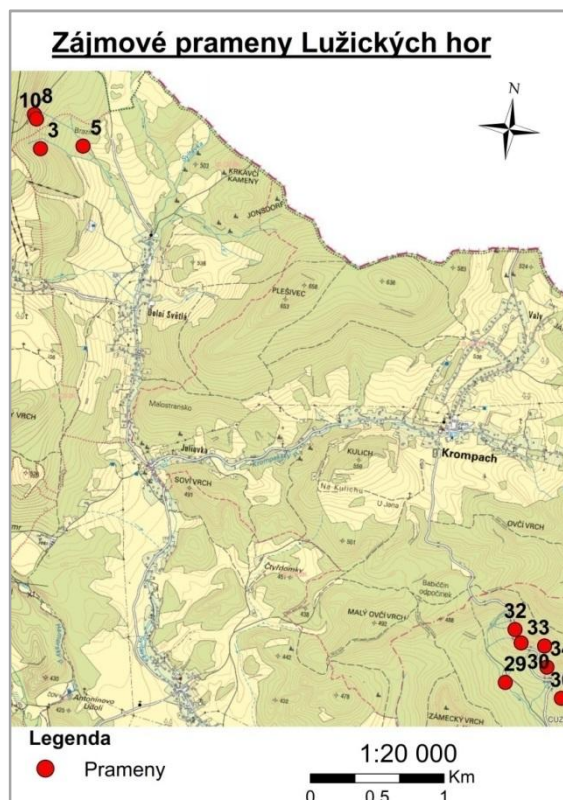
4.1 Popis odběrových míst

Pro tento výzkum bylo vybráno deset pramenů, jednalo se ty, které byly předmětem zkoumání v mé bakalářské práci. Konkrétně se jedná o pramenné vývěry v oblasti Lužických hor, typu rheokren. Ty se nacházejí ve dvou pramenných oblastech a to u Myslivny, kde se v nadmořské výšce přibližně 600 m n. m. nacházejí 4 prameny a oblast Krompach – Heřmanice s 5 prameny v nadmořské výšce kolem 400 m n. m. (Obrázek č. 2). Jedinou změnou oproti bakalářské práci je pramen č. 25 Pod Kulichem, na který nebyl vhodný přístup, a proto byl tento pramen nahrazen pramenem č. 29 s názvem Babiččin odpočinek. Přehled všech pramenů včetně jejich souřadnic nalezneme v tabulce č. 1.

Na základě dat z průzkumu pramenných vývěrů v oblasti Lužických hor z projektu GRACE byla postavena i tato studie. Použity byly zejména údaje o lokalizaci (souřadnice GPS) a průtoky. Převzata byla také čísla ID pramenů (tabulka č. 1).

Tabulka č. 1: ID, název a souřadnice zkoumaných pramenišť.

Číslo ID	Název	Souřadnice WGS 1984	
		N	E
3	Pod buky	50,843317	14,654767
5	Nad pasekou	50,84375	14,654917
8	Myslivny pod jímáním	50,8455	14,653817
10	U smrku	50,845017	14,654083
29	Babiččin odpočinek I	50,845017	14,653817
30	Babiččin odpočinek II	50,8146	14,712233
32	U oplcenky	50,81545	14,7114
33	4. Propustek	50,814633	14,714983
34	Vodopád u Heřmanic	50,8131	14,715333
36	V borůvčí	50,8113	14,717483



Obrázek č. 2: Mapa zájemových pramenů.

V každém z pramenů byl prováděn odběr podzemní a bentické fauny, kontinuální měření teploty pomocí teplotních čidel, které byly v pramenech instalovány, měření fyzikálně chemických parametrů jako je kyslík, konduktivita a pH, dále pak z odebraných vzorků vody byla zjišťována koncentrace jednotlivých chemických ukazatelů. Časový harmonogram, všech prací prováděných v terénu nalezneme v tabulce číslo 2. Postup všech prací nalezneme v dalších kapitolách.

Tabulka č. 2: Časový harmonogram činností v terénu.

Datum	Činnost
5.4.2015	instalace teploměrů
30.5.2015	odběr bentické fauny
12.9.2015	měření průtoků, odběr bentické fauny
17.10.2015	odběr podzemní fauny
20.12.2015	odběr podzemní fauny
14. 2. 2016	odběr vzorků vody, měření kyslíku a průtoků
14. 2. 2016	odběr bentické fauny
15. 2. 2016	stanovení koncentrací chemických ukazatelů v lab.
27. 2. 2016	odběr podzemní fauny
27. 2. 2016	sundání teploměrů, měření konduktivity

4.2 Odběr bentické fauny

Odběr bentické fauny v terénu byl prováděn celkem třikrát a to 30. 5. 2015, 12. 9. 2015 a 14. 2. 2016.

Pro prvotní náběry substrátu byl použit obyčejný kuchyňský cedník s hustotou ok 1 mm, kterými bylo provedeno celkem 6 náběrů pro každý pramen, tak aby byla rovnoměrně zastoupena celá plocha prameniště. Obsah cedníku byl převeden do plochého síta o hustotě ok 0,5 mm, kde byl vzorek promyt a odstraněn z něj detritus a jiný drobný materiál. Odtud byla vybírána fauna pomocí pinzety. Ta byla umístěna do světlé misky s čistou vodou. Po dokončení náběrů byl veškerý obsah světlých misek převeden do polyethanolové vzorkovnice, kde byly živočichové fixovány pomocí technického lihu s vodou v poměru 1:3 (1díl vody: 3 dílům lihu) pro následnou laboratorní determinaci. V případě že bylnalezeni živočichové z třídy *Turbellaria*(ploštěnky), byli umístěni do skleněných vzorkovnic s pramenišní vodou. Tyto vzorky se nefixovaly, nýbrž byly uchovávány živé, a to v chladničce s otevřeným víkem pro dýchání.

Determinace byla prováděna v laboratoři pomocí binolupy značky Olympus SZ51 Postup byl shodný s metodikou mé bakalářské práce (Šindelářová 2014).

4.3 Odběry podzemní fauny

Odběr bentické fauny v terénu byl prováděn celkem třikrát a to 30. 5. 2015, 12. 9. 2015 a 14. 2. 2016.

Výroba lapače

Pro odběr této fauny byly nejprve konstruovány specializované lapače. Ty byly zhotoveny podle vzoru používaného lapače německého institutu pro ekologii podzemních vod „Institut für Grundwasserökologie IGÖ GmbH, Universität Koblenz-Landau“. Ty byly ušity ze síťoviny o průměru ok 60 μm . Tvar lapače je kuželovitý, jedna strana kuželu byla rovná, aby ve vodorovné poloze pasovala ke dnu. Švy byly šity pomocí takzvaného dutého stehu, aby bylo zamezeno projití fauny dírkami po niti. Otvor byl zpevněn silnějším drátem, ten byl nasunut do ušitého tunýlku, proto aby držel tvar. Konec lapáku tvoří ustřižená špička, do které navazuje trubička, která připojuje lapák přes víčko do polyethylenové lahve. Gumová trubička o průměru 4 mm, která byla zakoupena v akvaristických potřebách. Ta je na ušitý lapák přilepena pomocí tavné pistole, byla použita i na lepení trubičky k víčku láhve. Před

přilepením trubičky byly ve víčku (prům.10 cm) vyvrtány, které byly přelepeny síťovinou a to proto, aby po naplnění lahve vodou mohla odtékat a zároveň chycení živočichové zůstali v lahvi.

Instalace lapače do pramene

Lapač by měl být instalován co nejblíže vývěru, protože tím je větší pravděpodobnost zachycení podzemních živočichů. Plochou částí byl připevněn ke dnu, pomocí kamínků, či větviček. V pramenech, které měly větší průtok, hrozilo by odplavení lapače, byl přichycen ke kořenům rostlin pomocí drátků. V případě že odtok od vývěru měl pouze malý průměr stružky, je možné lapač otočit a instalovat ho plochým dnem nahoru, protože půlkruhový tvar odpovídá tvaru koryta. Lapače byly instalovány v pramenech po dobu 12 hodin. Doba by kvůli dalšímu hodnocení, např. kvantity fauny, měla být srovnatelná. V zimním období bylo dbáno na to, aby lapače nezamrzaly. Bylo dbáno na to, aby lapače nebyly instalovány v době mrazů, protože by mohly zamrznat. Při přichycení sítěk byly většinou prázdné lahvičky vzdýmány na hladinu, proto je potřeba je zatížit, například kamenem.

Zpracování vzorků

Po 12 hodinách byly lapače vyjmuty. Víčka se sítěkami byly odšroubovány od láhve a nahrazeny neporušenými. Celá lahev i se sítěkou byla vložena do igelitového sáčku, který byl dobře utěsněn a popsán číslem pramene.

Pro další zpracování vzorků bylo nutné vyrobit síto, přes které byla filtrována veškerá používaná vodovodní voda, aby se zamezilo obohacení vzorků o případnou faunu, která by se ojediněle mohla vyskytovat ve vodovodní vodě. Síto bylo dále použito pro přefiltrování odebrané vody.

V domácích podmínkách byly sáčky rozdělány, a i se sítěkou propláchnuty v míse. Veškerá voda, která se používala na proplach, byla nejprve přefiltrována přes síto. Následovně byla voda z mísy opět přefiltrována přes síto, nyní bylo ale důležité to, co zůstalo v sítu. Stejně tak se přefiltrovala i voda z lahví. Obsah, který zůstal v sítu, byl pomocí stříčky odplaven do lahvičky a doplněn technickým lihem v poměru 1:3 (voda:lih). Takto byly vzorky připraveny pro detailnější zkoumání a determinaci v laboratoři.

Následně v laboratoři byl každý vzorek zvlášť prohledán. Nalezení jedinci fauny každého vzorku byly tříděny na makrozoobentos (jedinci velikostí >1 mm, zřejmě povrchová fauna, jenž se do sítě dostala s vodou), ten byl determinován a další faunu, která byla oddělena a uchována pro podrobnější zkoumání a determinaci. Byla použita Petriho miska, na které byl pro lepší orientaci z vnějšího dna nakreslen kříž, dále skleněné zkumavky pro uchování vzorků fauny, které opět byly zafixovány lihem. Dále byla použita pinzeta, stříčka a jemná pipeta.

Každý vzorek se nejprve opět přefiltroval přes síto (hustota ok 60 μm), jehož obsah byl pomocí stříčky převeden do Petriho misky. Průzkum každého vzorku byl učiněn pomocí binolupy značky Olympus SZ51 (zvětšení 3x10). Nalezení jedinci podzemní fauny byly roztříděny do označených skleněných lahvíček a zakonzervovány technickým lihem, opět v poměru 1:3 s vodou. Následovala determinace jednotlivých živočichů pomocí klíče pro určování podzemní fauny Německa (Schimke a kol 2007) a Klíč k určování zvířeny ČSR I (Hrabě a kol. 1954).

4.4 Stanovení a vyhodnocení chemicko- fyzikálních parametrů

4.4.1 Stanovení ukazatelů chemicko–fyzikálních parametrů

Chemicko-fyzikálních parametry byly stanovovány pomocí několika ukazatelů a to chemických koncentrací amonných iontů, dusitanů, dusičnanů, celkového fosforu, pH, konduktivity, nasycení kyslíkem a teploty vody.

Pro zjištění koncentrací jednotlivých chemických ukazatelů bylo nutné provést odběr vzorků prameništní vody. Ta byla odebrána do půllitrových pet-lahví od neochucených nesycených nápojů. Voda byla maximálně den uchována ve tmě a chladu (v lednici) a následovně byla v laboratoři stanovena koncentrace pomocí spektrofotometrické metody.

Metoda spektrofotometrie

Spektrofotometrie je chemická analytická metoda pro stanovení koncentrace různých látek ve vzorku vody. Koncentrace je měřena na základě pohlcení projitého světla o známých vlnových délkách. Nejprve se měří takzvaný slepý vzorek poté vzorek s činidly, který se zabarví podle množství sledované. Měří se tedy množství projitého světla oproti slepému vzorku.

Amoniakální dusík $N-NH_4^+$ (indofenolová metoda):

Odebraný vzorek byl v laboratoři přelit do 40 ml odměrné baňky, do které se přidaly 4 ml vybarvovacího činidla a 4 ml alkalického roztoku. Odměrná baňka se promíchala, doplnila destilovanou vodou po rysku na 50 ml a nechala stát 60 minut. Poté se směs změřila ve spektrofotometru při vlnové délce 655 nm v 1 cm kyvetě (ČSN ISO 7150-1, 1994).

Dusitanový dusík $N-NO_2^-$ (molekulární absorpční spektrofotometrická metoda):

Odebraný vzorek byl v laboratoři přelit do 40 ml odměrné baňky, do které se přidal 1 ml vybarvovacího činidla. Odměrná baňka se promíchala, doplnila destilovanou vodou po rysku na 50 ml a nechala stát 20 minut. Poté se směs změřila ve spektrofotometru při vlnové délce 540 nm v 1 cm kyvetě (ČSN EN 26777, 1995).

Dusičnanový dusík $N-NO_3^-$ (molekulární absorpční spektrofotometrická metoda):

5 ml odebraného vzorku bylo přelito do odměrné baňky, kam bylo přidáno 5 ml 0,1M HCl a promícháno. Po 5–15 minutách byl vzorek převeden do výšky 1 cm do kyvety a měřen ve spektrofotometru při vlnové délce 220 nm. Poté opět převedeme vzorek do kyvety do výšky 1 cm a změříme absorbanci vzorku při vlnové délce 250 nm. Nakonec je nutné odečíst absorbanci při vlnové délce 220 nm od absorpance při 250 nm (ČSN 75 7455, 2009).

Celkový fosfor P_c (Spektrofotometrická metoda stanovení rozpuštěných orthofosforečnanů):

Odebraný vzorek byl přelit do 40 ml odměrné baňky, do které se přidalo pár kapek H_2SO_4 a 4 ml peroxodisíranu. Připravený vzorek se vařil 30 minut a objem směsi se po celou dobu udržoval pomocí destilované vody na 20–30 ml. Po vychladnutí se směs přelila do 50 ml odměrných baněk, do nich se následně přidal 1 ml kyseliny askorbové, 2 ml kyselého roztoku molybdenanu amonného, celá směs se zamíchala a doplnila po rysku destilovanou vodou. Absorbance se měří po 15 minutách ve spektrofotometru při vlnové délce 880 nm ve výšce 1 cm kyvety (ČSN EN ISO 6878, 2005).

Z fyzikálních ukazatelů bylo v terénu měřeno pH, nasycení kyslíkem a konduktivita. Pro měření pH v laboratoři byl použit přenosný přístroj EXTECH. To

bylo měřeno dne 14. 2. 2016. Pro měření konduktivity byl použit přenosný přístroj firmy WTW, která byla v terénu měřena dne 27. 2. 2016 a pro měření nasycení kyslíkem, které bylo taktéž měřeno v terénu pomocí přenosného přístroje firmy INSA a to dne 14. 2. 2016.

Teplota

Teplota byla měřena kontinuálně pomocí teploměrů značky HOBO. Ty byly instalovány do vývěru každého pramene pod vodu a uchyceny tak, aby nebyly odplaveny, či se nedostaly na povrch a to na kořen stromů, kusu klacku či zatíženy kamenem. Tyto teploměry zaznamenávaly teplotu prostředí každých 5 hodin. Instalovány byly tak, aby interpretovaly každé období v roce, tj. teplé i studené, v případě této studie od 5. 4. 2015 do 27. 2. 2016.

Teploty, které teploměry zaznamenaly, byly převedeny do počítače přes speciální konektor určený pro tyto teploměry a to pomocí softwaru HOBOWARE. Dále bylo s těmito daty pracováno v programu MS Excel.

Vydatnost pramenů

Vydatnost pramenných vývěrů byla měřena ve většině případů pomocí měrné nádoby a přelivného profilu. Měřilo se naplnění určitého objemu za jednotku času. To se pro každý pramen opakovalo pětkrát. Na každém z pramenů se měřilo celkem třikrát naplnění známého objemu za čas, průměrováním z těchto pěti hodnot byl vypočítán průtok. U pramenů, kde nebyl přepad, či nešel vytvořit, byl průtok pouze odhadnut pomocí plovoucího klacíku, tedy vzdálenost vykonanou za jednotku času.

5 Výsledky

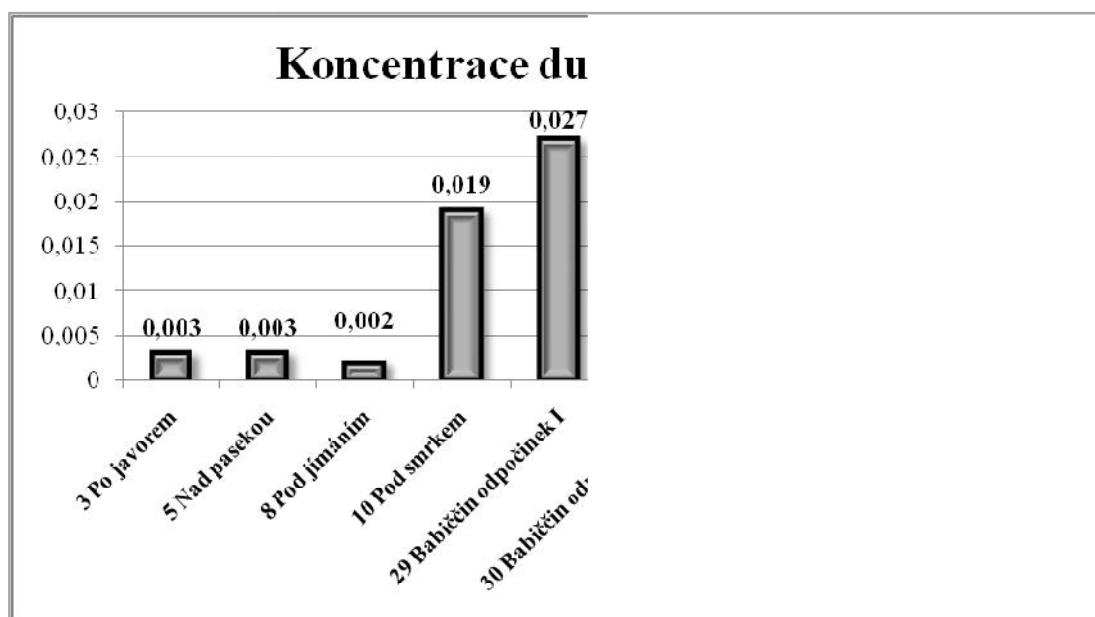
5.1 Fyzikální a chemické vlastnosti vody

5.1.1 Chemické ukazatele

Koncentrace jednotlivých chemických ukazatelů byly měřeny pro orientační zjištění. Ty můžeme vidět na obrázcích č. 3 – 6.

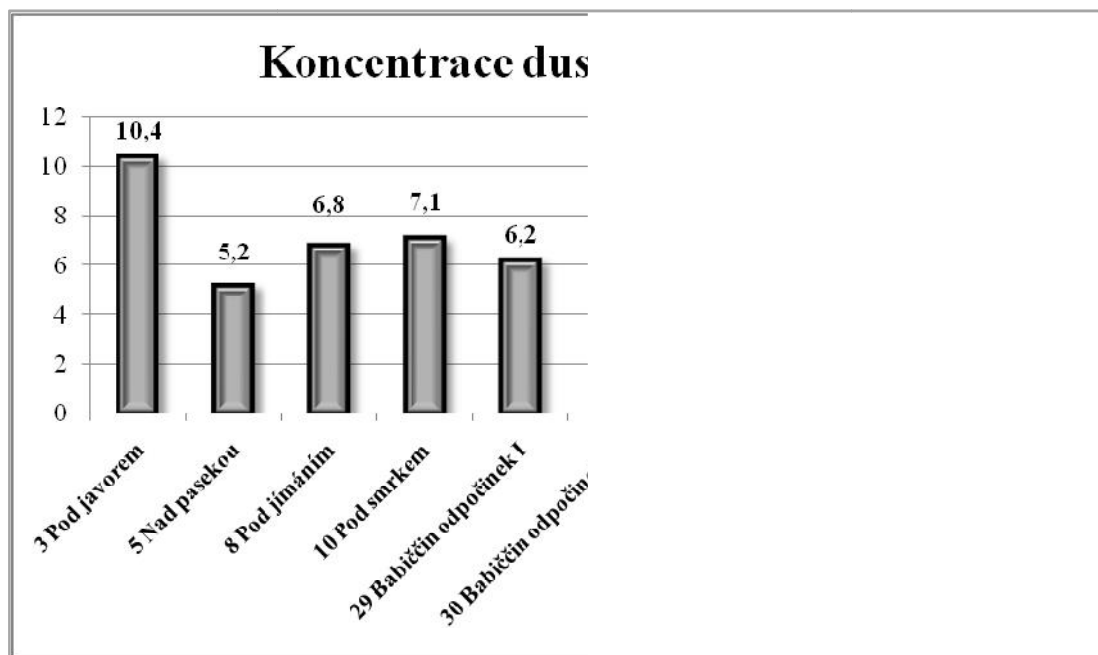
Koncentrace amoniaku jsou velmi nízké, některé dokonce pod prahovou hodnotou stanovení koncentrace. Nejvyšší koncentraci (0,2 mg/l) má však pramen č. 10 **Pod smrkem**, další zvýšené koncentrace (0,1 mg/l) u pramenů č. 5, 29 a 32 jsou patrné z přílohy číslo I obrázek 1. Pro porovnání, limitní koncentrace pro 1. třídu povrchových vod je 0,3 mg/l.

Koncentrace dusitanů byly opět velmi nízké (0,001 – 0,003 mg/l). Vymykaly se ale prameny **Pod smrkem** (č. 10) s koncentrací 0,019 mg/l a **Babiččin odpočinek** (č. 29) s koncentrací 0,027 mg/l, které jsou oproti ostatním pramenům vyšší jak je vidět na obrázku č. 3.



Obrázek č. 3: Koncentrace dusitanů (mg/l).

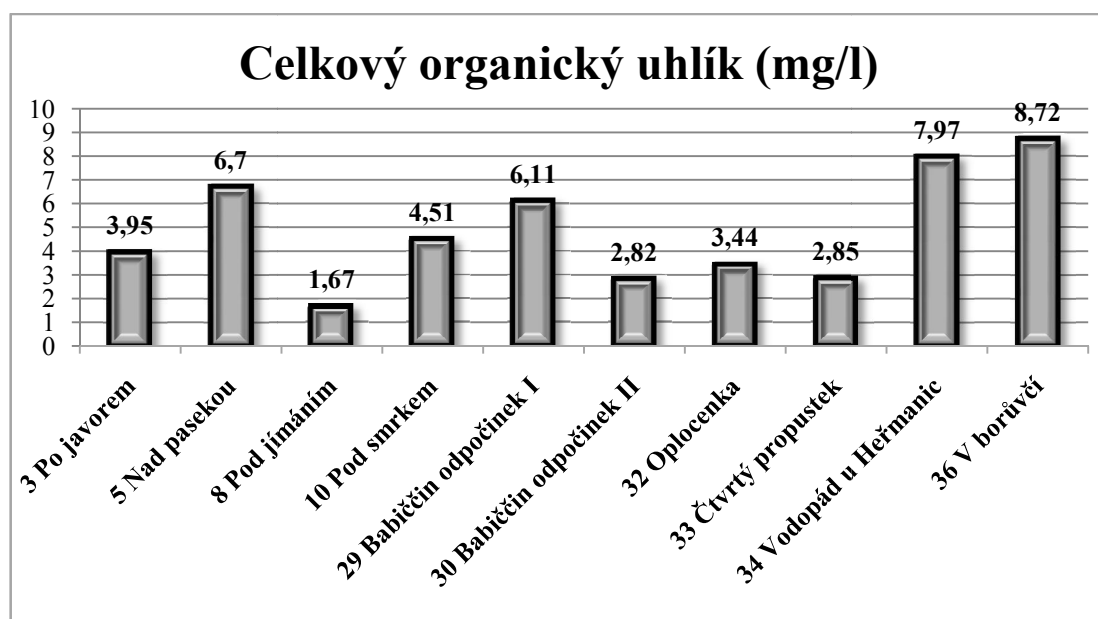
Koncentrace dusičnanů byla ve všech pramenech opět nízká. Nejvyšší hodnota byla naměřena u pramene č. 3 - **Pod javorem** a to 10,4 mg/l. (Obrázek č. 4)



Obrázek č. 4: Koncentrace dusičnanů v mg/l.

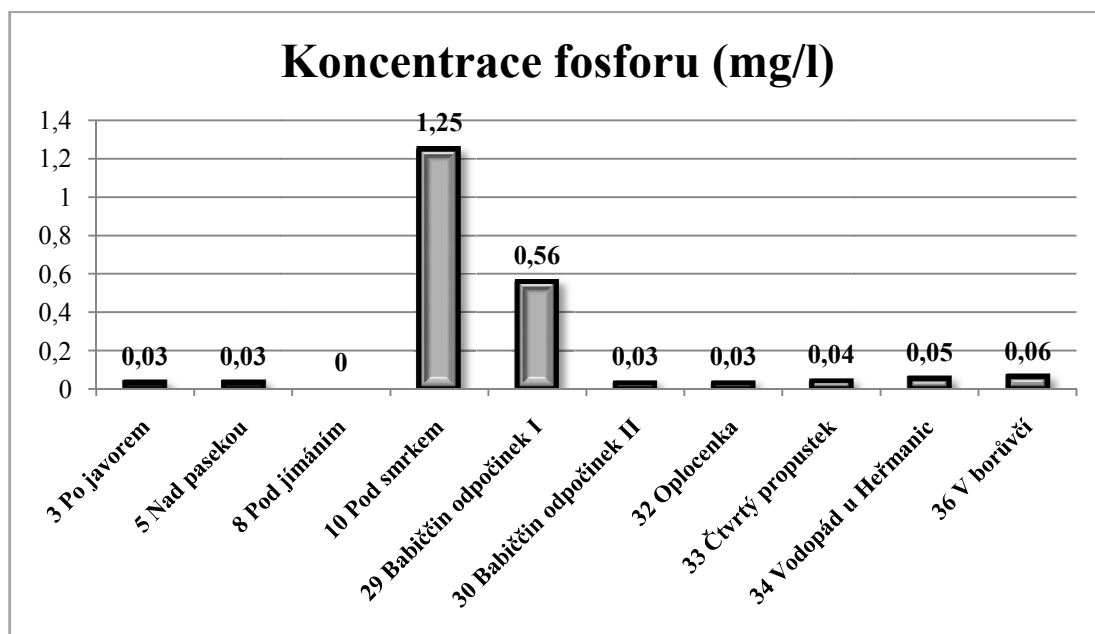
Celkový organický dusík byl celkem vysoký. Pohyboval se v rozmezí 1,15 – 2,05 mg/l, koncentrace je tedy ve všech pramenech přibližně stejná. Nejvyšší hodnotu měl pramen č. 3 **Pod javorem** s koncentrací 2,05 mg/l.

Koncentrace celkového organického uhlíku je v pramenech různá. Nejnižší byla naměřena v prameni č. 8 **Pod jímáním** (1,67 mg/l), velmi nízká je pak ještě u pramenů č. 3, 10, 30, 32, 33. Vysoká, i oproti ostatním pramenů byla koncentrace u pramene č. 36 **V borůvčí**, kde bylo naměřeno 8,72 mg/l, jak je vidět v obrázku č. 5.



Obrázek č. 5: Koncentrace celkového organického dusíku v mg/l.

Fosfor měl u všech pramenů velmi nízkou koncentraci, jak je vidět v obrázku č. 6. U pramene č. 8 **Pod jímáním** byla téměř neměřitelná. Naopak u pramenů **Pod smrskem** a **Babiččin odpočinek I** byla naměřená koncentrace oproti ostatním výrazně vyšší.



Obrázek č. 6: Koncentrace fosforu v mg/l.

Pramen číslo 3 **Pod javorem** měl nejvyšší naměřenou koncentraci celkového dusíku (2,05 mg/l), s čímž se pojí i nejvyšší koncentrace amonných iontů a dusičnanů. Koncentrace dusičnanů byla 10,4 mg/l, podle níž by tedy pramen patřil do II. třídy povrchových vod (čistá voda). Pramen **Nad pasekou** s číslem 5 by se tedy dal považovat dle naměřených hodnot za čistou vodu. Zvýšená byla pouze koncentrace organického dusíku, stejně tak jako ve všech pramenech. Tento pramen měl nejvyšší naměřenou koncentraci organického uhlíku v oblasti Myslivny. Tato koncentrace ale není nikterak vysoká. Pramen číslo 8 **Pod jímáním**, měl jednu z nejnižších naměřených koncentrací celkového organického dusíku i uhlíku.

I tak se ale jedná díky těmto naměřeným hodnotám o kategorii vody, kterou bychom mohli zařadit do II. třídy povrchových vod. Pramen **Pod smrskem** měl nejnižší naměřenou koncentraci celkového organického dusíku, ale již zvýšenou koncentraci dusičnanů. V tomto prameni byla naměřena velmi vysoká koncentrace fosforu 1,25mg/l.

Pramen číslo 29 **Babiččin odpočinek I** měl koncentraci amonných iontů téměř neměřitelnou. Naopak zde byla naměřena nejvyšší naměřená koncentrace

dusitanů, díky které by pramen patřil do III. třídy (mírně znečištěná voda), v tomto případě se však jedná spíše o informativní hodnotu. I v tomto prameni byla naměřena vysoká koncentrace fosforu s hodnotou 0,56 mg/l. **Babiččin odpočinekII**, pramen s číslem 30, měl všechny chemické ukazatele s nízkou koncentrací. Pramen číslo 32, **Oplocenka**, měl stejně jako předchozí pramen všechny naměřené ukazatele s nízkou hodnotou. Pramen **Čtvrtý propustek** s číslem 33 měl vyšší koncentraci dusičnanů 8,6 mg/l, i tak má ale pramen čistou vodu. **Vodopád u Heřmanic** číslo 34 měl nejvyšší naměřenou koncentraci celkového organického dusíku (1,89 mg/l) v oblasti Krompach – Heřmanice. Zde byla naměřena jedna z nejvyšších koncentrací i organického uhlíku (7,97 mg/l). **Pramen V borůvčí** číslo 36 měl nejvyšší naměřenou koncentraci organického uhlíku 8,72 mg/l a druhou nejvyšší koncentraci dusičnanů(8,9 mg/l), díky které by pramen patřil do III. třídy povrchových vod (mírně znečištěná voda).

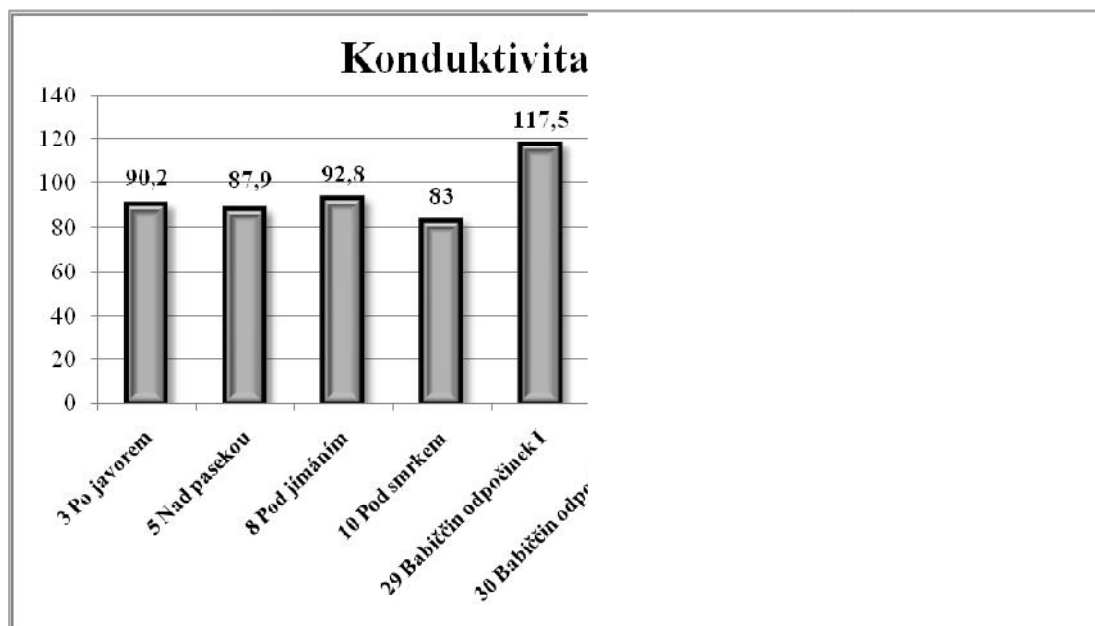
5.1.2 Fyzikální ukazatelé

pH

Voda všech pramenů byla mírně kyselá jak je vidět v příloze č. I obrázku č.2. Jejich pH se pohybovalo v rozmezí 5,5 – 6. Nejkyselejší byl pramen č. 36 **V borůvčí** (pH 5,53).

Konduktivita

Používá se ke zjištění obsahu rozpuštěných látek. Nejvyšší naměřenou konduktivitu měl pramen č. 34 **Vodopád u Heřmanic**, který měl 132 $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$. Nejnižší naměřenou hodnotou bylo 83 $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ u pramene **Pod smrkem** (č. 10). Pramenná oblast Myslivny, má mnohem nižší naměřené hodnoty než oblast Krompach – Heřmanice, jak je vidět z obrázku č. 7.



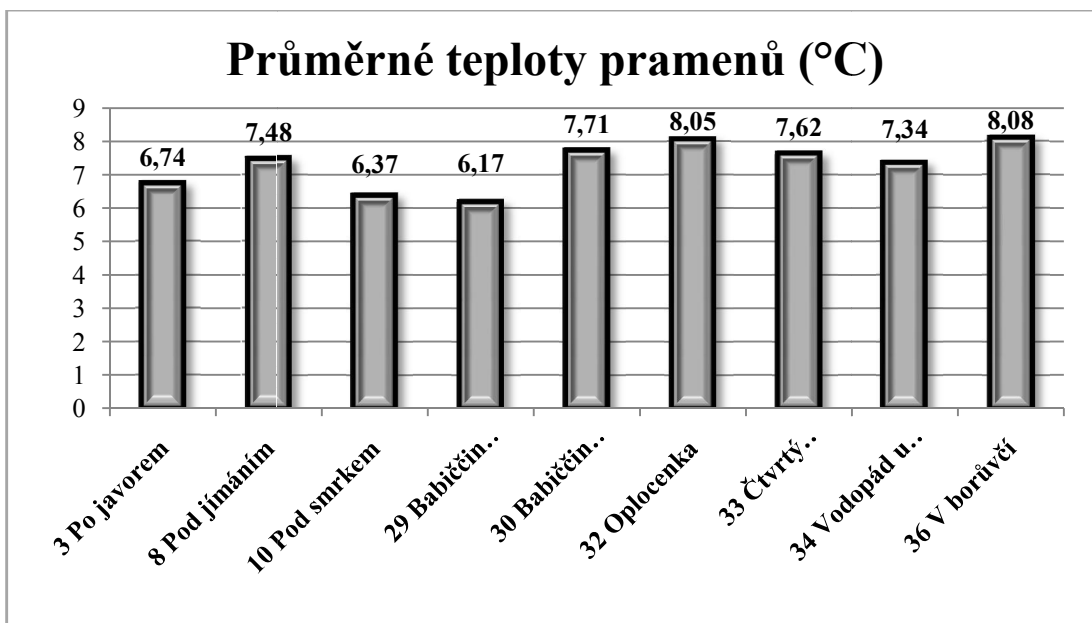
Obrázek č. 7: Konduktivita (MS*m⁻¹).

Kyslík

Všechny naměřené koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě odpovídají hodnotám okolo 100% nasycení vody. Výjimkou byl ale pramen č. 29 **Babiččín odpočinek I**, saturace kyslíkem byla ve výši 73% (to odpovídá 9,17 mg/l kyslíku).

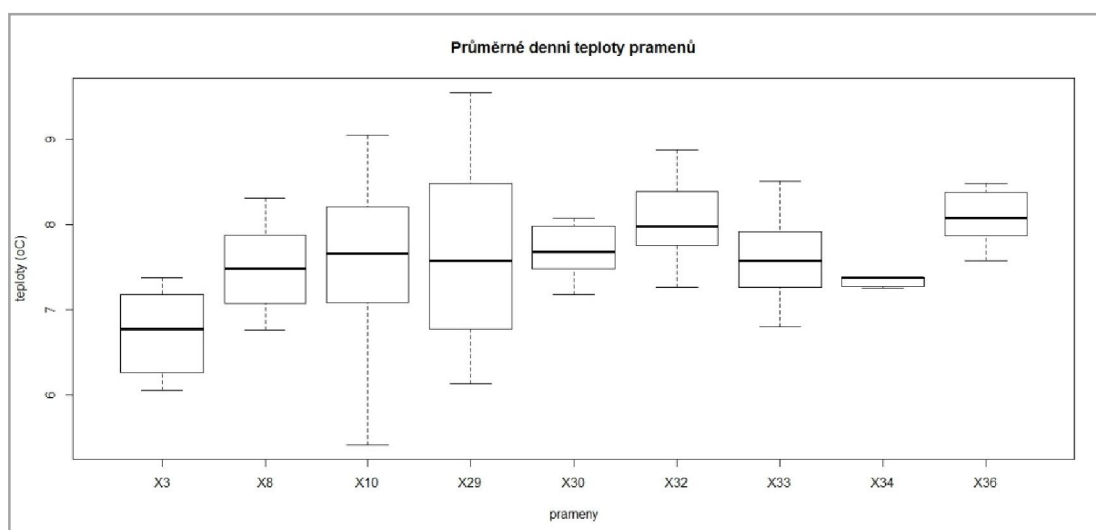
Teplotní průběh

Do každého pramene byl ponořen teploměr, který každou hodinu zaznamenával teplotu prostředí. Výkyvy jednotlivých teplot jsou patrné z obrázku číslo 8. Nejchladnějším byl pramen **Babiččín odpočinek** (č. 29) s průměrnou naměřenou teplotou 6,17°C. Naopak nejteplejším byl pramen **V borůvčí** (číslo 36) s průměrnou naměřenou teplotou 8,08°C. Z grafu je patrné, že podoblast Myslivny má nižší naměřené průměrné teploty než podoblast Krompach – Heřmanice. I když byla teplotní čidla zcela nabitá a baterie měla vydržet rok, v průběhu roku se některé vybily, jednalo se o prameny č. 3, 29 a 10. V prameni číslo 8 teplotní čidlo nebylo nalezeno vůbec, proto odtud data o teplotách v průběhu roku chybí.



Obrázek č. 8: Průměrné teploty pramenů (°C).

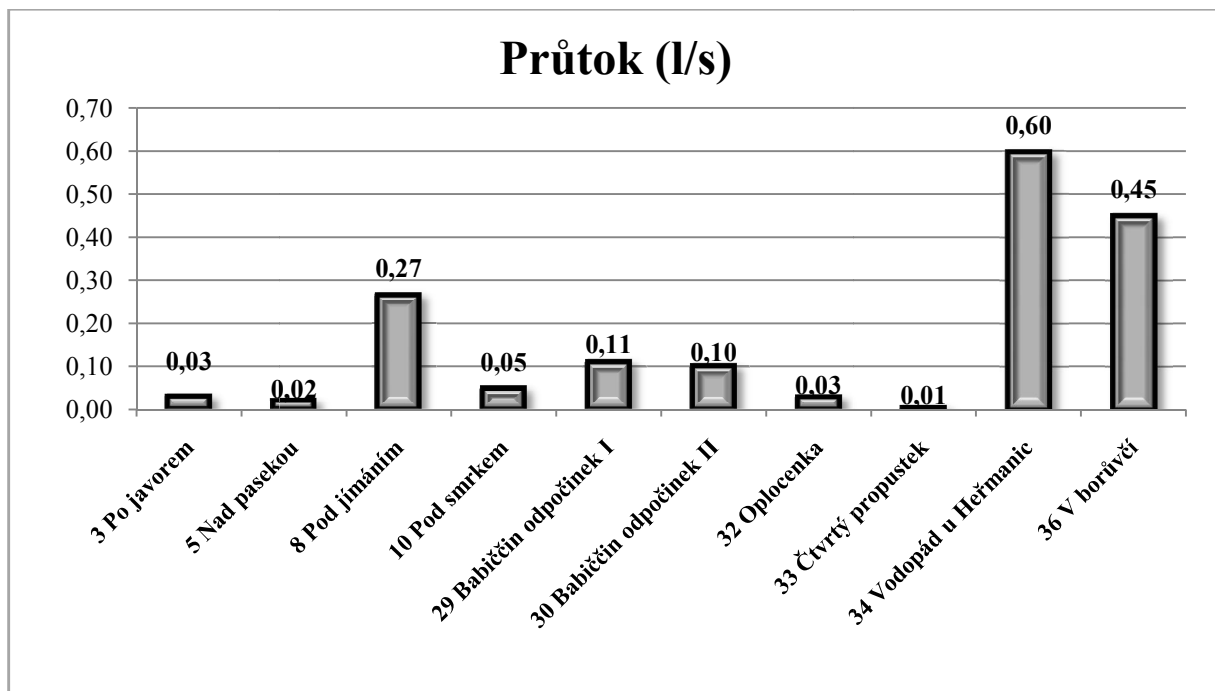
Teplotně nejstabilnějším pramenem byl **Vodopád u Heřmanic**, jehož teplota se měnila v průběhu roku pouze o 0,25 °C. Pramen s největšími rozdíly teplot byl pramen č. 10 **Pod smrkem**, rozdíly v ročních obdobích byly až 4,3° C a pramen č. 29 **Babiččin odpočinek**, jehož rozdíly v teplotách byly i 3,5°C, jak je vidět v obrázku č. 9. Podle tohoto obrázku lze říci, že pramen číslo 3 byl nejchladnějším. Naměřené teploty pramene **Čtvrtý propustek** byly i okolo 14°C.



Obrázek č. 9: Naměřené průměrné denní teploty.

Průtok

Prameny měly v roce 2015 nízký naměřený průtok. Nejvydatnějším pramenem toho roku byl pramen **Vodopád u Heřmanic** (číslo 34) s průtokem 0,6 l/s. Nejnižší průtok měl pramen **Čtvrtý propustek** (číslo 33), který byl téměř vyschlý, jak je vidět v obrázku č. 10.



Obrázek č. 10: Naměřený průtok (l/s) jednotlivých pramenů (19. 9. 2015).

5.2 Bentická a podzemní fauna pramenišť

5.2.1 Bentická fauna

Nejvíce zastoupeným taxonem byly pošvatky (*Plecoptera*). Čeleď *Leuctridae* byla zastoupena až na pramen **V borůvčí**, téměř ve všech sledovaných pramenech. Velmi zastoupeným taxonem byla i čeleď *Nemouridae*, jejíž jedinci byly nalezeny ve vysokém počtu (118 jedinců). Nejvíce jedinců bylo ale zastoupeno rodem *Gammarus* (227 jedinců).

Vzorky na prameništích byly odebírány celkem ve třech opakováních. Druhý odběr měl nejvyšší druhové zastoupení. Nejbohatší na faunu byl pramen č. 5 **Nad pasekou**, kde se až na vodní roztoče a larvy brouka vyskytovaly téměř všechny nalezené taxony. Naopak nejméně zastoupených druhů bylo v prameni **Pod smrskem**, (pouze 3 taxony) a dále pramenech **Babiččin odpočinek I** a **Čtvrtý propustek**, kde byly pouze 4 taxony, jak je vidět v tabulce přílohy číslo 3. Pošvatky (*Plecoptera*)

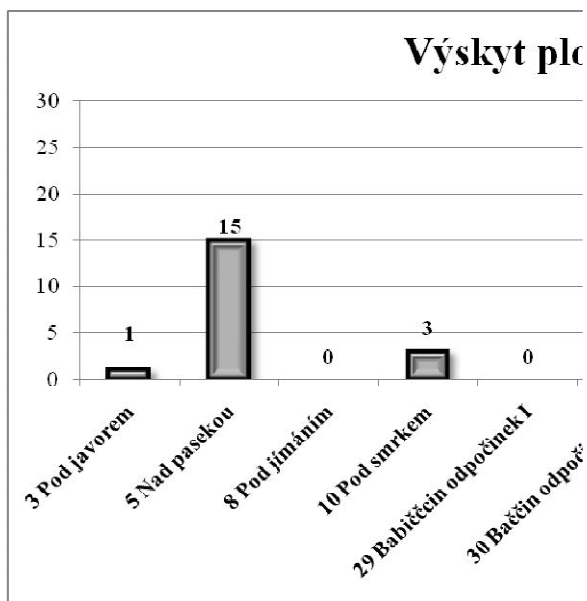
celkově byly zastoupeny téměř ve všech pramenech. Nejméně jich však bylo v prameni **Vodopád u Heřmanic**. Nejvyšší početnost měl však rod *Gammarus*, který byl zastoupen v prameni č. 3 **Pod Javorem** (71 jedinců), č. 5 **Nad pasekou** (7 jedinců), č. 30 **Babiččin odpočinek II** (56 jedinců), č. 33 **Čtvrtý propustek** (44 jedinců), č. 34 **Vodopád u Heřmanic** (35 jedinců) a č. 36 **V borůvčí** (15 jedinců). Nejméně bylo jedinců z řádu *Coleoptera*, konkrétně se jednalo o vodomila, který byl zastoupen jedincem v prameni **Pod javorem** a **Babiččin odpočinek I**.

číslo pramene Taxon/odběr	3			5			8			10			29			30			32			33			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
rod <i>Gammarus</i>	29	32	9			7											24	32				26	18		22
čeleď <i>Nemouridae</i>			1	30		1	12	2	9	8		1	8		14			1	16	5	7				
čeleď <i>Leuctridae</i>	5			1	1	3		2			4	5		3	1	1	1		1	2		1			2
čeleď <i>Limnephilidae</i>	2			2													5								14
čeleď <i>Sericostomatidae</i>				11	9			1								2	1		1	3	1	2	1		1
čeleď <i>Polycentropopidae</i>				1	9		1	1		1					1										
čeleď <i>Chironomidae</i>					10																				1
podsekcce <i>Hydracarina</i>																							2		
řád <i>Diptera</i>				1		1		1	8								1						2		
řád <i>Coleoptera</i>	1												1												

Tabulka č. 3: Druhové zastoupení a počet jedinců v pramenech při jednotlivých odběrech.

Ploštěnky

V prameništích byly nalezeny dva taxony z třídy ploštěnek (*Turbellaria*). Jedná se o ploštěnku horskou (*Crenobia alpina*) a ploštěnku potoční (*Dugesiagonocephala*). Nejvíce jedinců z této třídy se našlo v pramenech číslo 34 **Vodopád u Heřmanic** (25 jedinců), číslo 30 **Babiččin odpočinek II** (23 jedinců) a v prameni číslo 5 **Nad pasekou** (15 jedinců). V pramenech číslo 8 **Pod jímáním** a číslo 29 **Babiččin odpočinek I** se vůbec nevyskytovaly, jak je vidět v obrázku číslo 11.

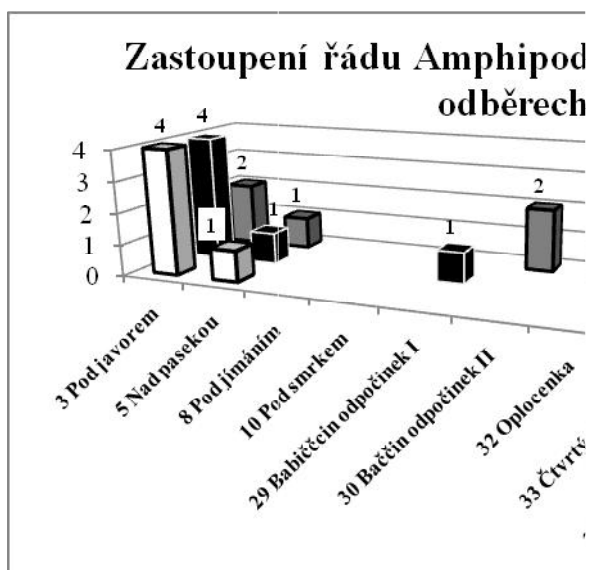


Obrázek č. 11: Výskyt ploštěnek na prameništích.

5.2.2 Meiofauna a oživení podzemních vod

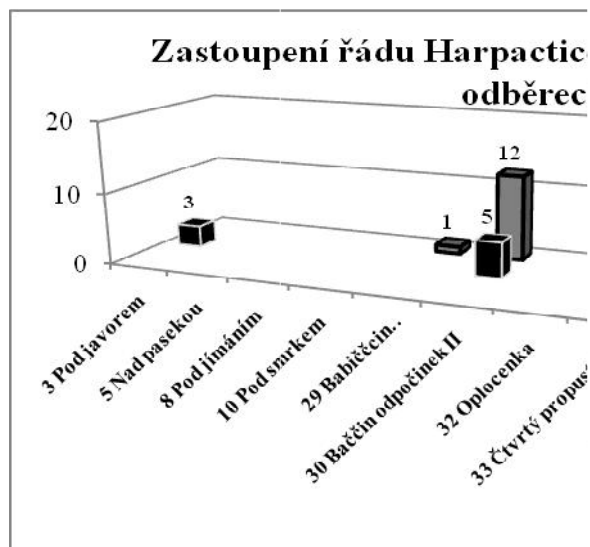
Celkem bylo nalezeno a určeno 15 taxonů. Z toho se jednalo o 84 jedinců. Nejbohatšími prameny, se zastoupením 6 druhů byly prameny číslo 3, 30 a 36. Naopak v prameni číslo 10 **Pod smrkem** nebyl nalezen žádný jedinec.

Nejvíce zastoupené taxony byly řády *Harpacticoida* a *Amphipoda*. Nejvíce nalezených jedinců z řádu *Amphipoda* bylo nalezeno v prameni číslo 3 Pod Javorem a to hned při dvou odběrech, jak je vidět na obrázku číslo 12.



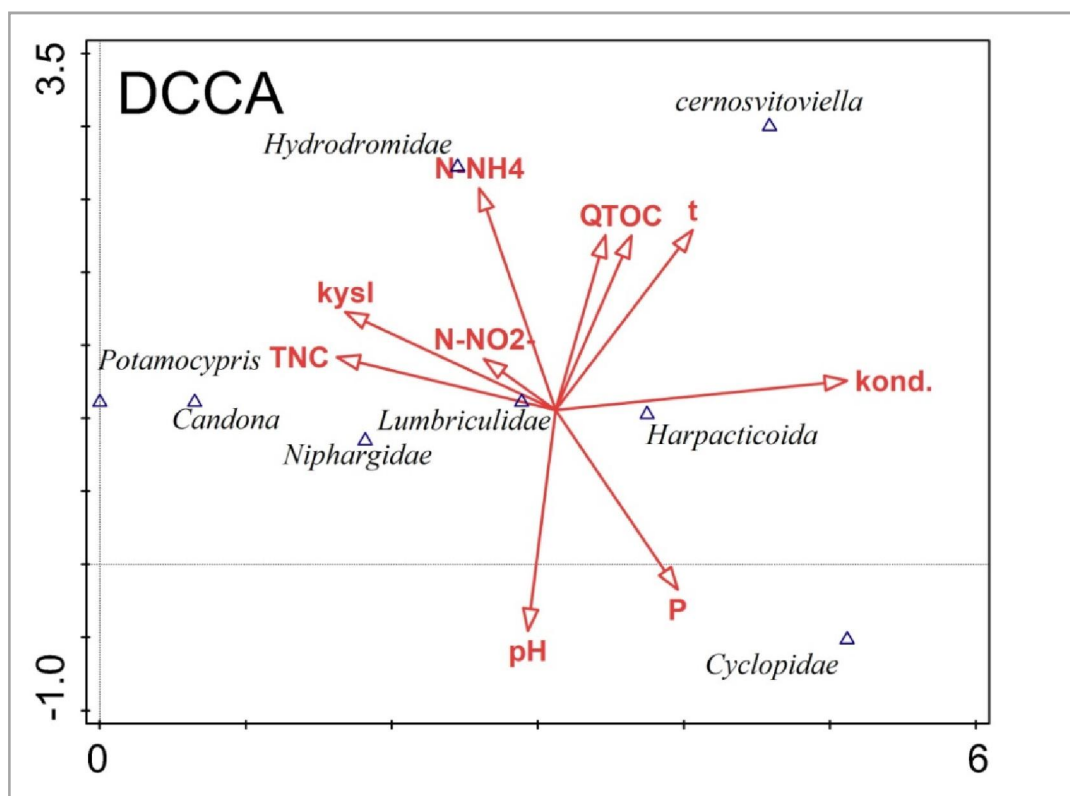
Obrázek č. 12: Zastoupení řádu *Amphipoda* v pramenech při jednotlivých odběrech.

Nejvíce nalezených jedinců z řádu *Harpacticoida* bylo v prameni č. 30 **Babiččin odpočinek II**, jak je vidět z obrázku číslo 13.



Obrázek č. 13: Zastoupení řádu *Harpacticoida* při jednotlivých odběrech.

Byla též prováděna detrendovaná kanonická korespondenční analýza (DCCA), kde byla zjišťována závislost výskytu taxonů na faktorech prostředí. Výsledek ale nevyšel statisticky průkazný, pravděpodobně kvůli malému počtu dat. Podle obrázku č. 14, ale jsou vidět určité trendy. Výskyt čeledi *Lumbriculidae* závisí na koncentraci celkového dusíku a rozpuštěném kyslíku. Výskyt řádu *Harpacticoida* je závislý na hodnotě konduktivity, stejně tak jako čeleď *Hydrodromidae* na koncentraci amoniakálního dusíku, rod *Cernosvitoviella* na teplotě.



Obrázek č. 14: Závislost výskytu druhů na faktorech prostředí.

6 Dikuse

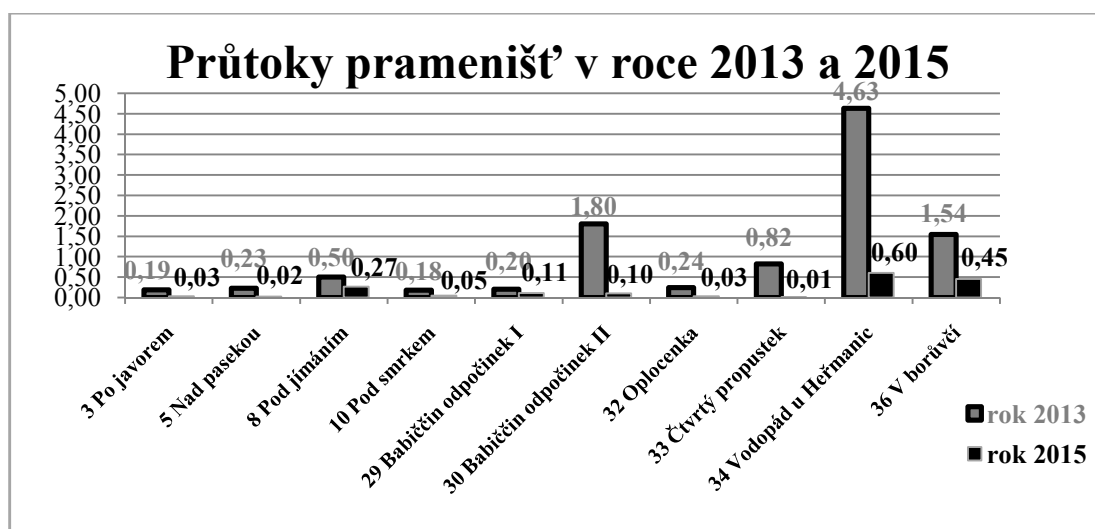
6.1 Chemické a fyzikální ukazatelé

Čistota vody pramenů z pohledu chemických ukazatelů se oproti roku 2013 nijak nezměnila. Prameny by z hlediska chemických ukazatelů splňovaly normu pro pitnou (dokonce i kojeneckou) vodu. Koncentrace dusičnanů byla mírně zvýšená, to je ale ovlivněno chemickým složením vody, Pitter (2009) se zmiňuje o tom, že chemismus vody je ovlivněn chemickým složením jejího podloží. Prameny číslo 10 Pod smrkem a číslo 29 Babiččin odpočinek I měli naměřené relativně vysoké koncentrace fosforu. Oproti roku 2013, kdy tyto koncentrace nebyly tak vysoké. Všechny prameny mají stejný zdroj napájení, proto se jedná o lokální zvýšení tohoto ukazatele. Zatímco u pramene číslo 10 by se mohlo jednat o antropogenní zátěž, mohou to být pozůstatky po historickém osídlení v místě či ze stávajícího osídlení, které se nachází výše. Vzhledem k nízkému průtoku byla voda málo naředěná, a proto mohla být koncentrace takto vysoká. Naproti tomu pramen číslo 29 Babiččin odpočinek, jehož pramen po vývěru stagnuje v prohlubni, by mohl mít zvýšenou koncentraci fosforu z alochtonního rozklad organické hmoty, která se v prohlubni

louhuje. Důkazem toho by mohlo být i nízké nasycení kyslíkem (73%) oproti ostatním pramenům, které mají nasycení okolo 100%. Tomu dále napovídá i vysoká vodivost vody (konduktivita), protože tlející látky vodu zásobují látkami. Stejně tak i velké rozpětí teplot v průběhu roku, které byly i 3°C. Díky stagnaci tak je chemismus vody méně ovlivněn chemickým složením podloží. 100% nasycení všech pramenů napovídá tomu, že ihned o vývěru byla voda ihned nasycena.

Všechny prameny měly přibližně stejně kyselé pH. Avšak oproti roku 2013 jsou dnes kyselejší. To by mohl zapříčinit mnohem menší průtok, menší naředění vody. Výjimkou byl pramen číslo 8 Pod jímáním, jehož pH bylo v roce 2013 4,72 a v roce 2015 bylo 5,78.

V roce 2013 měli všechny prameny mnohem vyšší průtok než v roce 2015, jak je vidět na obrázku č. 15. Podle Eckhardta (2013) můžeme pozorovat odpověď zvýšení (snížení) hladiny podzemních vod v této oblasti s dvouletým zpožděním. Na to by mohl reagovat průtok, který byl v roce 2013 mnohonásobně vyšší a v porovnání se srážkovými úhrny pro Liberecký kraj, které byly na přelomu 2010 a 2011 velmi vysoké (1147 mm) a srážkovými úhrny z roku 2012 (873 mm) by tomu výše průtoků mohla odpovídat. Protože srážkové úhrny byly v minulých letech nízké, tak pramen číslo 33 Čtvrtý propustek je téměř bez průtoku a vody.



Obrázek č. 15: Srovnání průtoků na pramenech v roce 2013 a 2015.

Hodnota konduktivity se celkově oproti roku 2013 snížila, nižší byla ale pouze o několik jednotek. Což by opět mohlo být menším průtokem. Jediný pramen, jehož konduktivita se naopak zvýšila, byl pramen číslo 34 Vodopád u Heřmanic,

jehož průtok se sice mnohonásobně snížil, ale i tak je stále dost vodnatý. Prameny podoblasti Myslivny měli celkově nižší konduktivitu než prameny oblasti Krompach – Heřmanice až na pramen číslo 32 Oplocenka, který měl konduktivitu $84,2 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$.

Byly porovnávány naměřené průměrné teploty s naměřenými teplotami v roce 2013. Protože jsou teplotní rozdíly minimální, lze říci, že prameny jsou v rámci let stabilním prostředím. Jediný pramen, který nelze porovnat s minulými roky je pramen číslo 30 Babiččin odpočinek I. Průměrná teplota tohoto pramene je nejnižší oproti ostatním ($6,17^{\circ}\text{C}$). V létě ale byly naměřeny teploty přes 9°C . Vysoké výkyvy teplot by mohla zapříčinit stagnující voda v prohlubni ihned po vývěru.

6.2 Bentická fauna

Byly nalezeny stejné druhy jako v roce 2013. Oproti odběrům fauny v roce 2013 se však nenalezl žádný jedinec larvy řádu síťokřídlých (*Neuroptera*). Dále v této práci byly některé taxony determinovány níže. V roce 2015 - 2016 nebyla tak vysoká početnost blešivců jako 2013. Sedlák (2005) uvádí, že se vyskytují především v rychleji tekoucích vodách. Snížení početnosti by tedy mohlo být v důsledku snížení průtoků. Tento taxon byl roce 2013 s výjimkou pramenů číslo 8 a 10 nalezen téměř ve všech pramenech. V roce 2015 nebyl ale nalezen v pramenech číslo 29 a 30. Důvodem proč se nevyskytuje v prameni č. 29 Babiččin odpočinek I, by mohl být malý (téměř žádný) průtok pramene, kde voda spíše stagnuje a je málo prokysličená.

Podle Holzenthala(2015) larvy chrostíků obývají spíše pomalu tekoucí vody. Jelikož prameny měli velmi nízký průtok, tak se tento řád vyskytoval téměř ve všech pramenech. Honzenthala ale dále uvádí, že jsou citlivý na obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě, pravděpodobně proto byl v prameni číslo 29 Babiččin odpočinek nalezen pouze jedinec z tohoto řádu (čeleď *Polycentropodidae*). V této oblasti byl znovu potvrzen výskyt ploštěnky horské (*Crenobia alpina*). Podle Reslové (2011) nebyl žádný doklad o výskytu tohoto druhu v oblasti Lužických hor, ta byla nalezena hned ve dvou pramenech, Vodopád u Heřmanic a Babiččin odpočinek II.

6.3 Meiofauna a oživení podzemních vod

Hahn (2013) ve své práci o fauně podzemních vod v rámci výzkumu GRACE v oblasti Lužických hor uvádí konkrétní druhy, které jsou stygobiontní, stygofilní a

stygoxení. Ve studii byla fauna odebírána ze studní, vrtů i pramenů. Druhy typické pro tuto oblast, které uvádí, byly nalezeny i v této studii. Nalezené taxony jako *Niphargus*, *Niphargelus*, *Diacyclopsa* *Cernosvitoviella* byly označeny jako druhy žijící výhradně v podzemních vodách. Taxon jako je rod *Attheyella* je označen jako stygofil, tedy druh v podzemních vodách žijící, který by ale mohl žít i ve vodách povrchových. Druhy, které se do podzemních vod dostávají náhodně a jsou schopni tam přežít pouze krátkodobě, tedy stygoxenní druhy, označil *Lumbriculidae* *Canthocamptidae*. Ve studii jsou uvedené nálezy jedinců z třídy *Ostracoda*, není však dále uvedeno o jaké se jednalo rody.

Ve studii Hanhna byla fauna odebírána ze studen, vrtů i pramenů. Analýzou podobnosti bylo testováno, ve kterém prostředí bylo nalezeno nejvíce podzemních druhů fauny. S 95% pravděpodobností bylo zjištěno, že nejvíce druhů bylo nalezeno v pramenech.

V prameni Pod smrkem s číslem 10 je zatížen živinami, což napovídá vysoká koncentrace fosforu. Podle Schimkeho (2007) eutrofizace mění složení fauny a obyvatelnost prostředí druhy fauny podzemní. Tomu napovídá i počet jedinců (2) nalezených prameni Babiččin odpočinek I s číslem 29, kde byla koncentrace fosforu také vyšší. Naopak největší počet nalezených jedinců, ale i taxonů byl v pramenech číslo 3 Pod javorem a 33 Čtvrtý propustek.

Podle analýzy DCCA by mohl být výskyt řádu *Harpacticoida* závislý na obsahu rozpuštěných minerálních látek ve vodě, tedy konduktivitě. Což by napovídalo, že tento řád má spíše podzemní druhy. Hodnoty konduktivity jsou totiž vysoké, obsahují velké množství rozpuštěných minerálů, stejně jako podzemní voda, jak tvrdí například Tourková (2004). Podle Hahna (2013) patří rod *Lumbriculidae* ke stygoxením druhům, to ukazuje i korelace jeho výskutu s kyslíkem rozpuštěným ve vodě.

7 Závěr

Na území Lužických hor bylo zkoumáno 10 pramenů. V roce 2015 – 2016 byly zjišťovány jejich chemicko - fyzikální parametry, které byly dále porovnávány s naměřenými v roce 2013.

Prostředí pramenů z pohledu chemicko-fyzikálních ukazatelů je stabilní, závisí však na průtoku. Voda, jenž vyvěrá na povrch je velmi čistá, splňuje normy pitné vody. Všechny prameny mají stejný zdroj napájení Prameny Pod smrkem a Babiččin odpočinek I jsou eutrofizované, což se projevuje na výskytu meiotické a podzemní fauny. Průtok pramenů reaguje na klimatické podmínky 2-3 let zpět. Protože loňský rok byl suchý, průtok pramene číslo 33 Čtvrtý propustek nemá téměř žádný průtok.

Cílem této práce bylo ověřit výskyt pramenišní a podzemní fauny. Složení bentické fauny se oproti roku 2013 výrazně nezměnilo. Nižší ale byla celková početnost nalezených taxonů. V roce 2015 – 2016 byla ale mnohem nižší početnost jedinců z rodu *Gammarus* (blešivci). Byl potvrzen výskyt ploštěnky horské a to hned ze dvou pramenů.

Podzemní fauna byla na předem vytypovaných pramenech nalézána. Lapána byla do speciálně vyrobených sítí a následně determinována. Mezi stygobionty, které byly nalezeny a podařilo se determinovat patří rody *Niphargus*, *Niphargelus* (*Amphipoda*), *Diacyclops* (*Cyclopoida*) a *Cernosvitoviella* (*Oligochaeta*). Nalezen byl dále rod *Attheyella* (*Harpacticoida*), který je stygofilní. Čeledi *Lumbriculidae* a *Canthocamptidae* (*Oligochaeta*) se v podzemních vodách vyskytují krátce a zcela náhodně. Nejbohatšími prameny na počet jedinců i druhů podzemní fauny byl pramen Pod javorem a Čtvrtý propustek. Některá fauna se nepodařila determinovat.

Pramenné vývěry v Lužických horách jsou vhodné pro další sledování fauny podzemních vod. Jsou velmi dobrým zdrojem pro odebrání jejích vzorků. Proto bych doporučila další studie zaměřené na faunu a podmínky podzemních, ale i prameništích vod.

8 Použitá literatura

Alonso Á., Camargo J. A., 2011: The freshwater planarian *Polycelis felina* as a sensitive species to assess the long-term toxicity of ammonia. *Chemosphere* 84: 533 – 537.

Armitage M. J., Young J. O., 1990: The realized food niches of three species of stream-dwelling triclads (Turbellaria). *Freshwater Biology*, 24, 93-100.

Cortelezzi A., Paggi A. C., Rodríguez M., Rodrigues Capítulo A., 2011: Taxonomic and nontaxonomic responses to ecological changes in an urban lowland stream through the use of Chironomidae (Diptera) larvae. *Science of The Total Environment*, 409, 1344-1350.

Dahm A. G., 1958: Taxonomy and ecology of five species groups in the family Planariidae. (*Turbellaria*, *Tricladida*, *Paludicola*), Malmö.

Danielopol D. L., Pospisil P., Rouch R., 2000: Biodiversity in groundwater: a large-scale view. *Tree*, 15, 223 – 224.

Doležalová S., 2012: Habitatové preference plazivek (*Copepoda: Harpacticoida*) na vybraných prameništích slatiništích Bílých Karpat. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Brno.

Eckhardt P., 2013: Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Petrovice-Lückendorf- Jonsdorf-Oybin. Projekt Grace.

Fišer C., Trontelj P., Lustrik R., Sket B., 2009: Toward a unified taxonomy of *Niphargus* (*Crustacea: Amphipoda*): a review of morphological variability. *Zootaxa*, 2061, 1–22.

Forrow D. M., Maltby L., 2000: Toward a mechanistic understanding of contaminant-induced changes in detritus processing in streams: direct and indirect effects on detritivore feeding. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19: 2100-2106.

Funck Arce J., Danger M., Gismondi E., Cossu-Leguille C., Guérold F., Felten V., 2013: Behavioural and physiological responses of *Gammarus fossarum* (*Crustacea, Amphipoda*) exposed to silver. *Aquatic Toxicology* 15: 73-84.

Gad G., 2007: *Oligochaeta*. Schimke K. H. (ed): Grundwasserfauna Deutschlands. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V, Hennef, 363–397.

Galassi D. M. P., Huys R, Reid J. W., 2009: Diversity, ecology and evolution of groundwater copepods. *Freshwater Biology*, 54, 691 – 708.

Gibert J., Deharveng L., 2002: Subterranean ecosystems: A truncated functional biodiversity. *Bioscience*, 52, 473–481.

Glime J. M. 2015: Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 24 February 2015 and available at .

Griebler Ch., Stein H., Kellerman C., Berkhoff S., Brielmann H., Schmidt S., Selesi D., Steube Ch., Fuchs A., Hahn H. J., 2010: Ecological assessment of groundwater ecosystem – Vision or illusion? *Ecological Engineering*, 39, 1174–1190.

Hahn H. J., 2013: Des Grundwasser durch die Erfassung der Grundwasserfauna sowie die Bestimmung stabiler Isotope. *Závěrečná zpráva* Grace.

Hanzák J., Halík L., Mikulová M., 1972: Světem zvířat V.díl (1. část) Bezobratlí. Albatros, Praha.

Hartman P., Přikryl I., Štědroňský E., 2005: Hydrobiologie. Informatorium, Praha.

Herčík F., Herrmann Z., Valečka J., 2003: Hydrogeology of the Bohemian Cretaceous Basin. Prague, Česká geologická služba.

Holzenthal R. W., Blahnik R. J., Kjer K. M., Prather A. L., 2007: An update on the phylogeny of Caddisflies (Trichoptera). *Proceedings of the XIIth International Symposium on Trichoptera. The Caddis Press*.

Holzenthal R. W., Thomson R. E., Ríos-Touma B., 2015: Chapter 38 – Order Trichoptera in Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates. Academic Press*.

Hrabě S., 1981: Vodní máloštětinatci (*Oligochaeta*) Československa. Acta universitatis Carolinae – Biologica, Praha.

Huys R., Boxshall A. G., 1992: A Homage to Homology: Patterns of Copepod Evolution. Acta Zoologica, 73, 327 – 334

Huys R., Llewellyn-Hughes J., Conroy-Dalton S., Olson D. P., Spinks N. J., Johnston A. D., 2007: Extraordinary host switching in siphonostomatoid copepods and the demise of the Monstrilloida: Integrating molecular data, ontogeny and antennary morphology. Molecular Phylogenetics and Evolution, 43, 368–378.

Chinery M., 1986: Collins Guide to the Insects of Britain and Western Europe. Collins, Wallingford.

Jančařík A., 1954: Třída lasturnatky. In: Hrabě S. (ed): Klíč zvířeny ČSR . Československá akademie věd, Praha.

Johanson K. A., Malm T., Espeland M., Weingartner E., 2012: Phylogeny of the *Polycentropodidae* (Insecta: Trichoptera) based on protein-coding genes reveal non-monophyletic genera. Molecular Phylogenetics and Evolution, 65, 126–135.

Kalinová M., Eckhardt P., Martínková M., Šimek P., Bílý M., Kubková L., Bóhm K., Börke P., Schulz C., 2014: Zdroje podzemních vod na Česko-Saském pomezí. Výsledky společného česko-saského projektu.

Kondratieff B. C., DeWalt R. E., Sandberg J. B., 2015: Chapter 36 – Oder *Plecoptera*. In: Thorp J. H., Rogers D. Ch. (eds.): Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates, Fourth Edition: Ecology and General Biology 4th Edition. Academic Press, Cambridge, 933–949.

Lock M., A., 1975: Experimental study of role of gradient and substratum in distribution of 2 stream-dwelling triclads, *Crenobia alpina* and *Polycelis felina*) in North Wales. Freshwater Biology, 5, 211-226.

Malard F., Reygrobellet J. L., Mathieu J., Lafont M., 1994: The use of invertebrate communities to describe groundwater flow and contaminant transport in a fractured rock aquifer. Archiv fur Hydrobiologie, 131, 93–110.

Menció A., Korbek K. L., Hose G. C., 2014: River–aquifer interactions and their relationship to stygofauna assemblages: A case study of the Gwydir River alluvial aquifer (New South Wales, Australia). *Science of the total environment*, 479, 292–305.

MŽP, 2015: Plán péče CHKO Lužické hory na období 2015 – 2024. AOPK ČR, Praha.

Neugart C., Schneeberg K., Beutel R. G., 2009: The morphology of the larval head of Tipulidae (Diptera, Insecta) – The dipteran groundplan and evolutionary trends. *Zoologischer Anzeiger – A Journal of Comparative Zoology*, 248, 213-235.

Ntakís A., Anastasiadou Ch., Zakšek V., Fišer C., 2015: Phylogeny and biogeography of free new species of *Niphargus* (*Crustacea: Amphipoda*) from Greece. *Zoologischer Anzeiger – A Journal of Comparative Zoology*, 255, 32–46.

Peréz-Bilbao A., Calapez A. R., Feio M. J., 2014: Aquatic Coleoptera distribution patterns and their environmental drivers in central Portugal, Iberian Peninsula. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters*, 46, 45–57.

Pipík R., Bodergat A. M., 2005: Espèces du groupe de *Candona candida*, *Candona neglecta* et quelques *Candona* à l'aspect morphologique problématique (Candonidae, Ostracoda) du Bassin de Turiec (Miocène supérieur, Slovaquie). *Annales de Paléontologie*, 91, 279–309.

Raušer J., 1980: Řád pošvatky. In: Rozkošný R. (ed.): Klíč vodních larev hmyzu. Československá akademie věd, Praha.

Reslová M., 2011: Ploštěnky v ČR. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.

Schimke K. H., 2007: Grundwasserfauna Deutschlands. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef.

Schmidt S., Hahn H. J., 2012: What is groundwater and what does it mean to fauna? – An opinion. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters*, 42, 1–6 .

Schön I., Martens K., 2016: Ostracod (*Ostracoda*, *Crustacea*) genomics – Promises and challenges. *Marine Genomics*. In Press.

Smith A. J., Horne D. J., Martens K., Schön I., 2015: Chapter 30 – Class Ostracoda. In: Thorp J. H., Rogers D. Ch. (eds.): Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates, Fourth Edition: Ecology and General Biology 4th Edition. Academic Press, Cambridge, 757–780

Šimek P., 2014: Stáří a míšení podzemních vod Oblast 2 Petrovice-Lückendorf- Jonsdorf-Oybin. Závěrečná zpráva Grace.

Šindelářová k., 2014: Charakteristika pramenných vývěřů vybraných oblastí Lužických hor. Bakalářská práce. FŽP ČZU.

Šrámek – Hušek R., 1954: Třída Klanonožci. In: Hrabě S. (ed): Klíč zvířeny ČSR. Československá akademie věd, Praha.

Štěrba O. 1964: Plazivky (Copepoda, Harpacticoida) Moravy a Slezska, část I. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium*. 16: 203-321.

ÚHÚL, 2000: Oblastní plán rozvoje lesů Lužická pískovcová vrchovina. ÚHÚL Brandýs nad Labem, Jablonec nad Nisou

Voigt T., Franke J., Franke S. 2013: Grundlagen für ein geologisch-tektonisches Modell der Kreideablagerungen im Sächsisch-Böhmischen Grenzbereich im Rahmen des Ziel 3 – Projektes GRACE. Abschlussbericht, Jena.

Vítecek S., Graf W., Previšič A., Kučinič M., Oláh J., Bálint M., Keresztes L., Pauls U. S., Waringer J., 2015: A hairy case: The evolution of filtering carnivorous Drusinae (Limnephilidae, Trichoptera). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 93, 249–260.

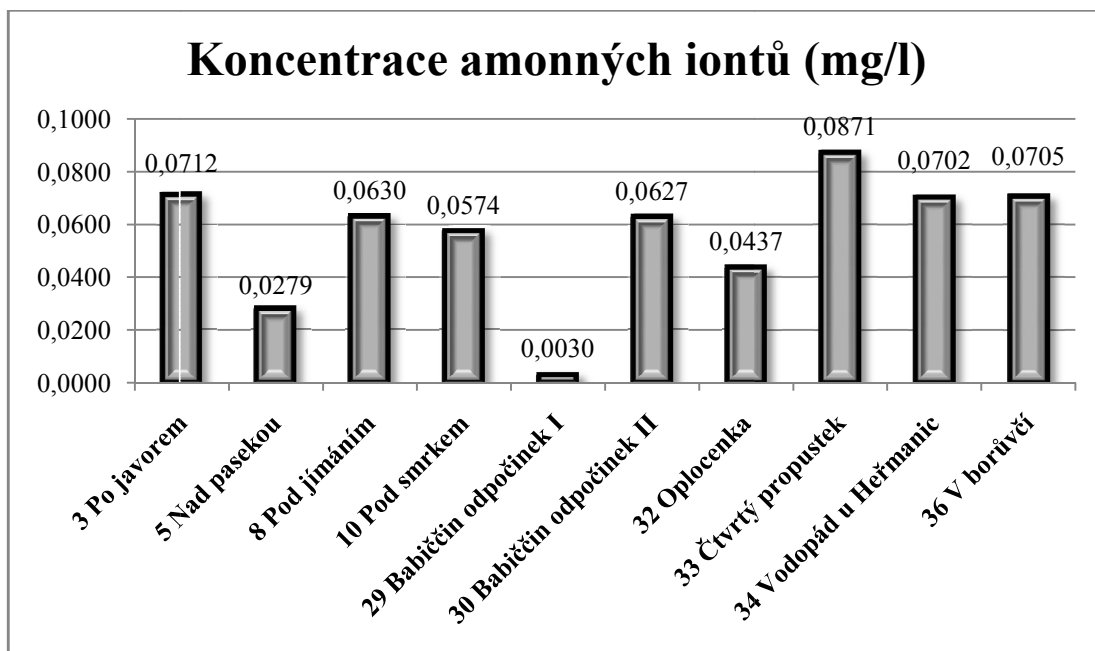
Yamaguchi S., Endo K., 2003: Molecular phylogeny of Ostracoda (Crustacea) inferred from 18S ribosomal DNA sequences: implication for its origin and diversification. *Marine Biology*, 143, 23–38.

Zimmermann D., Randolph S., Metscher B. D., Aspöck U., 2011: The
fiction and phylogenetic implications of the tentorium in adult Neuroptera (Insecta).
Arthropod Structure & Development, 40, 571-582.

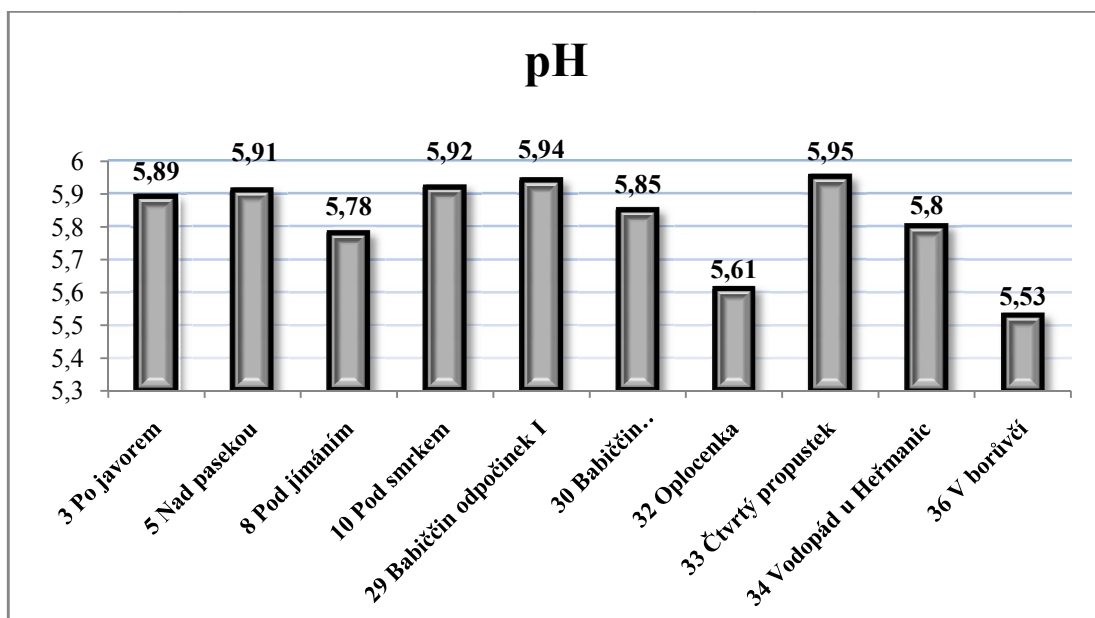
9 Přílohy

Příloha I

Chemicko – fyzikální ukazatelé



Obrázek č. 1: Koncentrace amonných iontů (mg/l).



Obrázek č. 2: pH naměřené na pramenech.

Příloha II

Výskyt bentické a podzemní fauny na pramenech

Tabulka č. 1: Výskyt bentických druhů fauny na pramenech.

číslo pramene	3			5			8			10			29			30			32			33			34			36			
taxon / odběr	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
rod <i>Gammarus</i>	29	32	9			7											24	32				26	18		22	1	12	1	7	7	
čeleď <i>Nemouridae</i>			1	30		1	12	2	9	8		1	8		14			1	16	5	7									1	2
čeleď <i>Leuctridae</i>	5			1	1	3		2			4	5		3	1	1	1		1	2		1			2						
čeleď <i>Limnephilidae</i>	2			2													5								14		1	5	3		
čeleď <i>Sericostomatidae</i>				11	9			1								2	1		1	3	1	2	1		1	2			2		
čeleď <i>Polycentropopidae</i>				1	9		1	1		1					1											1			1	1	
čeleď <i>Chironomidae</i>					10																	1				1					
podsekce <i>Hydracarina</i>																				2											
řád <i>Diptera</i>				1		1		1	8								1			2						2					
čeleď <i>Hydrophilidae</i>	1												1																		

Tabulka č. 2: Výskyt meiofauny a podzemních druhů fauny na pramenech.

	rod	3			5			8			10			29			30			32			33			34			36		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
řád Harpacticoida	<i>Attheyella</i>		3													1									3		2	1			
	<i>Canthocamptodae</i>																											1			
	<i>Laophontidae</i>																											1			
	<i>Chappuissidae</i>															4	9									2					
	<i>Ameridae</i>														1		3												1		
řád Cyclopoida	<i>Diacyclops</i>												1			1	1	2													
řád Amphipoda	<i>Niphargus</i>	4	4	2	1	1	1									1			2			1			1	1					
	<i>Niphargellus</i>	1	5																												
třída Ostracoda	<i>Candona</i>		2		4			1										1													
	<i>Potamocypris</i>																	1													
podtřída Oligochaeta	<i>Naididae</i>				1																										
	<i>Cernosvitoviella</i>															2						1					2				
	<i>Lumbriculidae</i>																									1					
podtřída Acari	<i>Hydrodromidae</i>			2																				1			1				
řád Diptera		1		1																											

Příloha III

Obrazová příloha



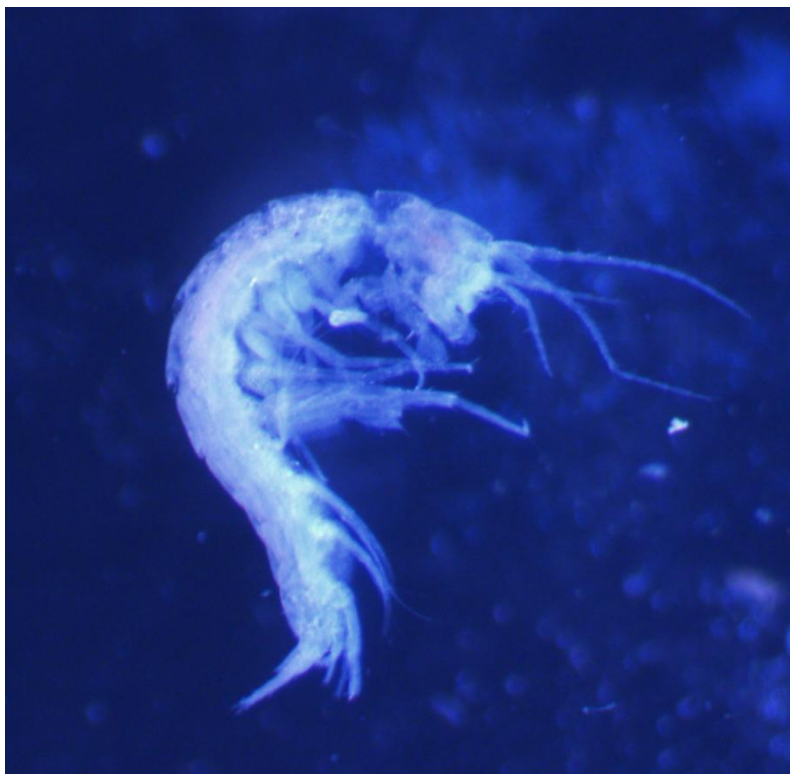
Obrázek č. 1: Lapací síťka v prameni č. 36 V borůvčí



Obrázek č. 2: Lapací síťka v prameni č. 29 Babiččin odpočinek I

Příloha IV

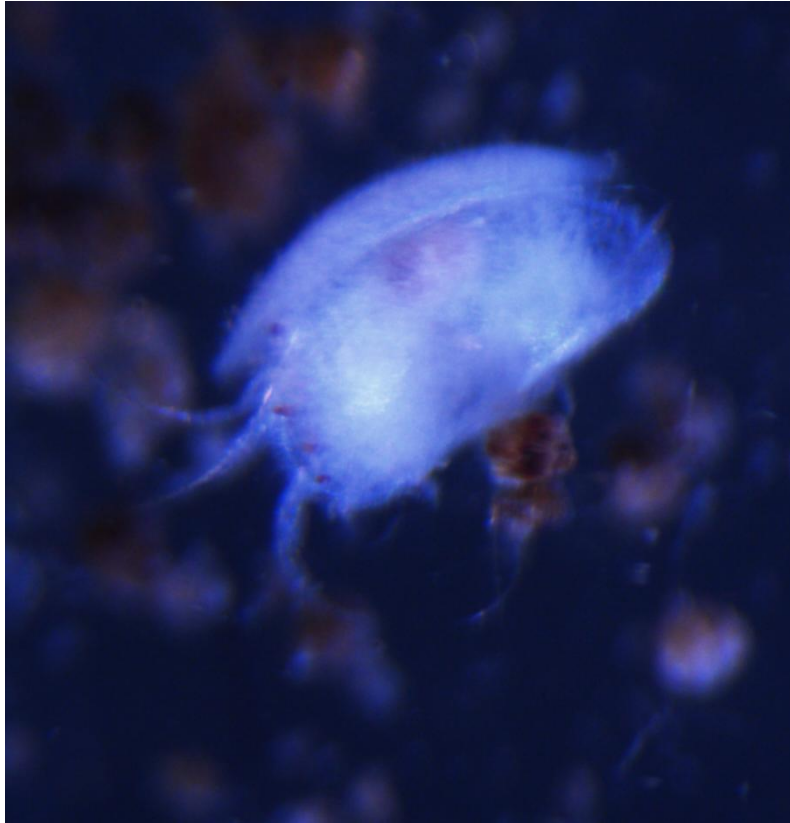
Obrazová příloha meiofauny a fauny podzemních vod



Obrázek č. 1: Jedinec čeledi *Niphargidae* z pramene č. 3



Obrázek č. 2: Jedinec řádu *Harpacticoida* z pramene č. 36



Obrázek č. 3: Jedinec třídy *Ostracoda* z pramene č. 5



Obrázek č. 4: Jedinec řádu *Harpacticoida* z pramene č. 34



Obrázek č. 5: Jedinec řádu *Harpacticoida* z pramene č. 3



Obrázek č. 5: Jedinec řádu *Harpacticoida* z pramene č. 33