

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Přírodovědecká fakulta**

**Diverzita vířníků tůní CHKO Kokořínsko – Máchův kraj:  
změny druhového složení po jedenácti letech  
(2006 a 2017)**

Diplomová práce

**Bc. Michaela Novotná**

Školitel: RNDr. Michal Šorf, Ph.D.

České Budějovice 2020

Novotná M. (2020): Diverzita vířníků tůní CHKO Kokořínsko – Máchův kraj: změny druhového složení po jedenácti letech (2006–2017).

[Diversity of rotifers in pools of the Protected Landscape Area Kokořínsko–Máchův kraj: the changes of taxonomic composition after eleven years (2006–2017), Master Thesis, in Czech] 34 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

## Anotace

Cílem této magisterské práce bylo popsat taxonomickou biodiverzitu vířníků tůní CHKO Kokořínsko – Máchův kraj ve třech ročních obdobích v letech 2006 a 2017 a pokusit se najít vztah mezi charakteristikami tůní a taxonomickou diverzitou. Práce se rovněž pokouší o rozklad beta diverzity jako míry (ne)podobnosti společenstev vířníků.

## Annotation

The aim of this thesis was to describe taxonomic diversity of rotifers of pools within the Protected Landscape Area Kokořínsko – Máchův kraj during three seasons in 2006 and 2017 and to attempt to find an interaction between environmental factors and taxonomic diversity. Thesis also deals with beta diversity partitioning as a measure of (dis)similarity of rotifer assemblages.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou magisterskou práci vypracovala samostatně, použila jsem pouze podklady citované v práci a uvedené v seznamu literatury.

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

V Českých Budějovicích dne .....

.....

Michaela Novotná

## Poděkování

Na prvním místě bych chtěla poděkovat svému školiteli RNDr. Michalu Šorfovi, Ph.D. za velkou trpělivost, ochotu, poskytování věcných rad a informací a odborný dohled při zpracovávání mé magisterské práce. Velmi děkuji také Mgr. Vandě Šorfové, Ph.D. za pomoc a ochotu při statistickém zpracovávání dat. Mé díky patří rovněž Mgr. Stanislavu Grillovi za zhotovení mapy Kokořínska s vyznačenými tůněmi. Dále bych chtěla velmi poděkovat Mgr. Veronice Kreidlové za pomoc při nejasné determinaci vířníků a za poskytnutí věcných rad a informací. Děkuji také prof. RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc. za poskytnuté odborné rady. Velké díky patří i mé rodině, příteli Milanu Jindáčkovi a mé kamarádce Hanče Novákové za velkou podporu nejen při psaní této práce.

## Obsah:

1	Úvod .....	1
2	Literární přehled .....	3
2.1	Koloběh vody .....	3
2.1.1	Mokřady .....	3
2.2	Vířníci .....	7
2.3	Biodiverzita .....	8
2.4	Souhrn literární rešerše .....	10
3	Materiál a metody .....	11
3.1	Popis lokality .....	11
3.2	Způsob odběru vzorků .....	11
3.3	Statistické zpracování dat .....	13
4	Výsledky .....	15
4.1	Charakteristiky tůní .....	15
4.2	Taxonomická diverzita vířníků .....	17
4.3	Rozklad beta diverzity .....	20
5	Diskuse .....	23
5.1	Taxonomická diverzita .....	23
5.2	Vztah taxonomické diverzity vířníků a různých parametrů tůní .....	23
5.3	Změny taxonomické diverzity a vztah k charakteristikám tůní .....	24
5.4	Rozklad beta diverzity .....	25
5.5	Význam biodiverzity .....	25
5.6	Význam mokřadů – změny v krajině .....	26
6	Závěr .....	27
7	Použitá literatura .....	28
8	Přílohy .....	32

# 1 Úvod

V návaznosti na svou bakalářskou práci, ve které jsem se zabývala taxonomickou a funkční diverzitou vířníků tůní CHKO Kokořínsko – Máchův kraj v letech 2005–2007 pokračuje tato magisterská práce, která se zabývá porovnáním taxonomického složení vířníků v tůních CHKO Kokořínsko – Máchův kraj po jedenácti letech (2006–2017). Tato práce přispívá k hlubšímu poznání biodiverzity (nejen) kokořínských tůní. Tůně jsou pro vířníky velmi důležitým biotopem. Poskytují prostor a podmínky vhodné pro život spousty rostlinných i živočišných organismů a zapojují se do koloběhu vody. Velice rychle ubývají, a proto je důležité tyto biotopy studovat.

Ačkoli tůně z naší planety spíše mizí, v CHKO Kokořínsko – Máchův kraj se díky důrazu na ochranu krajiny nacházejí v hojném počtu. Jedná se o prohlubně v krajině především kulatého či oválného tvaru se sladkou vodou. Tůně mohou být přírodní i uměle vytvořené, stálé či periodické. Mokřady včetně tůní jsou významnými ekosystémy. Pomáhají zadržovat vodu v krajině, zmírňují průběh povodní, podporují a stabilizují zdroje pitné vody atd. Hlavními zdroji vody v tůních jsou především atmosférické srážky, podzemní voda a v případě poříčních tůní říční voda. Představují ekosystémy, ve kterých je vysoká biodiverzita.

Biodiverzita neboli biologická rozmanitost všech živých organismů na planetě zahrnuje jak diverzitu jednotlivých taxonů, tak i celých ekosystémů. Lze na ni nahlížet z několika hledisek dle různých měřítek. Může se jednat o prostorové měřítko, kdy rozlišujeme biodiverzitu celosvětovou, jednotlivých světadílů, zemí, ale i biodiverzitu konkrétních lokalit. Dále můžeme biodiverzitu sledovat na úrovni celých ekosystémů, společenstev, druhů a genů. Vyšší biodiverzita zefektivňuje funkce ekosystému (např. produkce rostlinné biomasy či fixace CO<sub>2</sub>). Může být jedním z aspektů, který pozitivně ovlivňuje stabilitu ekosystémů.

Biodiverzitu rozdělujeme na alfa, beta a gama diverzitu. Alfa diverzita zahrnuje druhové bohatství společenstev dílčích lokalit, gama diverzita sleduje druhové složení celého regionu. Beta diverzita popisuje změny mezi alfa a gama diverzitou. Termín beta diverzita je dnes v oboru biologie velmi často diskutované téma, jelikož přesné definice se od sebe dle různých autorů liší (Whittaker 1960, Jost 2007).

Kokořínské tůně patří mezi ekosystémy s vysokou biodiverzitou (Juračka a kol. 2019). Tato magisterská práce je zaměřena na sladkovodní, mikroskopické bezobratlé živočichy, kmen vířníků. Jejich častým biotopem jsou právě tůně, kde jsou součástí planktonu, litorálu

i bentosu. Některé druhy mohou obývat i slané vody, vlhké mechy, půdu nebo opad tropického lesa. Prostředí, která obývají, jsou často nestálá a mohou vysychat. Vířníci jsou na tyto nepříznivé podmínky vybaveni schopností anabiózy, kdy dokáží zpomalit svůj metabolismus na minimum a díky tomu přežijí nepříznivé podmínky (Bartoš 1959). V současné době je popsáno okolo 2200 druhů vířníků (Ejaz a kol. 2016), převážná většina (okolo 95 %) žije ve sladkých vodách.

Cílem magisterské práce bylo:

1. Zpracovat druhové složení vířníků tří odběrových kampaní (jaro, léto, podzim) různorodých tůňích nacházejících se na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj v roce 2017.
2. Vyhodnotit vztah druhového složení vířníků a dalších biotických a abiotických charakteristik jednotlivých lokalit.
3. Porovnat změny druhového složení vířníků, biotických a abiotických charakteristik mezi odběry z let 2006 a 2017.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Koloběh vody

Voda je nepostradatelnou podmínkou pro život, který právě v ní pravděpodobně vznikl. Pokrývá zhruba 71 % zemského povrchu. Nejvíce vody (97 %) se nachází v oceánech. Sladká pevninská voda tvoří pouze 3 % vodstva. Největší zásoby sladké vody jsou v ledovcích a věčném sněhu (Kalff 2002). Působením slunečního záření se voda vypařuje do atmosféry, kondenzuje a ve formě srážek se dostane zpět na zemský povrch. Cyklus vody je uzavřený. Voda se nachází jak pod zemí, tak i na jejím povrchu.

Rozlišujeme malý a velký koloběh vody. Ve velkém oběhu probíhá výměna mezi oceánem a pevninou. Během malého vodního oběhu je výměna vody buď pouze nad oceánem nebo nad pevninou. V této práci se budu zabývat malým vodním oběhem nad pevninou. Část vody ze srážek se vsákne do půdy, část odtéká povrchových nebo podpovrchovým odtokem. Avšak ne všechna voda odteče. Část se přímo nebo za pomoci vegetace vypaří zpět do atmosféry kde zkondenzuje a opět spadne v podobě dešťových srážek na zemský povrch.

Malý vodní cyklus hraje velmi důležitou roli v dnes velmi diskutovaném problému klimatické změny. Kvůli vysoké urbanizaci, odlesňování a jiným procesům je právě malý vodní cyklus velmi narušen. Velká část dešťové vody je kanalizací odváděna z měst do řek a dále pak do oceánu. Nezůstane na zemském povrchu či pod ním, ale pokračuje do velkého vodního cyklu. Dochází pak k velkému snížení odparu. Voda je taktéž velmi důležitou složkou fotosyntézy. V průběhu fotosyntézy je zabudováván atmosférický uhlík do biomasy. Pokud by voda nebyla, fotosyntéza by neprobíhala. Další nezbytnou funkcí vody je přenos tepla. Vypařující se voda přenáší energii Slunce ve formě latentního tepla do vyšších vrstev atmosféry, kde se tvoří mraky a zkondenzovaná voda se dostane zpět na povrch (Kravčík 2017).

Pro správné fungování malého vodního cyklu jsou velmi podstatným biotopem mokřady, ve kterých se zadržuje a postupně uvolňuje sladká voda. Těch právě ubývá a je důležité je chránit a zabránit dalšímu snižování jejich plochy. Mají pozitivní vliv na vodní režim. V neposlední řadě tvoří prostor a podmínky pro život spousty druhů rostlin a živočichů.

#### 2.1.1 Mokřady

Mokřad, český překlad termínu *wetland*, zavedli Jan Květ a Dagmar Dykyjová. Definice termínu mokřad je několik. V každé však najdeme několik shodných faktů. Voda může být v mokřadech trvale či jen dočasně, slaná i sladká. Mokřady mohou být vytvořeny přírodou

nebo uměle a jsou různě hluboké (Burton a Tiner 2009). Voda v mokřadech poskytuje vhodné podmínky a prostor pro růst vodních rostlin a život různých živočišných druhů (Tiner 2009). Dle Ramsarské úmluvy jsou mokřady charakterizovány takto: Jedná se o území bažin, slatin, rašelinišť a území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá a dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou i slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje šest metrů (Burton a Tiner 2009). Mokřady jsou tedy přechodem mezi terestrickými a vodními ekosystémy, a proto jsou často označovány jako ekotony. Z hydrologického hlediska mokřady zahrnují širokou škálu podmínek od stálého vodního sloupce po periodické zaplavení (Tiner 2009). Obecné schéma mokřadu s přítoky a odtoky vody je znázorněno na obr. 1.

Mokřady jsou jedny z nejvýznamnějších a zároveň nejohroženějších vodních ekosystémů na světě. Hrají velmi důležitou roli v koloběhu vody v přírodě. Mají vliv na malý koloběh vody. Mezi další důležité funkce patří zadržování vody v krajině, přenos živin, pohlcování nadbytečného oxidu uhličitého z ovzduší, díky velkému výparu pozitivně ovlivňují podnebí a v neposlední řadě jsou důležitým zdrojem potravy (Čížková a kol. 2017). Rašeliniště jsou zásobárnou uhlíku, který se ukládá do jejich sedimentů. V mokřadech je velmi vysoká biodiverzita specifických společenstev vzácných druhů rostlin, živočichů, hub a mikroorganismů. Mokřady také zmírňují průběh povodní.

Faktory jako topografie, lokalita (např. vzdálenost od zdroje vody), vlastnosti půdy, geologický podklad a klimatické podmínky mají velký vliv na utváření mokřadu. Voda se akumuluje v různých prohlubních nebo na širokých plochách se špatnou drenáží. V hornatých oblastech jsou zásobovány především podzemní vodou, kdežto mokřady v nížinách s vysokým úhrnem srážek z velké části dešťovou vodou. Mokřady vznikají více v oblastech s teplým a vlhkým podnebím (Tiner 2009).

Mokřady lze najít na všech kontinentech světa s výjimkou Antarktidy. Pokrývají zhruba 6 % zemského povrchu (Koç 2008). Odhaduje se, že mokřady celosvětově zabírají cca 748–778,1 mil. ha. Tento odhad byl proveden za použití definice mokřadů v Ramsarské úmluvě (Burton a Tiner 2009). V mnoha zemích jsou mokřady velmi cennými přírodními zdroji poskytující potravu a jiné suroviny nezbytné pro život. V mokřadech je velmi úrodná a na živiny bohatá půda. Proto v několika případech došlo k přeměně mokřadů na zemědělsky využívané plochy (např. rýžová pole) nebo pastviny (Tiner 2009).

Vzhledem k různému klimatu, odlišným typům půdy, vegetace, hydrologii, chemismu vody, dostupnosti živin a spousty dalších faktorů na planetě, rozdělujeme mokřady do několika typů. Na různých místech je lze označit jinak – mokřiny, močály, bažiny, slatiny,



rašeliniště, mangrovy, vrchoviště, vlhké louky, saliny atd. (Geist 2006, Burton a Tiner 2009). Rozdělení mokřadů na jednotlivé typy není ustálené, avšak dle National Wetlands Working Group (1988) rozlišujeme pět skupin – bažiny, slatiniště, mokřiny, močály a mělké otevřené vody.

Těchto pět typů mokřadů lze zařadit do čtyř širších kategorií. První z nich jsou *peatlands* – rašeliniště, kam řadíme vrchoviště a slatiniště, jejichž podloží je tvořeno rašelinou (Burton a Tiner 2009). Vrstva rašeliny je 30–40 cm a více hluboká (Charman 2009). Vrchoviště jsou chudé na živiny. Vznikají v mělkých povodích, kde není přísun povrchové vody. Veškerá voda a živiny pocházejí z dešťových a sněhových srážek a prachu (Burton a Tiner 2009). Proto jsou bažiny kyselé, chudé na živiny a mají málo povrchové vody (Charman 2009). Typickou vegetací jsou acidofilní rostliny jako jsou mechy (rašeliník), kaprad'orosty, břízy a vavříin. Častými druhy jsou v bažinách i masožravé rostliny. Slatiny se od bažin liší přísunem živin a vody z povrchové vody (Burton a Tiner 2009). Mají vyšší pH a jsou bohatší na živiny oproti bažinám (Charman 2009). Typickou vegetací je rákos, orobinec a trávy (Burton a Tiner 2009).

Významným typem rašelinišť v České republice jsou rašelinné smrčiny, kde dominuje především smrk ztepilý. Nacházejí se ve středních a vyšších polohách od cca 500 m n. m. na rašelinných či glejových půdách. V horských oblastech se vyskytují okolo vrchovišť. Jsou rozšířené zejména v Novohradských horách, na Šumavě, v Českém a Slavkovském lese, v Ašském výběžku, v Krušných, Lužických a Jizerských horách, v Krkonoších, Orlických horách, Králickém Sněžníku, Hrubém a Nízkém Jeseníku, Brdech, na Českomoravské vrchovině, Svitavsku a v Moravskoslezských Beskydech. Vzácně lze tyto smrčiny vidět na okrajích vrchovišť na Třeboňsku či Dokesku (Chytrý a kol. 2010).

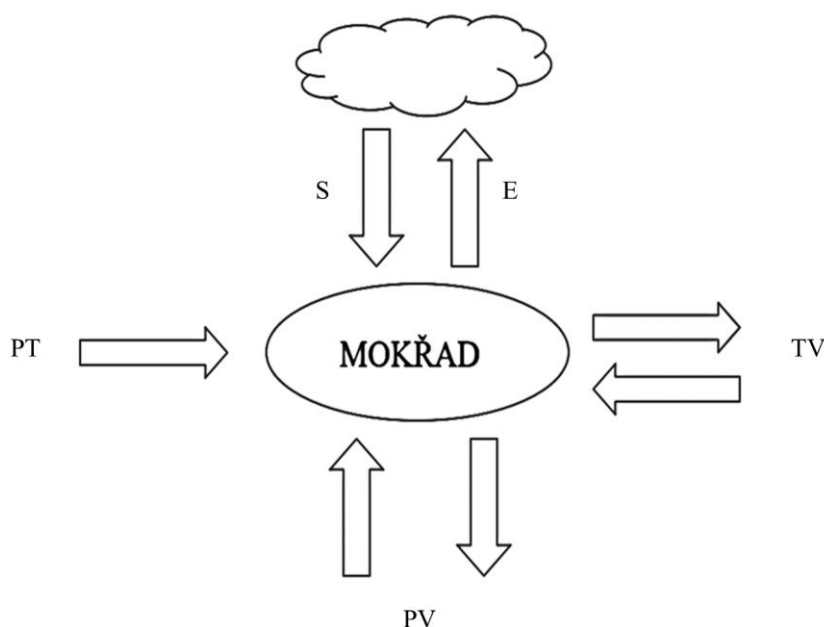
Druhou kategorií jsou *marshes* – mokřiny, které nejsou zalesněné (Burton a Tiner 2009). Vznikají na půdách a substrátech s vysokým obsahem minerálů a bahnitých půdách. Bahnité půdy tvoří tmavě až černě zbarvené již nerozeznatelné rozložené části rostlin. Minerální půdy jsou buď trvale nebo jen dočasně anoxické. Na vrchu obou podkladů může být tenká vrstva rostlinného opadu čímž vzniká rašelina. Vrstva rašeliny nepřesahuje hloubku 25 cm. Nejvíce se hromadí zejména na konci růstového období rostlin. Dominují zde byliny, zejména rákos, ostrice, trávy a různé druhy čeledi šáchorovitých.

Další kategorií mokřadů jsou *swamps* – močály, kde dominuje vysoká dřevinná vegetace. V některých evropských zemích může tento termín charakterizovat mokřady, kde dominuje rákos, orobinec a další podobná vegetace. Mělké mokřady s otevřenou vodou tvoří

čtvrtou kategorií tohoto rozdělení. Zahrnuje mělčiny jezer a řek, rybníků a jiných vodních ekosystémů. Jejich hloubka však nepřesahuje 2 metry (Burton a Tiner 2009).

Jiné rozdělení mokřadů může být na základě salinity a dle vegetace, která v nich roste. Rozlišujeme pak sladkovodní mokřady, ve kterých je voda se salinitou nižší než 1000 mg/l a přímořské mokřady s vodou o salinitě vyšší než 1000 mg/l. Sladkovodní mokřady se dále dělí jako v předchozím rozdělení na *marshes* a *swamps* (Kadlec a Knight 1996).

Mokřady na Zemi velmi rychle ubývají. Od doby, kdy se na planetě ocitl člověk, zanikla polovina původních mokřadů. Důvodem je zejména rozvoj zemědělství, odvodňování, narovnávání koryt řek, stavba vodních nádrží, urbanizace, těžba rašeliny aj. Mokřady jsou velmi citlivé na změny vodní bilance, hydrologický režim, povodňové cykly, kvalitu vody, sedimenty a zásoby živin (Koç 2008).



**Obr. 1:** Schéma hlavních přísunů a odtoků vody v mokřadech, kde PT (*povrchový tok*) znázorňuje přítok povrchové vody, která do mokřadu přiteče při nasycení půdy, S (*srážky*) přísun z atmosférických srážek, E (*evapotranspirace*) odpar evapotranspirací, PV (*podzemní voda*) přísun a odtok podzemní vody a TV (*tekoucí vody*) – vody v tekoucí v korytech – např. potoky, říčky, řeky atd.) (upraveno podle Batzer a Boix 2015).

#### 2.1.1.1 Tůně

Just (2003) charakterizuje tůně jako terénní prohlubně, které jsou zaplněny vodou. Tůně nevznikají vzdouvacím účinkem hráze a nedají se vypustit. To jsou hlavní odlišnosti od malých vodních nádrží. Tůně mohou být různých velikostí. Od malých tůněk až po velké tůně se shodnou velikostí jako vodní nádrže (Just 2003). Jejich hloubka se v průměru pohybuje okolo 2 metrů (Kalff 2002). Z funkčního hlediska můžeme řadit mezi tůně i zavodněné těžební

jámy a retenční prostory, které jsou budovány v nivách řek v rámci revitalizačních protipovodňových opatření. Vybudování tůň je méně nákladné oproti vybudování malé vodní nádrže (Just 2003).

Tůň tvoří prostředí pro růst vegetace a život různých druhů živočichů (Just 2003). Většinou mají bohatě vyvinutou litorální zónu pobřežní vegetace. Voda v tůňích je často přirozeně bohatá na živiny. Díky nim je v tůňích vysoká biodiverzita. Vzhledem k malé hloubce je voda více prohřátá oproti jiným vodním biotopům (Ambrožová 2003). Vyskytují se v nich jiné druhy živočichů než v malých vodních nádržích, jelikož zpravidla neslouží k chovu ryb. Avšak v některých větších tůňích se menší druhy ryb, jako jsou slunka obecná, karas nebo lín obecný, střevele potoční, mohou přirozeně vyskytovat. Dále tůň podporují zadržování vody v krajině a zvyšují tak retenční kapacitu území. V neposlední řadě esteticky obohacují prostředí (Just 2003).

Tůň jsou buď permanentní nebo vlivem sucha mohou krátkodobě vyschnout a jsou jen periodické (Ambrožová 2003). Tůň lze rozdělit na několik typů: mikrotůň v korytě drobného toku, protékané tůň, postranní tůň spojené s korytem toku, postranní tůň spojené s korytem, jejichž naplnění vodou určuje vzdouvací objekt na toku, tůň mimo koryto toku napájené odbočkou z koryta, tůň mimo koryto, závislé na hladině podzemní vody, tůň mimo koryto napájené drobným přítokem, revitalizované zavodněné jámy po mělké povrchové těžbě, částečně zavodněné sníženiny v nivách (Just 2003).

## 2.2 Vířníci

Vířníci představují kmen mikroskopických bezobratlých živočichů žijících převážně ve sladkých vodách, mezi které patří i právě studované tůň. Jsou součástí zooplanktonu (Segers 2008). Často tvoří značnou část biomasy veškerého zooplanktonu (Wallace a Smith 2009). Vyskytují se po celém světě v mnoha vodních ekosystémech s vodou o různém pH od malých dočasných kaluží až po velká stálá jezera, od oligotrofních jezer až po odpadní vody. Některé druhy mohou žít i v otevřených oceánech (Segers 2008). Dokážou se přizpůsobit nepříznivým podmínkám, což jim dovoluje osidlovat i jiné než již zmíněné biotopy. Jsou jimi odpadní vody, ptačí koupele, efemérní pouštní tůň, arktické vody a tající ledovce (Wallace a Smith 2009). Ve stavu anabiózy přežijí i vyschnutí (Bartoš 1959). Avšak nejvíce osidlují litorální zóny stojatých vod s měkkou a mírně kyselou vodou (Segers 2008).

Jsou velmi důležitým článkem v mikrobiální smyčce a v klasické potravní síti. Vířníci propojují mikroby a protista s vyššími trofickými úrovněmi (Wallace a Smith 2009). Přenáší

tak energii do vyšších trofických vrstev (Bartoš 1959). Ačkoli žijí pouze několik týdnů, jsou ve vodách díky rychlému rozmnožování přítomni v hojných počtech (Wallace a Smith 2009). Na člověka vířníci nemají přímý vliv. Avšak některé druhy slouží jako bioindikátory čistých vod a zároveň se také podílejí na samočištění vod (Bartoš 1959).

## 2.3 Biodiverzita

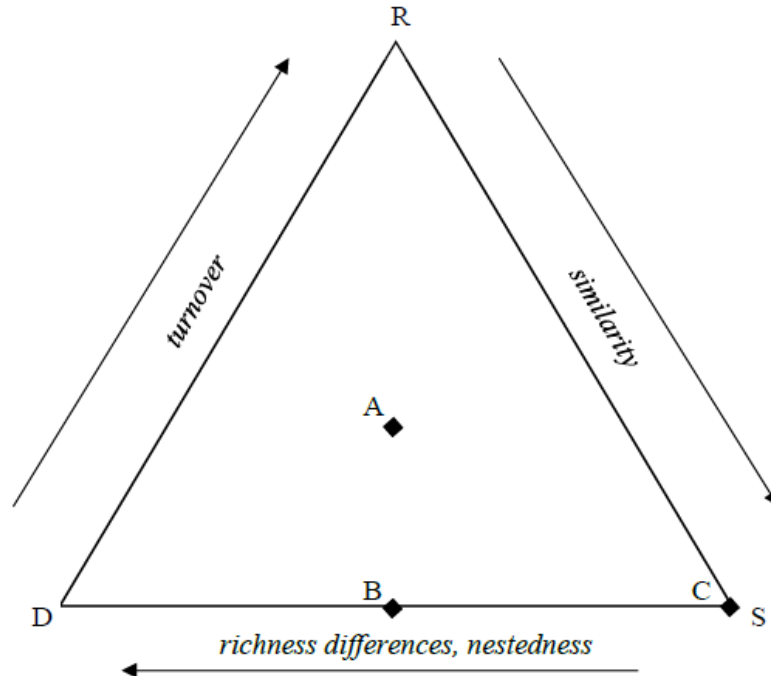
Biodiverzita neboli druhové bohatství živých organismů či rozmanitost druhů je dnes v ekologii velmi často používaný termín. Tento pojem byl zaveden již v roce 1985. Biodiverzitu lze popsat na několika úrovních počínaje od úrovně genů přes jednotlivé druhy, společenstva druhů až po celé ekosystémy. Tyto živé složky tvoří nesčetné množství interakcí s neživým prostředím, díky nimž je planeta Země obyvatelná (Carrington 2018).

Z geografického hlediska můžeme biodiverzitu rozdělit na tři úrovně – alfa, beta a gama diverzitu (Whittaker 1960). Alfa diverzita řeší druhy v jednotlivých společenstvech a jejich vztahy. Beta diverzita popisuje změny druhového složení mezi lokalitami. Gama diverzita sleduje rozmanitost druhů v rámci celého regionu (Whittaker 1960; Jost 2007). Biodiverzitu je možné popsat pomocí několika indexů diverzity, kterých neustále přibývá a celkový popis může být pak zmatečný (Lyashevskaya a Farnsworth 2012). Často používané indexy jsou Shannonův, Simpsonův, Jaccardův a Sørensenův index diverzity (Begon a kol. 1997). Vybrané, nejčastěji používané indexy, jsou shrnuty a popsány v mé bakalářské práci (Novotná 2018).

V posledních dvou desetiletích je mezi vědci velmi často řešeným tématem rozumný popis beta diverzity, míry (ne)podobnosti druhového složení mezi společenstvy. Názory se liší a nelze jednoznačně říct, který je ten správný. Baselga a kol. (2007), Baselga (2010, 2012) navrhuje rozkládat beta diverzitu na dvě složky: *nestedness* (hnízdovitost, vnoření) a *turnover* (výměna druhů). *Nestedness* definujeme jako sdílení druhově chudého společenstva v druhově bohaté lokalitě (Baselga 2010). Beta diverzita může vznikat i mechanismy *turnover* a *richness differences* (rozdíly v druhové bohatosti) (Podani a Schmera 2011; Carvalho a kol. 2012;).

Jedna z možností zobrazení rozkladu beta diverzity je vytvoření trojúhelníkového diagramu, tzv. *SDR-simplex approach* (obr. 2). Zahrnuje tři charakteristiky společenstev – *similarity* (*shared species* – počet sdílených druhů), která je počítána pomocí Jaccardova indexu, *richness differences* (rozdíly v druhové bohatosti) a *turnover* (výměna druhů). Součet

všech tří hodnot je vždy roven jedné (Podani a Schmera 2011). Z důvodu neustáleného a nepřesného českého překladu budou v magisterské práci dále užívány anglické termíny.



**Obr. 2:** Trojúhelníkový diagram – tzv. *SDR-simplex approach* znázorňující rozklad beta diverzity. Jednotlivé vrcholy udávají hodnoty *shared species*, *similarity* (S), *richness differences* (D) a *turnover* (R). Body A, B, C ilustrují vzorové příklady meziročních změn ve společenstvu na určité lokalitě s konkrétními hodnotami. Bod A ( $S = D = R = 0,333$ ) představuje společenstvo, ve kterém se taxonomická diverzita mění náhodně – část druhů zůstala stejná, část se vyměnila a změnil se i počet druhů. Ve společenstvu, které znázorňuje bod B ( $S = 0,5$ ;  $D = 0,5$ ;  $R = 0$ ) nedošlo k výměně druhů, ale pouze ke změně v druhové bohatosti. Společenstvo znázorněné bodem C ( $S = 1$ ;  $D = 0$ ;  $R = 0$ ) zůstalo stejné (upraveno podle Podani a Schmera 2011; podrobněji viz Novotná 2018).

## 2.4 Souhrn literární rešerše

Mokřady jsou jedny z nejdůležitějších a zároveň nejohroženějších ekosystémů na světě. Plní na planetě mnoho důležitých funkcí. Dokáží zadržovat velké množství sladké vody a poté vodu postupně uvolňovat. Zmírňují povodně. Jsou velmi důležité pro malý cyklus vody v přírodě. V neposlední řadě poskytují vhodné podmínky a prostor pro život a růst různých organismů. Představují centrum vysoké biodiverzity včetně vířníků, kterými se tato práce zabývá.

Vířníci jsou mikroskopičtí převážně sladkovodní organismy, pro které jsou mokřady typickým habitatem a jejich taxonomická diverzita je zde vysoká. Biodiverzita má důležitou roli v mnoha funkcích ekosystému, proto je důležité se tímto tématem zabývat. Změny diverzity v čase i v prostoru lze porovnat rozložením tří základních složek beta diverzity – počtu sdílených druhů, rozdílů v druhové bohatosti a výměny druhů.

## 3 Materiál a metody

### 3.1 Popis lokality

Chráněná krajinná oblast Kokořínsko – Máchův kraj se rozkládá na území tří samosprávných krajů. Velkou částí zasahuje do Středočeského a Libereckého kraje, malá část se pak nachází v Ústeckém kraji. Celková rozloha CHKO činí 410 km<sup>2</sup>. Původní CHKO Kokořínsko, vyhlášena v roce 1976, byla roku 2014 rozšířena o oblast Máchův kraj. Jedná se o dvě navzájem nepropojené oblasti. Nejvyšším vrcholem CHKO je kopec Vlhošť, který měří 614 m. Naopak nejnižším místem (175 m n. m.) je niva potoka Liběchovka v Želízích.

CHKO je převážně zalesněná oblast pahorkatinného typu. Dominují zde kyselé kvádrové pískovce, které tvoří velké plošiny a údolí a také různé útvary v podobě bran, pokliček, skalních měst apod. V údolích lze mnohdy pozorovat klimatickou inverzi, při které se těžký studený vzduch drží těsně nad zemským povrchem. Průměrná roční teplota se zde pohybuje okolo 8 °C.

Nachází se zde mnoho ekosystémů, díky kterým je CHKO druhově velmi bohatá. Z hlediska ochrany přírody jsou podstatné dva toky Pšovka a Liběchovka. V nivách těchto potoků se nachází mokřady, které jsou zapsané v seznamu mezinárodně významných mokřadů chráněných tzv. Ramsarskou úmluvou. Díky nim jsou v CHKO velké zásoby kvalitních podzemních vod. Převážná většina studovaných mokřadů se nachází právě podél toku Liběchovky a Pšovky (<http://kokořinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>).

### 3.2 Způsob odběru vzorků

V letech 2006 a 2017 byly ve třech ročních obdobích (jaro, léto, podzim) odebrány kvalitativní vzorky ze 42 různých tůní na Kokořínsku. Lokace studovaných tůní jsou znázorněny na mapce níže (obr. 3). Pro účely magisterské práce bylo vybráno 32 tůní. Vzorky z deseti tůní, které nebyly zařazeny do zpracování, nebyly z různých důvodů odebrány. Nejčastěji se jednalo o důsledek vyschnutí lokality v některém odběrovém termínu.

Původ tůní je různý. Některé byly nově vyhloubené a jiné vznikly obnovením původních tůní. Jednotlivé vzorky vířníků byly odebírány pomocí vrhací planktonní sítě s velikostí oček 40 µm. Na každé tůni bylo provedeno několik tahů nebo byla voda nalévána do sítě nádobou (zejména tam, kde bylo vyšší množství makrofyty). Následně byly vzorky zafixovány formaldehydem do konečné koncentrace asi 4 %. Dále byly zaznamenány vybrané abiotické faktory (podrobnosti viz práce Novotná 2018). Pomocí víceparametrové sondy

zjišťující kvalitu vody (YSI 556 MPS; YSI, Yellow Springs, USA) byly naměřeny hodnoty koncentrace rozpuštěného kyslíku, vodivosti, pH a teploty. Dále byly zaznamenány další parametry jako rozměry tůň, hloubka, stáří a hustota vegetace. V roce 2017 přibylo měření průhlednosti vody pomocí Secchiho desky a koncentrace chlorofylu *a*. Ve všech vzorcích byly na optickém mikroskopu Leica DM750 determinovány jednotlivé druhy vířníků. K určování byly využity následující určovací klíče: Bartoš (1959), Koste (1978), Segers (1995), Nogrady a Segers (2002). Výsledkem je presenční a absenční matice druhů v jednotlivých tůň.

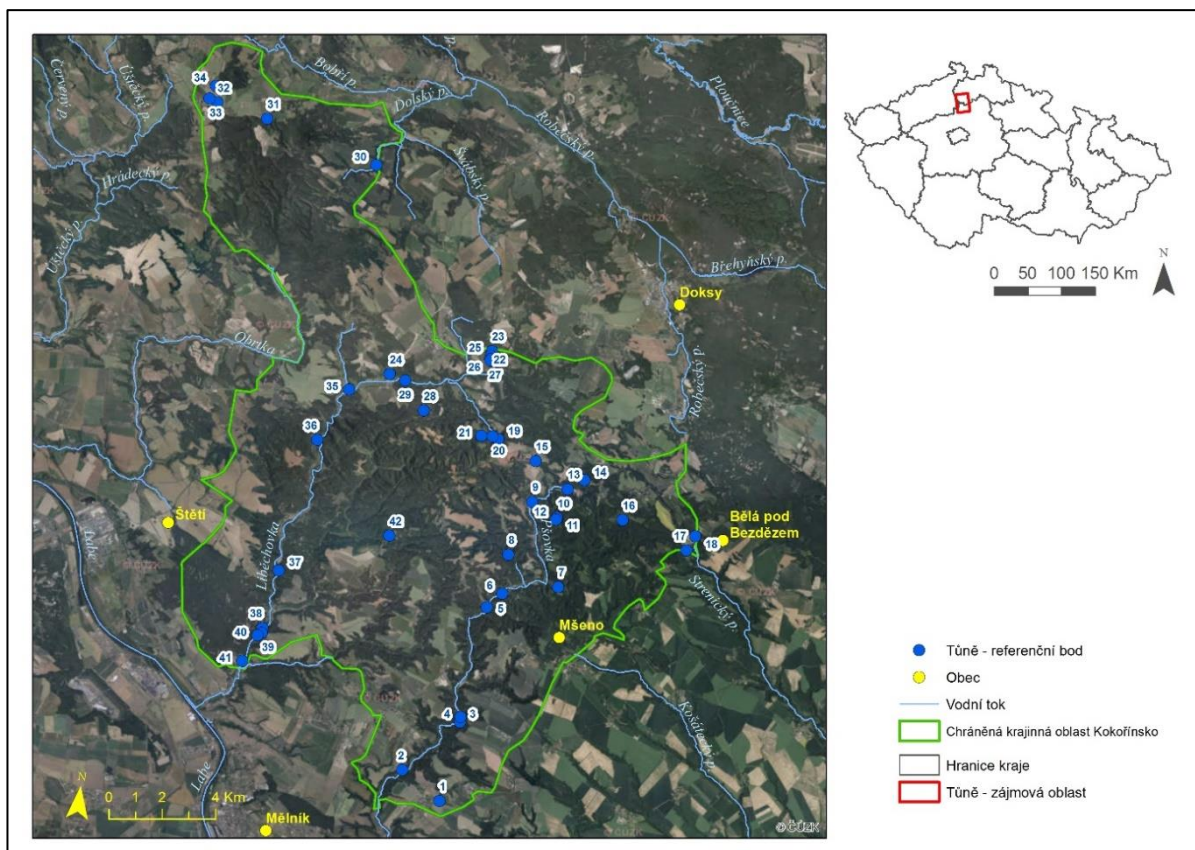
Z výsledků bakalářské práce vyplynulo, že podstatný vliv na společenstva vířníků má morfologie tůň. Proto byly jednotlivé tůň rozděleny dle plochy do čtyř kategorií od nejmenších (do 10 m<sup>2</sup>) přes malé (11–100 m<sup>2</sup>), střední (101–200 m<sup>2</sup>) až po velké tůň (nad 200 m<sup>2</sup>). Nejvíce tůň (11) je v kategorii č. 2 s rozmezím plochy 11–100 m<sup>2</sup>. Počty tůň v konkrétních kategoriích nejsou úplně vyrovnané (Tab. 1).

**Tab. 1:** Počet tůň v jednotlivých kategoriích dle jejich velikost plochy.

<b>kategorie</b>	<b>plocha [m<sup>2</sup>]</b>	<b>počet tůň</b>
<b>1</b>	0–10	6
<b>2</b>	11–100	11
<b>3</b>	101–200	7
<b>4</b>	>200	8



Pro magisterskou práci byla k dispozici data z roku 2006 (z nichž jsem letní odběrovou kampaň zpracovávala v rámci své bakalářské práce). Z těchto dat bylo zpracováno druhové složení vířníků. V roce 2017 jsem se odběrů zúčastnila a ve všech vzorcích určila jednotlivé druhy vířníků.



**Obr. 3:** Mapa zobrazující polohu studovaných tůň v rámci CHKO Kokořínsko – Máchův kraj.

### 3.3 Statistické zpracování dat

Pro základní statistické vyhodnocení dat a tvorbu grafů byl použit MS Office. Počet druhů vířníků a základní podmínky prostředí (teplota, obsah rozpuštěného kyslíku, pH a vodivost) v závislosti na ročním období a roce odběru byly vyhodnoceny faktoriální analýzou variance s následným Tukey HSD testem ve statistickém programu Statistica 13.4 (TIBCO Software Inc. 2018).

Data pro párová porovnání všech tůň navzájem v rámci každého odběrového období byla zpracována ve statistickém programu SDRSimplex (<http://ramet.elte.hu/~podani>). Trojúhelníkové diagramy byly následně vytvořeny pomocí balíčku „plotrix“ (Lemon 2006) ve statistickém softwaru R 3.6.1 (R Core Team 2019). Zároveň byly zkonstruovány trojúhelníkové grafy porovnávající změny konkrétních tůň v čase, kde jsem párově

porovnávala matici druhových dat (prezence-absence) pro každé období obou let (např. jaro 2006 a jaro 2017).

## 4 Výsledky

### 4.1 Charakteristiky tůní

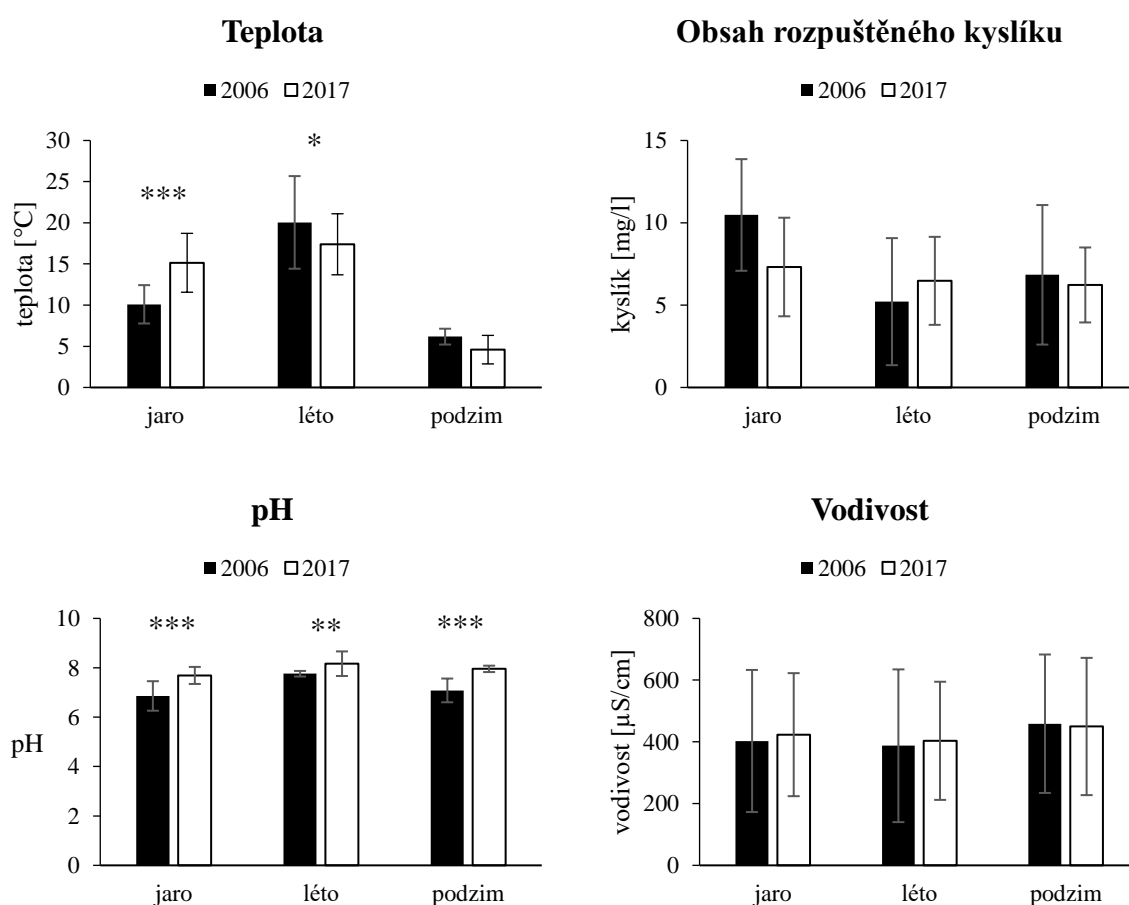
Ve třech ročních obdobích v letech 2006 a 2017 byly měřeny a zaznamenány charakteristiky jednotlivých lokalit. Do analýzy byly zahrnuty teplota vody v tůni, koncentrace rozpuštěného kyslíku, pH, vodivost, koncentrace chlorofylu *a* a bylo spočítáno stáří tůní. Hodnoty se v porovnávaných letech liší. Jejich minimální a maximální hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 2.

**Tab. 2:** Naměřené minimální a maximální hodnoty parametrů tůní zahrnutých v analýze.

	2006		2017	
	Teplota [°C]			
Období	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Jaro	5,5	14	8,2	25,1
Léto	9,4	33	11	26
Podzim	3,96	8,2	1,9	10
	Kyslík [mg/l]			
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Jaro	3,6	19,8	2,1	14,2
Léto	0,2	14	1,4	12,1
Podzim	1,16	18,3	2,3	14,8
	pH			
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Jaro	5,14	7,73	6,3	8,2
Léto	4,68	7,99	6,7	8,9
Podzim	5,74	8,15	7,5	8,2
	Vodivost [μS/cm]			
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Jaro	50	957	58	1719
Léto	61	1070	54	800
Podzim	74	1589	56	1796
	Chlorofyl <i>a</i> [μg/l]			
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Jaro	-	-	13	1642
Léto	-	-	11	2394
Podzim	-	-	6	944
	Stáří tůně [rok]			
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Jaro	2	10	13	21
Léto	2	10	13	21
Podzim	2	10	13	21

V jednotlivých obdobích byly mezi roky 2006 a 2017 porovnávány průměrné hodnoty vybraných abiotických faktorů (obr. 4). Průměrná teplota vody v tůních se nejvíce lišila na

jaře, kdy v roce 2017 byla o zhruba 5 °C vyšší než v roce 2006. Naopak v létě a na podzim průměrná teplota v roce 2017 mírně klesla oproti roku 2006. Největší rozdíl obsahu rozpuštěného kyslíku byl naměřen opět na jaře. V porovnání po 11 letech jeho průměr klesl o cca 3 mg/l. V létě průměrná hodnota vzrostla o cca 1,2 mg/l. Na podzim byly průměrné hodnoty téměř shodné. Průměrné hodnoty pH mírně vzrostly ve všech třech obdobích roku 2017. Vodivost se po jedenácti letech téměř nezměnila, vždy vykazovala vysokou variabilitu (obr. 4).



**Obr. 4:** Porovnání průměrných hodnot teploty, obsahu rozpuštěného kyslíku, pH a vodivosti ve třech ročních obdobích v letech 2006 a 2017. Hvězdičky zobrazují statisticky významný rozdíl ( ) daného parametru konkrétního období mezi lety 2006 a 2017 (faktoriální ANOVA, vybraný faktor období \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ). U teploty, koncentrace rozpuštěného kyslíku a vodivosti nebyl nalezen významný vliv roku sledování, u pH ano ( $F = 61,75$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0,001$ ).

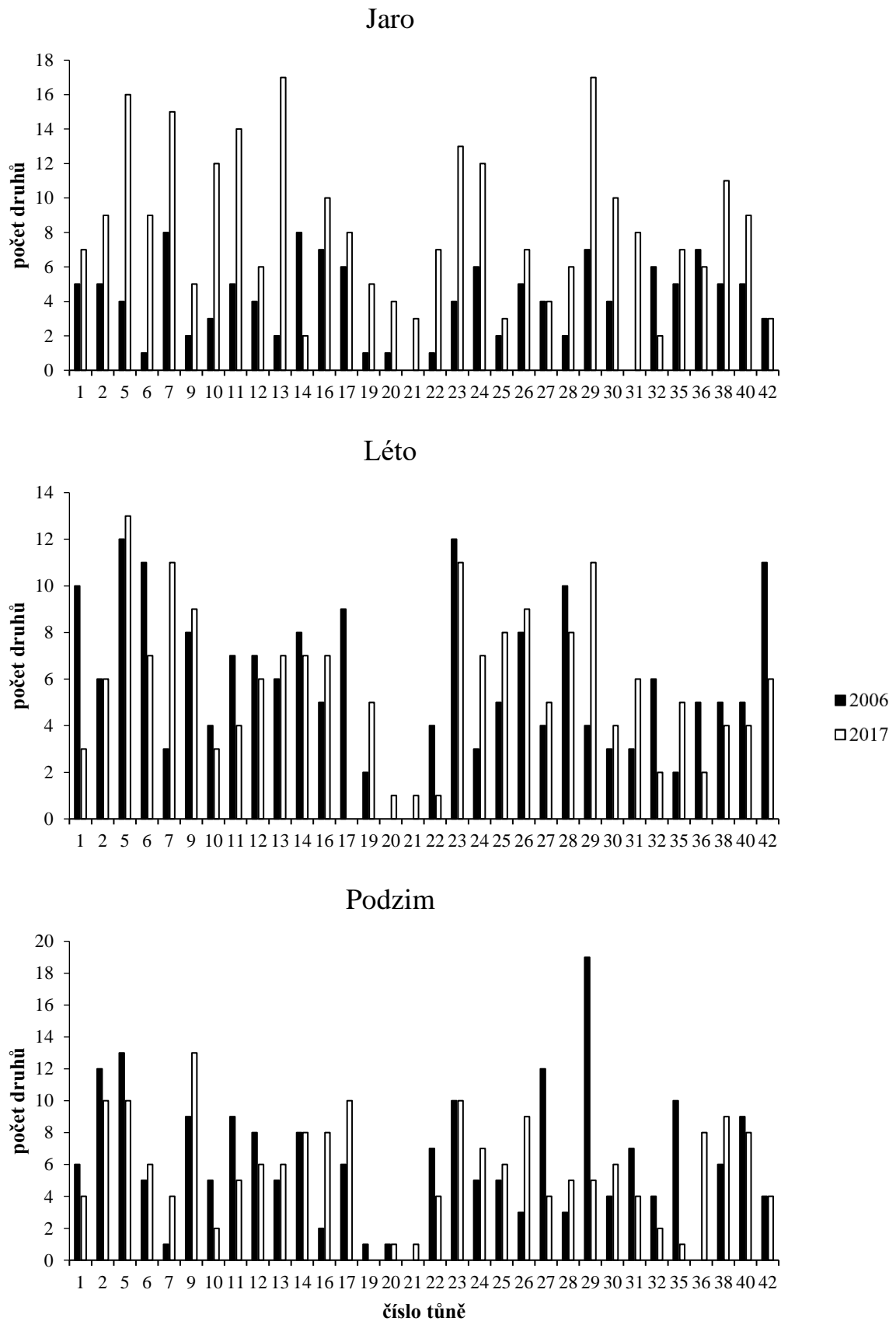
## 4.2 Taxonomická diverzita vířníků

V letech 2006 a 2017 ve třech ročních obdobích (jaro, léto a podzim) bylo ve 32 tůních nalezeno celkem 89 druhů vířníků. V obou porovnávaných letech bylo determinováno téměř shodně druhů. V roce 2006 bylo určeno 69 druhů a v roce 2017 o jeden druh více (70). Nejvíce se v tůních vyskytovaly druhy nelorikátních vířníků třídy Bdelloidea. Dalším velmi častým druhem byla *Keratella testudo*. Běžně se pak vyskytovaly druhy *Polyarthra dolichoptera*, *Synchaeta oblonga/tremula*, *Lepadella ovalis* a *patella*, *Lecane closterocerca*, *Testudinella patina* a rod *Cephalodella* spp. Naopak jen velmi vzácně se vyskytovaly druhy *Trichocerca rousseleti*, *Trichocerca iernis*, *Notholca acuminata* aj.

Novými druhy v roce 2017 byly *Asplanchna sieboldi*, *Brachionus urceolaris*, *Hexarthra mira*, *Keratella serrulata*, *Keratella ticinensis*, *Lecane hamata*, *Lecane tenuiseta*, *Mytilina unguipes*, *Notholca acuminata*, *Polyarthra minor*, *Testudinella emarginula*, *Testudinella mucronata*, *Trichocerca bicristata*, *Trichocerca* cf. *relicta*, *Trichocerca dixon-nutali*, *Trichocerca myersi*, *Trichocerca parvula*, *Trichocerca tenuior* a *Trichocerca weberi*. Naopak druhy *Brachionus diveersicornis*, *Collotheca* sp., *Euchlanis deflexa*, *Filinia terminalis*, *Gastropus hyptopus*, *Lecane ludwigii*, *Lepadella oblonga*, *Lophocharis oxysternon*, *Mytilina bisulcata*, řád Flosculariaceae, *Polyarthra vulgaris*, *Scaridium longicaudum*, *Squatinella rostrum*, *Trichocerca brachyura*, *Trichocerca iernis*, *Trichocerca pussila*, *Trichocerca rousseleti* a *Trichocerca tetractis* se vyskytovaly pouze v roce 2006, v roce 2017 nebyly nalezeny.

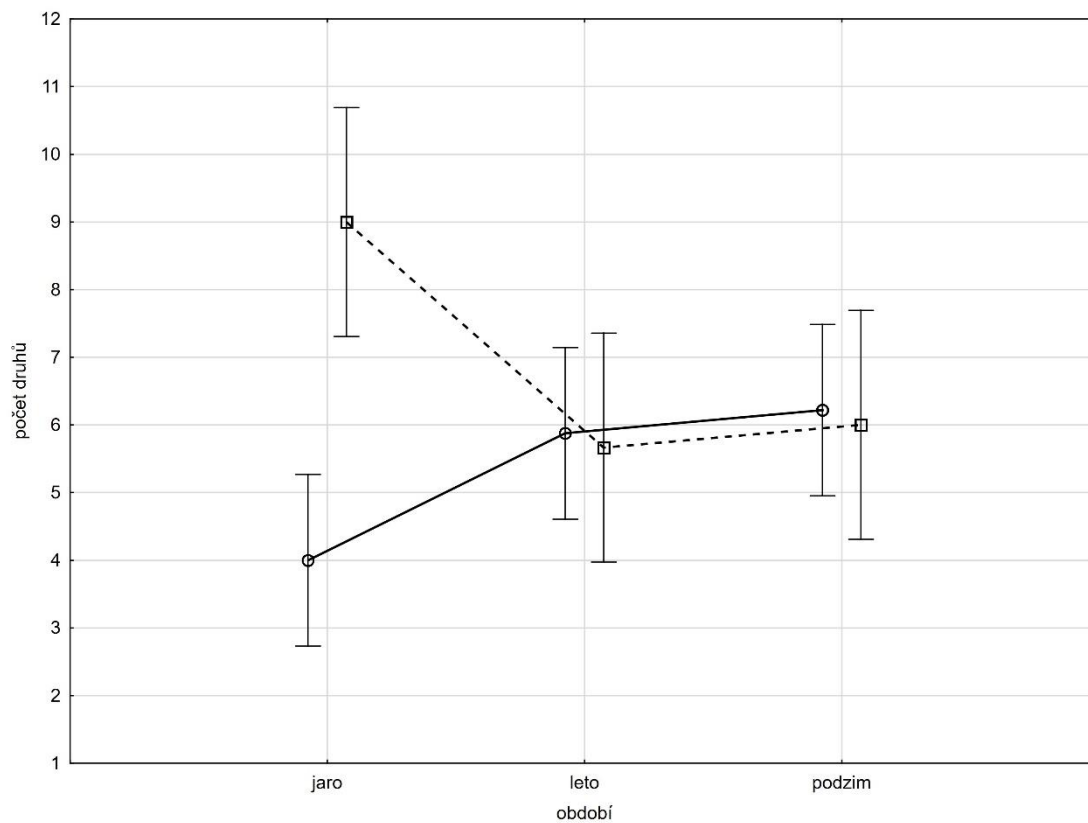
V porovnání po 11 letech se počty druhů v tůních v jednotlivých obdobích měnily. Některé tůně byly druhově velmi bohaté, jiné naopak chudé. V některých se dokonce nevyskytoval žádný druh. Nejvíce druhů (19) bylo nalezeno na podzim roku 2006 v tůni č. 29. Tůně č. 20 a 21 jsou druhově nejchudší ve všech třech obdobích a obou porovnávaných letech. Přesné počty druhů vířníků v konkrétních tůních, ve třech ročních obdobích porovnávaných roky 2006 a 2017 jsou znázorněny na obr. 5.

Na jaře v roce 2017 bylo s výjimkou třech tůní nalezeno více nebo (pouze ve 2 tůních) stejně druhů ve srovnání s rokem 2006. V létě a na podzim byla v taxonomická diverzita v letech 2006 a 2017 různá. Obecný vzor jsem pro rozdíly druhové bohatosti nenalezla (obr. 5).



**Obr. 5:** Počty druhů v jednotlivých tůňích ve třech ročních obdobích v roce 2006 a 2017.

Průměrný počet druhů vířníků v jedné tůni v letech 2006 a 2017 se průkazně lišil mezi roky ( $F = 6,16$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0,01$ ) a v interakci rok\*období ( $F = 9,23$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0,001$ ) (Obr. 6). Nejvyšší rozdíl byl zaznamenán na jaře. V roce 2017 bylo v jedné tůni nalezeno průměrně o 5 druhů vířníků více oproti roku 2006. V létě a na podzim byly rozdíly v průměrném počtu mezi oběma roky jen minimální.



**Obr. 6:** Porovnání průměrného počtu druhů vířníků v jedné tůni mezi roky 2006 a 2017 ve třech ročních obdobích. Plná čára – rok 2006, čárkovaná čára – rok 2017.

Tůně byly dle jejich rozlohy rozděleny do čtyř kategorií (viz. tabulka 1). Pro každou kategorii byl spočítán průměrný počet druhů v jedné tůni (tabulka 3). Nejvíce druhů se vyskytovalo na jaře roku 2017 v tůních o rozloze 101–200 m<sup>2</sup>. Naopak nejméně druhů bylo nalezeno na jaře v roce 2006 v nejmenších tůních s velikostí plochy do 10 m<sup>2</sup>. V roce 2017 byl průměrný počet druhů v každé kategorii téměř pokaždé vyšší ve všech třech ročních obdobích oproti roku 2006.

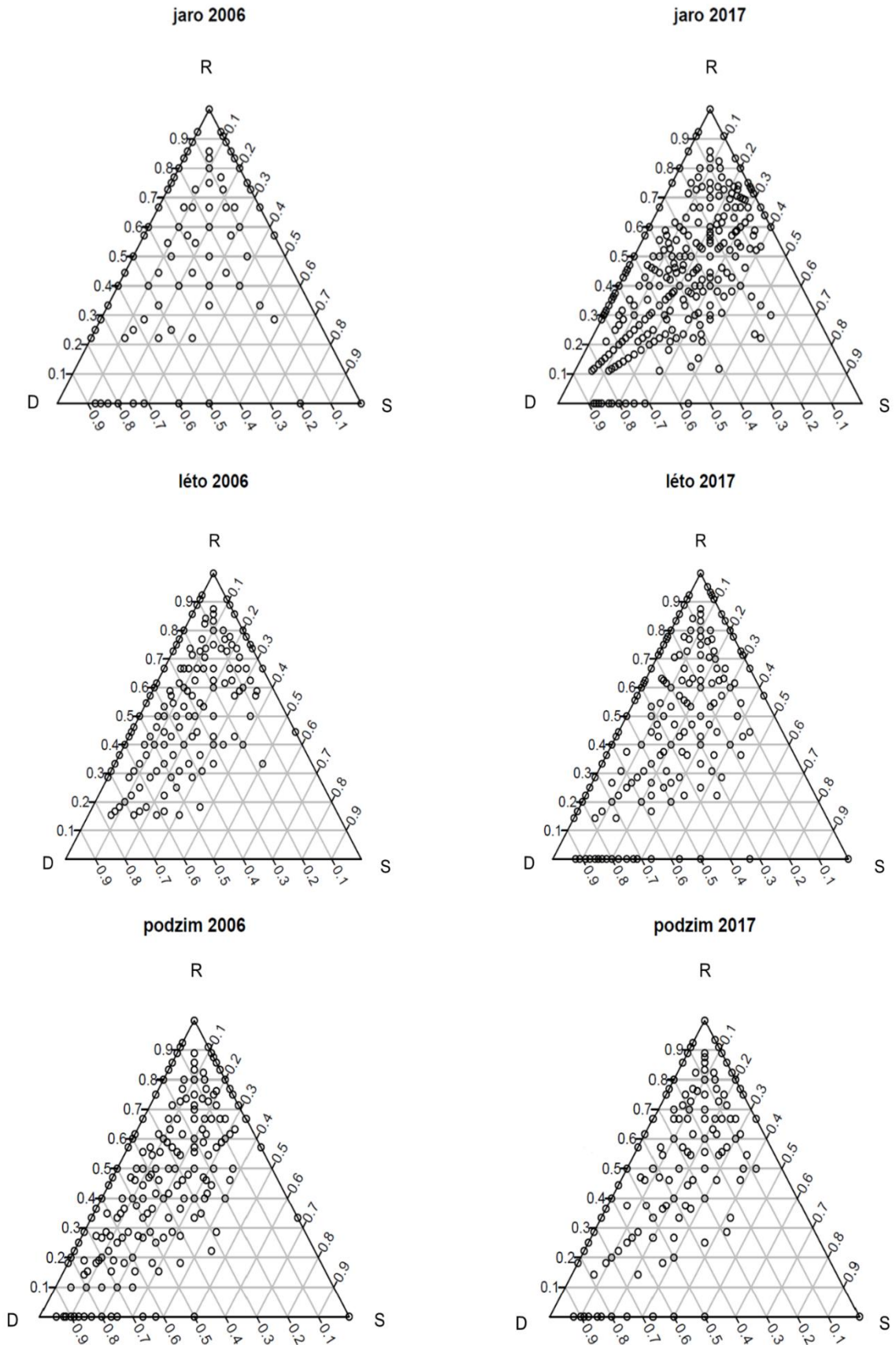
**Tab. 3:** Průměrný počet druhů v tůních jednotlivých kategorií podle plochy.

Kategorie	Průměrný počet druhů v jedné tůni					
	Jaro 2006	Jaro 2017	Léto 2006	Léto 2017	Podzim 2006	Podzim 2017
1	1,8	6,2	2,3	3,7	2,7	2,7
2	4,8	8,8	6,3	4,8	6,6	5,9
3	3,3	9	7,3	7	8,1	6,9
4	5,1	8,8	6,8	7,4	6,6	7,1

### 4.3 Rozklad beta diverzity

Tůně jsou z hlediska druhového složení velmi různorodé a navzájem si nejsou podobné. Dokazují to velmi nízké hodnoty *similarity*, které málokdy přesahují hodnotu 0,5 a naopak vyšší hodnoty *richness differences* a *turnover*. Většina bodů v trojúhelníkových diagramech se nachází spíše v levé (*richness differences*) horní (*turnover*) části (Obr. 7). Tůně si nejsou podobné, protože se buď liší v počtu druhů anebo taxonomickou diverzitou.





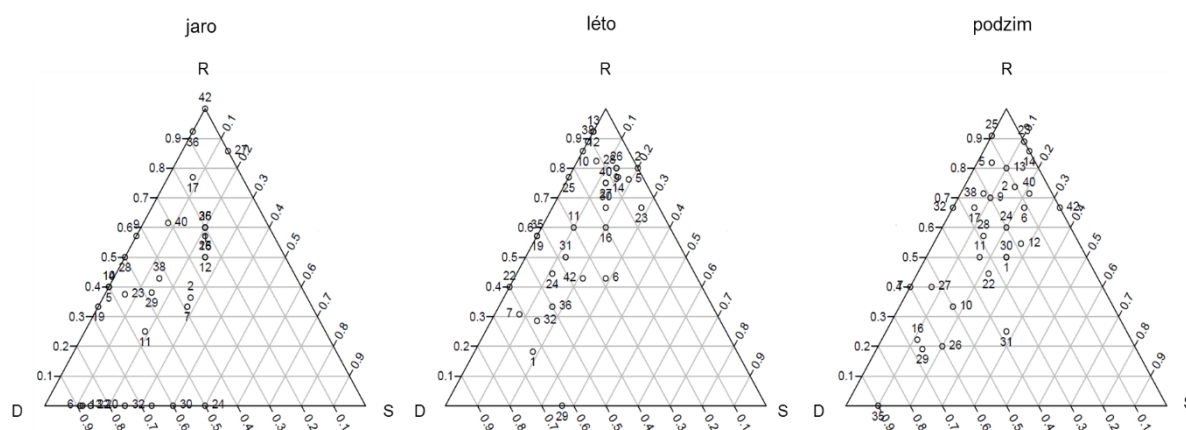
**Obr. 7:** Párová porovnání všech tůň v letech 2006 a 2017 ve třech ročních obdobích.

Taxonomická diverzita se v jednotlivých tůních v porovnání po 11 letech ve třech ročních obdobích měnila (obr. 8). Opět to dokazují nízké hodnoty *similarity* a naopak vyšší hodnoty *richness differences* a *turnover*. Ve všech třech ročních obdobích nebyla hodnota *similarity* s výjimkou dvou tůní na jaře vyšší než 0,4. Nepodobnost společenstev vířníků v tůních je dána změnami v počtech druhů a druhovou rozmanitostí.

Na jaře v tůních č. 24, 30, 32, 20, 22, 13 a 6 došlo pouze ke zvýšení počtu druhů vířníků, nikoli k jejich výměně. V tůni č. 42 nezůstaly žádné druhy stejné, všechny se vyměnily. Jejich počet se však nezměnil. Počet druhů se nezměnil ani v tůni č. 27. V ostatních tůních nastala jak změna v druhovém složení, tak i v počtu druhů.

V letním období nastaly obě změny (počet i složení druhů) ve 27 tůních. Pouze společenstvo v tůni č. 29 se změnilo jen zvýšením počtu druhů a v tůni č. 2 jen výměnou druhů. Hodnota *turnover* je u více než poloviny tůní vyšší než 0,5. Tzn., že společenstva v tůních si nejsou podobná spíše díky výměně druhů. Hodnota *similarity* s jednou výjimkou (tůň č. 29) nepřekročila 0,3.

Na podzim došlo k oběma změnám ve 24 tůních. V tůni č. 35 se změnil pouze počet druhů a v tůních č. 42, 14 a 23 došlo pouze k výměně druhů. Stejně jako v létě jsou u většiny porovnávaných tůní vyšší hodnoty *turnover* oproti *richness differences*. Pouze u dvou tůní byla hodnota *similarity* vyšší než 0,3.



**Obr. 8:** Rozklad beta diverzity mezi roky 2006 a 2017 ve třech ročních obdobích – jaro (analyzováno 30 tůní), léto (analyzováno 29 tůní) a podzim (analyzováno 28 tůní). Rozdílný počet analyzovaných párů tůní je dán odstraněním vzorků, kde vířníci nebyli nalezeni vůbec nebo byla tůň vyschlá.

## 5 Diskuse

### 5.1 Taxonomická diverzita

Vířníci se vyskytují ve všech typech vod, avšak nejvíce osidlují sladké vody. Díky jejich rozsáhlému výskytu a vysoké početnosti je tento kmen jedním ze tří hlavních skupin tvořící sladkovodní zooplankton, kterým se zabývají limnologické výzkumy (Segers 2008). Na území České republiky jsou vířníci studováni přibližně 160 let. Avšak studie často neposkytují ucelené informace o rozšíření ani významu konkrétních druhů. V CHKO Kokořínsko – Máchův kraj začal výzkum vířníků v roce 2004, kdy bylo studováno celkem 33 tůní a rybníků (Devetter 2006). Od roku 2005 probíhal monitoring zaměřený na 42 tůní (Juračka a kol. 2019).

V obou letech (2006 a 2017) bylo ve studovaných tůních nalezeno celkem 89 taxonů vířníků. V roce 2006 i 2017 ve třech ročních obdobích se v tůních nejčastěji vyskytovala třída Bdelloidea. Tato třída vířníků zahrnuje celkem 461 druhů. Konkrétní druhy lze určit pouze zaživa (Segers 2008). V tomto výzkumu tedy nebyla možná hlubší determinace což vysvětluje takto vysokou frekvenci nálezů ve studovaných tůních.

Nejčastějšími druhy tůní byly *Keratella testudo* a *Polyarthra dolichoptera*. Rod *Keratella* i *Polyarthra* se ve sladkých vodách vyskytují zcela běžně. Tyto dva rody byly také nejčastějšími např. ve vodní nádrži Římov v jižních Čechách v letech 1993–1995 (Devetter 1998) nebo ve dvou zkoumaných pískovnách v Polsku (Skowronek a kol. 2010).

### 5.2 Vztah taxonomické diverzity vířníků a různých parametrů tůní

Ze 42 studovaných tůní bylo do statistického zpracování zařazeno 32 tůní. Některé vzorky nebyly k dispozici k mikroskopickému zpracování, některé tůně byly v době odběru vyschlé apod. V těchto tůních nebyl nalezen žádný průkazný vztah taxonomické diverzity vířníků s naměřenými charakteristikami tůní, podle kterého by se jejich výskyt měnil (v diplomové práci nejsou zahrnuty podrobné výsledky všech analýz vztahů vířníků a charakteristik prostředí). Tůně se mezi sebou liší ve spoustě ohledů. Mají různou rozlohu – od malých tůněk po rozlehlé velké tůně, a dále svou lokací. Některé se nachází na travnatých loukách, jiné v lesích apod. Různé parametry mohou ovlivnit taxonomickou diverzitu vířníků. Na základě mého výzkumu lze tvrdit, že taxonomická diverzita vířníků v kokořínských tůních se mění víceméně náhodně.

Analýza však nezahrnuje informace o biodiverzitě a interakcích ostatních planktonních skupin žijících společně s vířníky v těchto tůních. Data nejsou v současné době k dispozici.

Jedná se především o malé korýše zahrnující skupinu perlooček (Cladocera), klanonožců (buchanky a vznášivky – Copepoda) a lasturnatek (Ostracoda), které mohou svým výskytem a abundancí ovlivnit biodiverzitu vířníků. Mezi druhy jednotlivých skupin jsou různé interakce, které mohou více či méně působit na výskyt vířníků. Perloočky se živí převážně rostlinnou potravou. Většina lasturnatek požívá bentos, řasy či detrit, některé druhy mohou být i dravé. Ovšem buchanky jsou především aktivními predátory a vířníci jsou pro ně častou kořistí (Brandl 2005).

Dále do analýzy nemohly být zařazeny všechny měřené charakteristiky tůní, jelikož jejich měření neproběhlo ve všech odběrových obdobích. Parametry, konkrétně plocha tůní, hustota vegetace, pH, koncentrace kyslíku, vodivost a teplota, které byly porovnávány, se ve třech ročních obdobích liší. Nebyl však zjištěn žádný trend, podle kterého by se druhové složení i abundance měnily.

### 5.3 Změny taxonomické diverzity a vztah k charakteristikám tůní

Na jaře v roce 2017 došlo ke zvýšení počtu druhů vířníků téměř ve všech tůních. Zároveň byl vyšší i průměrný počet druhů v jedné tůni v tomto období. Může to být způsobeno vyšší teplotou vody v tůních. Průměrné teploty vzduchu v měsíci dubnu byly značně vyšší oproti normálu. Dle Českého hydrometeorologického ústavu spadlo mnohem méně srážek než obvykle (chmi.cz). Díky těmto dvěma faktům mohlo dojít ke zvýšení průměrné teploty vody v tůních.

Zároveň v tomto období byla nižší průměrná hodnota rozpuštěného kyslíku ve vodě. Rozpustnost kyslíku ve vodě je na teplotě závislá. S rostoucí teplotou rozpustnost kyslíku klesá. Vyšší biodiverzita může být i důsledkem jiných faktorů nebo jejich kombinací. Na jaře roku 2017 byla taxonomická diverzita vířníků ze všech období nejvyšší. Co přesně tento nárůst druhů způsobilo není zcela jasné. Možným, však jen velmi málo pravděpodobným důvodem, je determinace vířníků v roce 2006 (jaro a podzim) různými osobami.

Tůně se od sebe liší z pohledu svých abiotických charakteristik jak mezi sebou, tak i v porovnání po jedenácti letech. Ve všech třech obdobích mírně vzrostly průměrné hodnoty pH což může to být způsobeno sukcesí tůní spojenou např. se zvýšenou primární produkcí.

## 5.4 Rozklad beta diverzity

Pro porovnání kokořínských tůní z hlediska biodiverzity vířníků byly použity SDR trojúhelníkové diagramy, které byly navrženy pro názorné zobrazení změn společenstev za určitou dobu. Jejich výhodou je zahrnutí tří mechanismů, které popisují možné změny ve společenstvech (Podani a Schmera 2011; Carvalho a kol. 2012). Kokořínské tůně si z hlediska společenstev vířníků nejsou navzájem podobné a zároveň stejné tůně se v porovnání po jedenácti letech od sebe liší. Dokazují to velmi nízké hodnoty *similarity* a naopak vysoké hodnoty *richness differences* a *turnover*. Na jaře se tůně po jedenácti letech od sebe lišily především ve zvýšení počtu druhů. Kdežto v létě a na podzim je nepodobnost tůní dána především výměnou druhů. Při porovnávání stejných tůní nebylo možné v programu vyhodnotit změny v tůních, ve kterých se v jednom z roků nevyskytovaly žádné druhy vířníků. Proto bylo zařazeno na jaře pouze 30, v létě 29 a na podzim 28 tůní.

Čím jsou tyto změny dány není zcela jasné. Biodiverzitu mohou ovlivňovat různé faktory a události. Tůně jsou velmi nestálým biotopem. U menších tůní může často docházet k jejich vysychání. Vířníci jsou schopni přežít období bez vody v sedimentu ve formě trvalých vajíček. Při opětovném naplnění tůně vodou se vířníci vylíhnou a dále rozmnožují (Bartoš 1959). Jiným z možných důvodů je lokace tůní. Většina tůní je situována podél dvou potoků (Pšovka a Liběchovka) a při jejich rozvodnění tak může dojít k disperzi druhů.

Dalším vysvětlením, proč se společenstva vířníků v tůních mění jsou různé události, které mohou tůň nějakým způsobem narušit a změnit tak její parametry (plocha, hloubka, pH atd.). Takovými událostmi mohou být různé přírodní disturbance (např. vyvrácený strom), spadlé stromy přímo do tůně, uhynulá větší či menší zvířata aj.

Důvodem změn druhového složení i počtu druhů mohou být také vektory, které představují různé druhy zvířat (prasata, ptáci, obojživelníci atd.). Zapomenout se nesmí ani na člověka, který svým pohybem v okolí tůní a odebráním vzorků také může způsobit šíření druhů do jiných lokalit.

## 5.5 Význam biodiverzity

Biodiverzita neboli biologická rozmanitost je všudypřítomná, na celém zemském povrchu, v každé kapce vody. Má velký význam v mnoha funkcích ekosystému a jejich služeb. Ovlivňuje klíčové procesy v ekosystémech jako jsou produkce biomasy, koloběh živin a vody, utváření půdy atd. Procesy v ekosystému jsou v na různých místech odlišné. Jsou ovlivněny nejen biodiverzitou, ale také podnebím, dostupností zdrojů, disturbancí a jinými vnějšími

faktory. Vyšší biodiverzita druhů může zlepšit odolnost vůči invazivním druhům. Přestože oblasti s vyšší biodiverzitou jsou náchylnější k invazi než druhově chudé oblasti, je v rámci konkrétního habitatu pro zvýšení odolnosti vůči invazi důležité zachování vyšší biodiverzity původních druhů schopných osídlit tuto lokalitu (MEA 2005).

Biodiverzita, která se může měnit v závislosti na využití plochy a typu pokryvu zemského povrchu, má vliv také na podnebí, a to na úrovni lokální, regionální i globální. Globální změny obecně ovlivňují biodiverzitu a zároveň jsou biodiverzitou ovlivňovány (MEA 2005).

## 5.6 Význam mokřadů – změny v krajině

Studium mokřadů je pro naši planetu velmi důležité, neboť jak již bylo zmíněno v literární rešerši, plní tento ekosystém v přírodě velmi důležité funkce. Mokřadů velice rychle ubývá (Čížková a kol. 2017). Mokřady nacházející se podél Pšovky a Liběchovky byly zapsány do seznamu Ramsarské úmluvy v roce 1997. Zaujímají rozlohu zhruba 361 ha (Beran a kol. 2017).

Změnami mokřadů v nížinách a pahorkatinách v České republice v letech 1843–2015 se zabývali např. Richter a Skaloš (2016). Bylo zjištěno, že za 172 let se rozloha mokřadů zmenšila z 5 762 ha na 54 ha. Jedná se o nemalé číslo. Oproti dřívějšímu, kdy převážnou rozlohu mokřadů zabíraly podmáčené louky, dnes tvoří mokřady spíše bažiny a močály. V zhruba polovině případů byly mokřady nahrazeny zemědělskou půdou.

Mokřady mizí nejen kvůli rozrůstajícím se zemědělským půdám, ale také kvůli velkoplošnému i lokálnímu odvodňování, narovnávaní a prohlubování říčních koryt, stavbě nových vodních nádrží, urbanizaci a v neposlední řadě i těžbě rašeliny. Důsledky odvodňování krajiny jsou eroze, přehřívání zemského povrchu, povodně, pokles podzemní vody, ztráta biotopů aj.

Díky vysokému výparu vody mokřady pozitivně ovlivňují podnebí. Mokřady, které jsou převážnou část roku naplněny vodou hrají důležitou roli v koloběhu vody v přírodě. Voda má vysoké skupenské teplo, které umožňuje na sebe vázat a posléze uvolnit velké množství energie a tím pádem má velký vliv na rozptyl slunečního záření a energetickou bilanci krajiny. Dochází tak ke změnám teploty zemského povrchu a narušení různých chemických a biologických procesů v ekosystémech (Eiseltová a kol. 2012).

Rozptyl energie závisí na dostupnosti vody a typu krajinného pokryvu. Při výparu a kondenzaci je vázáno a poté uvolňováno největší množství sluneční energie na Zemi. V krajině bez vegetace, mokřadů, lesů apod. je převážná část energie přeměněna na pocitové

teplo, které zvyšuje teplotu zemského povrchu. Naopak v krajině s mokřady a jinými ekosystémy zadržující vodu, dochází díky evapotranspiraci k ochlazování zemského povrchu. Energie slunečního záření je přeměněna na latentní teplo. Odstraňování těchto funkčních ekosystémů vede ke změnám klimatu – malá vlhkost vzduch v letním období, kolísání teplot, nerovnoměrné rozložení srážek atd (Hesslerová a kol. 2013).

## **6 Závěr**

V rámci magisterské práce se mi podařilo popsat taxonomickou diverzitu vířníků tůní CHKO Kokořínsko – Máchův kraj ve třech ročních obdobích (jaro, léto a podzim) v letech 2006 a 2017 a zjistit změny druhového složení po jedenácti letech. Taxonomická diverzita vířníků se v porovnání po jedenácti letech změnila jak v počtech druhů, tak i v druhovém složení. Tůně si jsou z hlediska vířníků velmi nepodobné. Rozklad beta diverzity ukazuje velmi nízkou podobnost, vysokou výměnu druhů a velké rozdíly v druhové bohatosti. Tůně se mezi sebou liší nejen biodiverzitou, ale i svými abiotickými vlastnostmi.

Výskyt vířníků je dle analyzovaných dat náhodný. Nenašla jsem žádný vztah s měřenými charakteristikami tůní (pH, teplota vody, obsah rozpuštěného kyslíku, vodivost, plocha a pokryvnost vegetace).

## 7 Použitá literatura

- Bartoš E. (1959): Vírňáci – Rotatoria, Fauna ČSR, Vol. 15, Praha, 969 s.
- Baselga A. (2010): Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19/1: 134-143.
- Baselga A. (2012): The relationship between species replacement dissimilarity derived from nestedness and nestedness. *Global Ecology and Biogeography* 21/12: 1223-1232.
- Baselga A., Jiménez-Valverde A. a Niccolini G. (2007): A multiple-site similarity measure independent of richness. *Biology Letters* 3/6: 642-645.
- Batzer D. a Boix D. (2016): *An Introduction to Freshwater Wetlands and Their Invertebrates*. ISBN 978-3-319-24976-6.
- Begon M., Harper J. L. a Townsend C. R. (1997): *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Olomouc. ISBN: 80-7067-695-7.
- Beran, Luboš, Ivana Bufková, Jiří Bureš a kol. (2017): *Mokřady mezinárodního významu České republiky: Czech wetlands of international importance*. Praha: Ministerstvo životního prostředí. ISBN 978-80-7212-616-3.
- Brandl, Z. (2005): Freshwater copepods and rotifers: predators and their prey, In: *Hydrobiologia*, 546: 475-489.
- Burton, T. M., & Tiner, R. W. (2009): Ecology of wetlands, in *Encyclopedia of Inland Waters*: 507–515.
- Carrington D. (2018): The air you breathe, the water you drink and the food you eat all rely on biodiversity, but right now it is in crisis – because of us. What does this mean for our future and can we stop it? [online], staženo dne 1. 12. 2019 URL: <https://www.theguardian.com/news/2018/mar/12/what-is-biodiversity-and-why-does-it-matter-to-us>.
- Carvalho J. C., Cardoso P. a Gomes P. (2012): Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Global Ecology and Biogeography* 21/7: 760-771.



- Český hydrometeorologický ústav [online], staženo dne 3. 12. 2019. URL:  
<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>,  
<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data>.
- Čížková H., Vlasáková L. a Květ J. (2017): ed. Mokřady: ekologie, ochrana a udržitelné využívání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-658-6.
- Devetter M. (1998): Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. *Hydrobiologia* 387/388: 171–178.
- Devetter M. (2006): Planktonní vírníci (Rotifera) Kokořínska. *Bohemia centralis* 27: 27–33.
- Eiseltová M., Pokorný J., Hesslerová P. & Ripl W. (2012): Evapotranspiration – a driving force in landscape sustainability. In: Irmak, A. (ed.) *Evapotranspiration – remote sensing and modeling*. InTech: 305–328.
- Ejaz M., Sulehria A. Q., Maqbool A., Hussain A. a Yousaf M. J. (2016): Density and Diversity of Planktonic Rotifers in Nandipur Canal, *BIOLOGIA (PAKISTAN)*, 62 (1), 9-18.
- Geist, H. (2006): *Our Earth's Changing Land: an Encyclopedia of Land-use and Land-cover Change*. Westport: Greenwood.
- Hesslerová P., Pokorný J., Brom J. & Rejšková-Procházková A. (2013): Daily dynamics of radiation surface temperature of different land cover types in a temperate cultural landscape: consequences for the local climate. *Ecological Engineering* 54: 145–154.
- Charakteristika oblasti. Správa CHKO Kokořínsko [online], staženo dne 1. 12. 2019. URL:  
<http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>.
- Charman D. J. (2009): Peat and peatlands, in *Encyclopedia of Inland Waters*: 541–548.
- Chytrý M. (2010): *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-87457-03-0.
- Jost L. (2007): Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88/10: 2427-2439.
- Juračka P. J., Dobiáš J., Boukal D. S., Šorf M., Beran. L., Černý M. a Petrušek A. (2019): Spatial context strongly affects community composition of both passively and actively

- dispersing pool invertebrates in a highly heterogeneous landscape. *Freshwater Biology*. In Press. 00:1–14.
- Just T. (2003): Revitalizace vodního prostředí: všem, kteří si přejí udělat z příkopů a kanálů zase potoky a řeky. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. ISBN 80-86064-72-7.
- Kadlec R. H., Knight R. L. (1996). *Treatment Wetlands*. First Edition, CRC Press: Boca Raton, Florida.
- Kalff J. (2002): *Limnology: inland water ecosystems*. Prentice Hall, Upper Saddle River. ISBN 0-13-033775-7.
- Koç C. (2008): The Influence of Drainage Projects on Environmental and Wetland Ecology. *American Institute of Chemical Engineers Environmental Progress*, 27 (3): 353-364.
- Koste W. (1978): *Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt*, Stuttgart, Bornträger.
- Kravčík M. (2017): Příčinou sucha a povodní je, že jsme podřezali žíly malému vodnímu cyklu. *Ekolist*, 15. URL: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/rozhovory/michal-kravcik-pricinou-sucha-a-povodni-je-ze-jsme-podrezali-zily-malemu-vodnimu-cyklu>.
- Lemon J. (2006): Plotrix: a package in the red light district of R. *R-News* 6/4: 8–12.
- Lyashevskaya O. a Farnsworth D. K. (2012): How many dimensions of biodiversity do we need? *Ecological Indicators*. 18: 485-492.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- National Wetlands Working Group (1988): *Wetlands of Canada*. Ecological Land Classification Series, No. 24. Sustainable Development Branch, Environment Canada, Ottawa, and Polyscience Publications Inc., Montreal, Quebec.
- Nogrady T. a Segers H. (2002). *Rotifera*, Vol. 6.: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. Backhuys Publishers, Leiden.

- Novotná M. (2018): Taxonomická a funkční diverzita vířníků tůní CHKO Kokořínsko. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 1–45.
- Podani J. a Schmera D. (2011): A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence-absence data. *Oikos* 120/11: 1625-1638.
- Podani J., Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology [online], staženo dne 5. 12. 2019. Dostupné z: <http://ramet.elte.hu/~podani>.
- R Core Team (2019) R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>.
- Richter P. a Skaloš J. (2016): Sledování změn mokřadů v krajině nížin a pahorkatin České republiky 1843–2015. *Vodní hospodářství* 66(8):14-19.
- Říhová Ambrožová J. (2003): Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-521-8.
- Segers H. (1995): Rotifera, Vol. 2.: The Lecanidae (Monogononta). SPB Academic Publishers bv, The Hague.
- Segers H. (2008): Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595(1): 49-59.
- Skowronek E., Cudak A., Bielańska-Grajner I. (2012): Effect of Recreation on the Species Richness and Diversity of Rotifers in Ponds. *Journal of Water Resource and Protection*. 4, (9), 795.
- TIBCO Software Inc. (2018). Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
- Tiner R. W. (2009): Wetland hydrlogy, in *Encyclopedia of Inland Waters*: 778–789.
- Wallace R. L. a Smith H. A. (2009): Rotifera. In: *Encyclopedia of Inland Waters*: 689–703.
- Whittaker R. H. (1960): Vegetation of the Siskiyou mountains Oregon and California. *Ecological Monographs* 30/3: 279-338.

## 8 Přílohy

	Třída	Řád	Čeleď	Druh
DIGONONTA				
	Bdelloidea			
				Bdelloidea gen. spp.
MONOGONONTA				
	Gnesiotrocha			
		Collothecacea		
			Collothecidae	
				<i>Collotheca</i> sp.
		Flosculariacea		
			Filiniidae	
				<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)
			Hexarthridae	
				<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)
			Testudinellidae	
				<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)
				<i>Testudinella emarginula</i> (Stenroos, 1898)
				<i>Testudinella mucronata</i> (Gosse, 1886)
	Pseudotrocha			
		Ploima		
			Asplanchnidae	
				<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850
				<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)
			Brachionidae	
				<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)
				<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
				<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
				<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)
				<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783
				<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838
				<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773
				<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)
				<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)
				<i>Keratella serrulata</i> (Ehrenberg, 1838)
				<i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832)
				<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Keratella ticinensis</i> (Callerio, 1920)
				<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)
				<i>Notholca</i> sp.
				<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)

				<i>Platytias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)
			Epiphanidae	
				<i>Epiphanes senta</i> (Müller, 1773)
			Euchlanidae	
				<i>Euchlanis deflexa</i> (Gosse, 1851)
				<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1830
				<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838
			Gastropodidae	
				<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850
				<i>Gastropus hyptopus</i> (Ehrenberg, 1838)
			Lecanidae	
				<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)
				<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)
				<i>Lecane elsa</i> Hauer, 1931
				<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)
				<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)
				<i>Lecane tenuiseta</i> Harring, 1914
				<i>Lecane ludwigii</i> (Eckstein, 1883)
				<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)
				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)
				<i>Lecane</i> sp.
			Lepadellidae	
				<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831
				<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)
				<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Lepadella oblonga</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)
				<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)
				<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)
				<i>Squatinella lamellaris</i> (Ehrenberg, 1832)
				<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)
			Mytilinidae	
				<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)
				<i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks, 1912)
				<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)
				<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)
				<i>Mytilina unguipes</i> Lucks, 1934
			Notommatidae	
				<i>Cephalodella</i> sp.
				<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon-Nuttal, 1901)
				<i>Monommata</i> sp.

				<i>Notommata</i> sp.
				<i>Scaridium longicauda</i> (Müller, 1786)
			Synchaetidae	
				<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925
				<i>Polyarthra major</i> Burckhardt, 1900
				<i>Polyarthra major/dolichoptera</i>
				<i>Polyarthra minor</i> Voigt, 1904
				<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943
				<i>Synchaeta oblonga/tremula</i>
				<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832
				<i>Synchaeta</i> sp.
			Trichocercidae	
				<i>Trichocerca bicristata</i> (Gosse, 1887)
				<i>Trichocerca bidens</i> (Lucks, 1912)
				<i>Trichocerca brachyura</i> (Gosse, 1851)
				<i>Trichocerca</i> cf. <i>relicta</i> Donner, 1950
				<i>Trichocerca dixonnuttalli</i> (Jennings, 1903)
				<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)
				<i>Trichocerca inermis</i> (Linder, 1904)
				<i>Trichocerca myersi</i> (Hauer, 1931)
				<i>Trichocerca pravula</i> Carlin, 1939
				<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)
				<i>Trichocerca pussila</i> (Jennings, 1903)
				<i>Trichocerca rattus</i> (Müller, 1776)
				<i>Trichocerca rousseleti</i> (Voigt, 1901)
				<i>Trichocerca tenuior</i> (Gosse, 1886)
				<i>Trichocerca weberi</i> (Jennings, 1903)
				<i>Trichocerca</i> sp.
			Trichotriidae	
				<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)
				<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)