

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Botanika



Bc. Kateřina Vrbová

**Rodová diverzita rozsivek: vztah ke genetické variabilitě
v rámci rodu *Frustulia* a význam geografie**

The diversity of diatom genera: relationship to genetic variability within the genus
Frustulia and the role of geography

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jana Kulichová Ph. D.

Praha, 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Praze dne 30. dubna 2018

.....

Kateřina Vrbová

Poděkování

Na této stránce bych ráda poděkovala své školitelce Janě Kulichové za vedení práce, ochotu a cenné rady při sepisování.

Dále bych chtěla poděkovat kamarádům a vyučujícím ze školy za vytvoření příjemné a inspirativní atmosféry na algologickém oddělení.

A nakonec děkuji celé své rodině, svému příteli a blízkým přátelům za jejich podporu, důvěru a motivaci, kterých se mi dostávalo po celou dobu studia. DĚKUJI!

Abstrakt

Výskyt některých rozsivek závisí na míře znečištění a kvalitě vody, z tohoto důvodu jsou rozsivky v současnosti využívány v biomonitoringu. Jejich maximálnímu využití pro tyto účely však brání vysoký počet druhů, které jsou definovány na základě ultrastrukturálních morfologických znaků, které jsou bez použití elektronového mikroskopu pouhým okem nerozlišitelné.

Cílem této práce bylo zjistit vliv environmentálních faktorů, typu habitatu a geografie na rodové složení rozsivkové společnosti, a zjistit zda bohatství vyšších taxonomických stupňů odpovídá diverzitě druhové, konkrétně genetické diverzitě druhového komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica*.

Analyzováno bylo 49 trvalých preparátů z přírodních vzorků odebraných z bentosu nejružnějších typů sladkovodních habitatů – jezera, přehrady, tůňe, rašeliniště, prameniště, smáčené zdi, nacházejících se v Evropě, Kanadě, Grónsku, Chile a na Novém Zélandu. Ve všech vzorcích bylo na základě morfologických znaků determinováno 300 buněk na rodové úrovni.

Celkem bylo nalezeno 43 bentických rodů. Výsledky této práce ukázaly, že počet rodů koreluje s gradientem pH, ale nekoreluje s dalšími faktory prostředí, jako jsou konduktivita, nadmořská výška, amplituda denních teplot a počet dní, kdy je průměrná denní teplota pod bodem mrazu. Vliv na strukturu společnosti má z pozorovaných environmentálních faktorů jen konduktivita. Všechny tyto výsledky korespondují s již publikovanými studiemi. Dále bylo zjištěno, že rodová diverzita rozsivkového společenstva odpovídá diverzitě pozorované v rámci rodu *Frustulia*.

Abstract

The occurrence of some diatoms depends on degree of pollution and water quality. Due to this attribute are diatoms used as indicators for the environmental bioassessment. But the maximum use of diatoms for this purpose is complicated by high number of species which are defined based on the ultrastructural morphological features which are indistinguishable without the electron microscope.

The aims of this study were to find out the influence of environmental factors, types of habitat and geography on the structure of diatom community. And find out if richness of higher taxonomic levels is correlated with species richness, in this case if it responds with the genetic diversity within diatom species complex *Frustulia crassinervia-saxonica*.

In this study, 49 permanent slides from natural samples were analyzed. Samples were taken from benthos of different types of freshwater habitat – lakes, dams, pools, peat bogs, stream, wet wall on diverse localities in Europe, Canada, Greenland, Chile and New Zealand. In all slides were counted 300 cells which were determined based on the morphological features on genera level.

Altogether 43 benthic genera were identified. The results of this thesis showed that number of genera correlated with pH gradient but do not correlate with other environmental factors – conductivity, altitude, amplitude temperature and freezing days. The structure of diatom benthic communities was influenced by conductivity. These results correspond with already published studies. Subsequently, was observed that diversity of diatom community corresponds with the genetic diversity within the genus *Frustulia*.

Obsah

1. Úvod	7
1.1 Rozsivky	7
1.2 Druhový koncept rozsivek	8
1.3 Taxonomické úrovně a ekologie rozsivek	9
1.4 Biogeografie rozsivek	11
1.5 Rod <i>Frustulia</i>	12
1.6 Cíle práce	14
2. Materiál a metody	15
2.1 Lokality, odběr a zpracování vzorků	15
2.2 Determinace a sčítání buněk	17
2.3 Analýza dat	18
3. Výsledky	22
3.1 Analýzy testující vztah rodové diverzity rozsivek a environmentálních faktorů	23
3.2 Analýzy testující rodovou diverzitu rozsivek ve vztahu ke geografii	27
3.3 Analýzy testující vliv habitatu na rodovou diverzitu rozsivek	28
3.4 Analýza vztahu rodové diverzity společenstva rozsivek a genetické diverzity v rámci rodu <i>Frustulia</i>	29
4. Diskuze	35
5. Závěr	39
7. Přílohy	49

1. Úvod

1.1 Rozsivky

Rozsivky jsou eukaryotické jednobuněčné řasy vyskytující se samostatně nebo v koloniích. Jsou charakteristické především svou křemičitou buněčnou stěnou, která kolem buňky vytváří uzavřenou dvoudílnou schránku - frustulu. Obecně se rozsivky dělí podle souměrnosti frustuly na dvě skupiny, a to na penátní s bilaterální symetrií a centrické diskovité s paprscitou symetrií (Coscinodiscophyceae). Existují však i centrické rozsivky, které nemají diskovitý tvar, ale paprscitě uspořádané areoly (Mediophyceae). Velká část penátních rozsivek jsou rozsivky sladkovodní, bentické. Pohyb v bentosu, na povrchu sedimentu, kamenů či rostlin, jim usnadňuje štěrbina na schránce zvaná raphe. Existují ovšem i rozsivky araphidní, které raphe postrádají. Centrické rozsivky jsou převážně mořské, ale vyskytují se i v planktonu sladkých vod (Round et al. 1990; Ruck & Theriot 2011). Rozsivky jsou kromě biomineralizace (hromadění křemíku ve svých schránkách) zodpovědné také za velkou část primární produkce na Zemi a rovněž mají velký význam v globálních biogeochemických cyklech např. uhlíku (Hoek et al. 1995; Mann 1999).

První důkaz o existenci rozsivek máme z geologických záznamů ze spodní jury (Battarbee et al. 2002). Dobře zachovalé fosilní rozsivky pochází z křídly, nejdelšího geologického období druhohor. Zkoumané sedimenty svrchní křídly demonstrují přítomnost výhradně mořských centrických rozsivek. O sladkovodních fosilních rozsivkách existují záznamy z miocénu, kdy sladkovodní flora připomínala svou morfologií tu současnou (Round et al. 1990; Battarbee et al. 2002).

Na konci 18. století popsal dánský přírodovědec O. F. Müller první rozsivkový rod. Pravděpodobně se jednalo o rod *Bacillaria*, samotným Müllerem byly však tyto organismy považovány za živočichy. V druhé polovině 19. století označil německý algolog Kützing ve své monografii rozsivky jako rostliny. Jedinou výjimkou byl Ehrenberg, který rozsivky klasifikoval jako řasy, popsáno v publikaci Round et al. 1990. Pokrok v klasifikaci rozsivek byl na přelomu 19. a 20. století stejně rychlý jako vývoj mikroskopu. V té době začala být věnována pozornost ekologii rozsivek jako potenciálním indikátorům znečištění vodního prostředí a indikátorům změn environmentálních faktorů v minulosti (Nipkow 1920; Cleve-Euler 1922).

Rozsivky jsou kosmopolitně rozšířené organismy vyskytující se napříč mnoha vodními, ale i subaerickými biotopy, nacházejí se hojně ve fytoplaktonu a fytobentosu slaných i sladkých vod (Round et al. 1990). Jsou to organismy významné z mnoha

hledisek. Většina zástupců této nejrozšířenější skupiny řas má své specifické nároky na prostředí, jejich výskyt závisí na pH, salinitě, obsahu kyslíku ve vodě, koncentraci organických a anorganických látek. Jsou proto využívány při ekologickém monitoringu jako indikátory pro určení kvality vody a také v paleolimnologii. Diatomit (křemelina), hornina vznikající usazováním schránek odumřelých rozsivek, našla své uplatnění například při výrobě piva a vína, kde je často užívána jako filtr, ve farmacii slouží jako absorpční materiál, ve stavebnictví jako izolace (Loganina et al. 2014). Své uplatnění mají rozsivky i ve forenzních vědách, paleoekologických rekonstrukcích, nanotechnologiích a dalších oborech.

1.2 Druhový koncept rozsivek

Dosud neexistuje jednotná definice druhu a názory biologů na to, jak definovat druh nebo jiné taxonomické kategorie, se v jednotlivých druhových konceptech různí (Round et al. 1990).

Dnes pozorovaná kryptická diverzita u řas, spojená s metodami užívanými k jejich charakterizaci a definici druhů, vede k nejistotě o správnosti již dříve definovaných druhů (De Clerck et al. 2013). Druhové koncepty souvisí s hledáním počtu druhů a hledáním hranic mezi nimi. Počet druhů mezi jednotlivými koncepty se může lišit. Problematika druhových konceptů se netýká pouze rozsivek, ale všech řas obecně (Boenigk et al. 2011).

Mezi protisty obecně převažuje morfologický druhový koncept, jehož úskalím jsou kryptické druhy nebo plesiomorfnní znaky u příbuzných druhů. Některé druhy jsou sympatrické, morfologicky nerozlišitelné, ale geneticky jsou zřetelně odlišné. V takových případech morfologický druhový koncept často podceňuje biologickou diverzitu (Mayden 1997; Aldhebiani 2017). Druhy popsané na základě morfologických znaků tzv. „morphospecies“ jsou prvním krokem při vytváření taxonomie u protist. Podle dosavadních studií nesou „morphospecies“ velké množství informací o prostředí, jehož environmentální faktory mohou reflektovat (Finlay & Fenchel 2004; Finlay et al. 2006).

Mann (1999) se nejvíce ztotožňuje s tím, že druh je definován jako taxonomická kategorie (skupina) organismů, která se od ostatních odlišuje jedinečnými znaky a společnými charakteristikami a obvykle neschopností křížit se s organismy jiných takových seskupení. Biologický druhový koncept lze aplikovat pouze u sexuálně se rozmnožujících protist. Se vznikem biologických druhů souvisí alopatriká speciace, kdy je původní druh rozdělen geografickou bariérou, a hromaděním změn vznikají dva nové

biologické druhy, mezi kterými se může vytvořit reprodukční bariéra (Vanormelingen et al. 2008). Kromě morfologického a biologického druhového konceptu se u protist používá fylogenetický druhový koncept založený na topologii stromu, druhy definuje jako skupinu organismů, které mají společného předka, slouží k odhalování kryptické diverzity, nejpoužívanějším úsekem DNA je ribosomální operon (Coleman 2003; Aldhebiani 2017).

Druhový koncept rozsivek patří mezi nejdiskutabilnější témata v biologii (Mann 1999). Klasifikace rozsivkových druhů byla postavena především na tradičním, již zmiňovaném morfologickém druhovém konceptu, který byl založen na determinaci schránek na základě tvaru, velikosti, symetrie a ornamentaci (Battarbee et al. 2002). Předpokládá se, že morfologicky definované druhy odpovídají druhům biologickým.

K převratu v systematice rozsivek došlo po roce 1970 díky skenovacímu elektronovému mikroskopu (SEM), jenž se stal významným nástrojem pro odhalení důležitých, ve světelném mikroskopu jinak neviditelných, ultrastrukturálních rysů, které zachycují větší variabilitu a jsou podstatné pro vymezení taxonů. K odhalení a popisu nových druhů napomohly v menší míře morfometrické analýzy. Pojetí druhu pozměnily také molekulární metody, jež dodnes mají důležitou roli při objevování a vymezení rozsivkových druhů (Round et al. 1990; Alverson 2008; Mann 2010).

Odhady skutečného počtu druhů u rozsivek se řádově liší, jelikož mají velkou kryptickou a pseudokryptickou diverzitu (Mann 1999). Extrapolací z eklektických vzorků rodů a druhových komplexů se odhaduje, že počet existujících druhů rozsivek se pohybuje od 30 tisíc do 100 tisíc (Mann & Vanormelingen 2013).

1.3 Taxonomické úrovně a ekologie rozsivek

Nedávné studie ukázaly, že bohatství vyšších taxonomických jednotek u stromů odpovídá druhovému bohatství (Enquist et al. 2002). Na rozdíl od stromů jsou však řasy evolučně primitivnější organismy, mají krátkou generační dobu, jednodušší stavbu stélky a jejich existence je často vázána na vodní prostředí, které je oproti terestriálnímu prostředí více disturbováno. Ve vodě probíhají biologické procesy rychleji a dochází často k rychlé změně fyzikálních a chemických vlastností (Giller et al. 2004). Řasy jsou mnohem více asociovány s prostředím než jiné komplexní organismy. Vodní prostředí ovlivňuje vychytávání a transformaci látek, rychlejší přenos látek přes membrány a přeměny energie, přičemž tyto procesy vedou k větší biogeochemické dynamice a v porovnání s terestrickým prostředím také rychlé obměně primárních producentů (Warwick & Clark 2001), a tak

diverzita taxonomických stupňů u rozsivek nemusí být v souladu se vztahy popisovanými u stromů. Je ovšem možné, že rodová diverzita rozsivkového společenstva může být obdobná jako diverzita druhová (Passy & Legendre 2006). V minulosti vzniklo několik studií (Gaston & Williams 1993; Balmford et al. 2000; Hill et al. 2001; Villasenor et al. 2005), které testovaly, zda diverzita vyšších taxonomických stupňů, rodů nebo čeledí, odpovídá druhové diverzitě společenstev a obecně tyto studie ukazují, že diverzita vyšších taxonomických stupňů významně koreluje s diverzitou druhovou, a že struktura společenstev na jednotlivých taxonomických úrovních je shodná. Vzhledem k nízkému počtu rozsivkových čeledí je podle studie Heino & Soininen (2007) efektivnější používat k odhadování diverzity spíše data rodová. K obdobnému závěru, kdy vyšší taxonomické jednotky odpovídají druhovému bohatství, došly také studie zabývající se diverzitou ekto- a endoparazitů (Mouillot & Poulin 2004; Krasnov et al. 2005).

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.1, rozsivky jsou používány jako bioindikátory pro zjištění kvality vod. Hlavní překážkou pro častější a snadnější využití těchto organismů při biomonitoringu je vysoký počet druhů rozsivek a jejich problematická taxonomie. Pro snadnější využití mikrořas při biomonitoringu byly vytvořeny různé indexy např.: Descyho index (Descy 1979), saprobní index (Sládeček 1986), rodový index (GDI – generic diatom index) (Coste & Ayphassorho 1991) a trofický index (TDI – trophic diatom index) (Kelly & Whitton 1995).

Rodový index (GDI) se od ostatních konvenčních indexů liší tím, že pro jeho výpočet stačí determinovat rozsivky pouze na rodové úrovni (Wu & Kow 2002). Podle navrženého modelu (Coste & Ayphassorho 1991) závisí výskyt určitých rodů na míře znečištění vod. Nedávná studie ukázala, že některé rozsivkové rody významné pro výpočet GDI měly mnohem vyšší abundanci v horních, méně znečištěných tocích tchajwanských řek, a některé se naopak vyskytovaly více v dolních znečištěných tocích. GDI byl pozitivně korelován i s dalšími indexy (Wu 1999, Wu & Kow 2002). To, že je rodový index relativně přesná a objektivní metoda pro určení kvality vody, dokazuje i studie pro určení kvality vody v polských řekách (Rakowska & Szczepocka 2011). Podle studie Rimet & Bouchez (2011) by mohly být rozsivky i dobrými indikátory vod kontaminovaných pesticidy. Vliv pesticidů na společenstva rozsivek v řekách byl zkoumán podle abundancí některých rodů, které jsou podle modelu GDI klasifikovány jako dobré bioindikátory (např.: *Achnanthes*, *Achnanthidium*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Planothidium*). Abundance těchto rodů v řekách vzrostly při poklesu obsahu živin a organických látek. Abundance některých rychle se pohybujících rodů jako *Navicula sensu lato* nebo *Nitzschia*

sensu lato či rody žijící ve slizových obalech *Encyonema* a *Frustulia* vzrostly naopak v prostředí kontaminovaném pesticidy a podle GDI patří mezi rody tolerující vyšší obsah polutantů ve vodě. Kelly (1995) porovnával 3 indexy založené na druhové determinaci s jedním rodovým indexem, který je podle jeho studie s druhovými indexy srovnatelný. Dalu et al. (2016) se pokusili GDI aplikovat na říčním systému v Jižní Africe, kde však rodový index nebyl korelován s vybranými fyzicko-chemikálními faktory. Absence významných korelací mezi rozsivkovými indexy a fyzicko-chemikálními faktory může odrážet skutečnost, že GDI nemusí být jednotný pro všechny geografické oblasti, a proto by tyto indexy měly být vytvářeny v rámci regionů. Tento problém se týká všech indexů pro hodnocení kvality vod obecně, je tedy vhodné prozkoumat diverzitu příslušných regionů a teprve potom zvolit vhodné indikační druhy nebo rody.

1.4 Biogeografie rozsivek

Podle ubikvitní teorie „všechno je všude, limitující je prostředí“ se mohou protistní organismy díky své malé velikosti šířit neomezeně a jejich výskyt odráží pouze fyzikální a chemické vlastnosti prostředí. Tato teorie značně podceňuje diverzitu mikroorganismů, neboť tvrdí, že velké globálně rozšířené populace mikroorganismů zabraňují alopatrické speciaci a také lokálním extinkcím (Finlay 2002; Fenchel & Finlay 2004; Finlay & Fenchel 2004). Naproti tomu nedávné studie naznačují, že mikroorganismy vykazují stejně jako makroorganismy omezené geografické rozšíření (Chao et al. 2006; Foissner 2006). Zda mají na globální rozšíření rozsivek vliv environmentální nebo historické faktory zkoumali Vyverman et al. (2007). Podle výsledků jejich studie je distribuce rozsivek více než environmentálními faktory ovlivněna historickými procesy – kolonizací, extinkcí, šířením a migrací.

Mnoho zmatečných informací o distribuci a biogeografii rozsivek bylo způsobeno používáním evropských určovacích klíčů ve všech odlišných částech světa (Foissner 2006; Medlin 2007). Díky nejasné taxonomii založené především na morfologických vlastnostech převažoval názor ubikvitního rozšíření mikroorganismů a biogeografii rozsivek nebylo věnováno dostatek pozornosti. S příchodem molekulárních metod se situace změnila. Bádání v neprozkoumaných regionech vedlo k odhalení kryptických, nových a endemických druhů vyskytujících se v omezených geografických regionech (Amato et al. 2007; Kooistra et al. 2008; Trobajo et al. 2009). Nově byly popsány například druhy rodu *Psammoneis* – *P. japonica*, *P. pseudojaponica* a *P. senegalensis*

(Sato et. al 2008). Molekulární data byla použita také k taxonomické revizi rodů *Pseudonitzschia* a *Skeletonema* (Mann & Vanormelingen 2013). *Sellaphora auldreekie* byla na základě morfologie a morfometrických dat oddělena od druhu *Sellaphora pupula* (Mann et al. 2004), tento krok podpořila i molekulární data ze studie Evans et al. (2007, 2008)

Dobrým argumentem proti generalizaci ubikvitní teorie je morfologicky nezaměnitelný rod *Eunophora*, který je endemitem Austrálie a Nového Zélandu (Vyverman et. al 1998; Foissner 2006). Příkladem jsou také endemické druhy rodu *Frustulia*, *Frustulia maoriana* (Beier & Lange-Bertalot 2007) a *Frustulia paulii* (Urbánková et al. 2015), *Nitzschia invisitata* (Trobajo et al. 2013), *Luticola desmetii* (Kopalová et al. 2011).

1.5 Rod *Frustulia*

Tento kosmopolitně rozšířený rozsivkový rod je charakteristickou a významnou součástí společenstev fyto-bentosu v přirozeně kyselých oligotrofních habitatech. Buňky se vyskytují jednotlivě nebo v koloniích obalených slizem.

Jako kosmopolitně rozšířené druhy jsou v současné literatuře uváděny druhy komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica*, které dříve nesly jeden společný název – *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni sensu Krammer & Lange-Bertalot (1986). Druh *F. rhomboides* původně zahrnoval pět variet: *F. rhomboides* var. *rhomboides*, *F. rhomboides* var. *saxonica* (Rabenhorst) De Toni, *F. rhomboides* var. *crassinervia* (Brebisson) Ross, *F. rhomboides* var. *amphipleuroides* (Grunow) De Toni, a *F. rhomboides* var. *viridula* (Brebisson) Cleve. Z těchto variet později vznikly druhy *Frustulia krammeri* Lange-Bertalot & Metzeltin (syn. *F. rhomboides* sensu Hustedt), *Frustulia saxonica* Rabenhorst, *Frustulia crassinervia* (Brebisson) Lange-Bertalot & Krammer, *Frustulia amphipleuroides* (Grunow) Cleve-Euler, a *Frustulia erifuga* Lange-Bertalot & Krammer (Lange-Bertalot & Jahn 2000).

Fylogenetické linie rodu *Frustulia* ukazují, že genetická diverzita v rámci rodu roste s heterogenitou přírodních faktorů daných lokalit a stejně tak i s geografickou vzdáleností (Veselá et al. 2012.; Urbánková et al. 2016). Zastoupení druhů se v různých geografických oblastech liší, některé druhy se vyskytují ve Skandinávii (Lange-Bertalot 2001; Urbánková et al. 2016), jiné na Novém Zélandu (Beier & Lange-Bertalot 2007) či v USA (Siver & Baskette 2004). Stejně tak i jednotlivé linie komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* mají různé geografické rozšíření, například linie *II* a *III* byly

zaznamenány pouze v západním Irsku a v Akvitánii (Veselá et al. 2012). Morfologické hranice mezi nejhodnějšími druhy (*F. crassinervia*, *F. saxonica* a *F. krammeri*) však nejsou jasně definované a jejich determinace je díky nepatrným morfologickým odlišnostem problematická (Siver & Baskette 2004). Tato skutečnost, kdy více fylogenetických linií připomíná svými morfologickými vlastnostmi jak *F. crassinervia* tak *F. saxonica*, se prokázala nejen při studiu přírodních populací, ale i při studiu na úrovni kultur. Morfologické rozdíly mezi některými liniemi mohou být rozpoznány pouze za pomoci morfometrických analýz. Morfometrické analýzy monoklonálních kultur ukazují, že variabilita tvaru frustul je poměrně vysoká i u kultur kultivovaných ve stejných podmínkách. Neshody mezi tradičními morfologickými znaky a molekulárními daty mohou být způsobeny zmenšováním buněk během jejich životního cyklu nebo také odrazem fenotypické plasticity (Veselá et al. 2012; Urbánková & Veselá 2013).

Rod *Frustulia* jako modelový organismus byl vybrán z hlediska návaznosti na předchozí studie (Veselá et al. 2012; Urbánková & Veselá 2013; Kulichová & Fialová 2016; Urbánková et al. 2016) vzniklé na našem algologickém oddělení.



Obr. 1.1: *Frustulia krammeri*

1.6 Cíle práce

Tato diplomová práce se zabývá vzorky, které byly netradičně vybrány na základě přítomnosti komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* a počtu nasekvenovaných *Frustulia* izolátů. Nejednalo se tedy o systematický výběr z hlediska ekologie nebo geografie.

Předkládaná práce si klade několik následujících otázek:

1. Jaké environmentální faktory se významným způsobem podílejí na rodové diverzitě rozsivek?
2. Má na strukturu rozsivkového společenstva vliv rozdílný typ habitatu?
3. Liší se složení společenstva rozsivek v různých geografických regionech?
4. Odpovídá genetická diverzita v rámci rodu *Frustulia* celkové diverzitě rozsivkového společenstva?

2. Materiál a metody

2.1 Lokality, odběr a zpracování vzorků

Přírodní vzorky byly získány v průběhu čtyř let, od října roku 2009 do prosince roku 2013 z lokalit v Evropě, Kanadě, Grónsku, Chile a na Novém Zélandu (obr. 2.1). Odběr vzorků prováděli kolegové z algologického oddělení katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Jednalo se o vzorky ze 49 geograficky blízkých i vzdálených lokalit z několika regionů, viz příloha 1: Česká Republika (CZ) – 8 vzorků; Černá Hora (ME) – 2 vzorky; Estonsko (EE) – 2 vzorky; Finsko (FI) – 1 vzorek; Francie (FR) – 3 vzorky; Grónsko (GL) – 2 vzorky; Chile (CL) – 2 vzorky; Irsko (IE) – 6 vzorků; Kanada (CA) – 2 vzorky; Německo (DE) – 2 vzorky; Nový Zéland (NZ) – 6 vzorků; Norsko (NO) – 4 vzorky; Polsko (PO) – 3 vzorky; Portugalsko (PT) – 2 vzorky; Švédsko (SE) – 4 vzorky. Celkem 49 vzorků bylo odebráno ze sladkovodních habitatů, především z bentosu oligotrofních mokřadů, rašelinišť, jezer, tůní a menších tůněk. Vzorek IE-39 byl odebrán z prameniště, vzorek CZ-7 ze smáčené zdi a vzorek GL-33 z vodní nádrže (přílohy 1 a 2).



Obr. 2.1 Mapa odběrových lokalit

Při výběru vzorků záleželo na intenzitě odběrů a také na počtu sekvenovaných *Frustulia* izolátů, kdy byla u každého vzorku provedena sekvenace nejméně devíti izolátů, u vzorků se tedy nejedná o systematický výběr z hlediska ekologie, typu habitatu nebo geografie. V předkládané diplomové práci jsem využila sekvenční data z již publikovaných zdrojů (Veselá et al. 2012; Veselá & Urbánková 2013) a také interní nepublikovaná data. Sekvenaci izolátů prováděli kolegové z algologického oddělení, J. Kulichová, P. Urbánková a V. Scharfen. Ve 49 vzorcích bylo zaznamenáno celkem 16 fylogenetických linií z izolátů buněk rodu *Frustulia* (viz příloha 3). Ve 30 vzorcích převažovala *Frustulia crassinervia-saxonica* linie VI. Ve 12 vzorcích byla zaznamenána nejčastější frekvence *Frustulia crassinervia-saxonica* linie V. Ve vzorcích NZ-45 a NZ-46 se nejčastěji vyskytovala linie *Frustulia paulii* společně s *Frustulia cf. magaliesmontana*. *Frustulia cf. gondwana* byla zaznamenána pouze v novozélandském vzorku NZ-47. Linie *Frustulia septrentionalis* byla zachycena nejčastěji u vzorku NO-19, *Frustulia* linie I u vzorku IE-39, přítomnost linie *Frustulia cf. maoriana* byla zaznamenána u CL-48, CL-49 z Chile a linie *yellow* pouze u vzorku CL-49. U vzorku NZ-42, ze kterého bylo sekvenováno 10 izolátů jsou frekvence výskytu *Frustulia* linií VI a *green* vyrovnané. Ve vzorku z Finska FI-13, se kromě linií I, V, VI a vyskytovala také *F. cf. erifuga*. Linie *pink* a *small* byly pouze u CA-28. Ve vzorku GL-33 se kromě hojné linie VI vyskytovala také linie BB10.

Na každé lokalitě byly zaznamenány souřadnice GPS. U většiny vzorků byly naměřeny aktuální hodnoty pH a konduktivity (příloha 2). Tyto hodnoty nebyly naměřeny u vzorků CZ-2, CZ-3, CZ-7 z České Republiky, u vzorku NO-16 z Norska, PT-40 a PT-41 z Portugalska, u vzorků NZ-44 a NZ-47 z Nového Zélandu a u vzorku CL-49 z Chile. Na serveru <https://maps.google.cz> jsem podle GPS souřadnic vyhledala vybrané lokality, následně jsem pak na serveru <https://www.ncdc.noaa.gov> našla nejbližší meteorologickou stanici s celoročním záznamem průměrných denních teplot. Záznamy teplot získané z výše zmíněného serveru jsou uváděny ve stupních Fahrenheita (°F), a proto byly převedeny na stupně Celsia (°C) podle vztahu: $5 \times (°F - 32) / 9$. Tato data jsem následně upravila podle rozdílu nadmořských výšek dané lokality a meteorologické stanice (0,65°C/100m). U jiných lokalit jsem podle GPS souřadnic našla meteorologické stanice na serveru <https://www.wunderground.com>, odkud jsem taktéž čerpala celoroční záznamy průměrných denních teplot a upravila je podle rozdílu nadmořských výšek (příloha 4). Z takto získaných dat jsem vypočítala teplotní charakteristiky jednotlivých lokalit, konkrétně nejnižší průměrnou denní teplotu (T_{\min}), nejvyšší průměrnou denní teplotu (T_{\max}), amplitudu průměrných denních teplot

($T_{\max} - T_{\min}$) a také počet dní, kdy se průměrná denní teplota nacházela pod bodem mrazu. Pomocí programu Google Earth jsem dohledala některé další chybějící údaje o nadmořské výšce, ze které dané vzorky pocházejí.

Ze všech vzorků byly kolegy z algologického oddělení zhotoveny trvalé preparáty fixovány syntetickou pryskyřicí Naphrax. Všechny tyto preparáty jsem pozorovala ve světelném mikroskopu Olympus BX51 s Nomarského kontrastem. Některé preparáty jsem fotografovala fotoaparátem Olympus EOS 700D.

2.2 Determinace a sčítání buněk

Pro zjištění abundance druhového komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica sensu lato* vůči ostatním rodům jsem počítala 300 buněk v různých zorných polích po podélném transektu na každém preparátu; použila jsem již zmíněný mikroskop BX51 s Nomarského kontrastem. Rozsivky byly pomocí identifikačních klíčů (Krammer & Lange-Bertalot 1986; Lange-Bertalot 2001; Krammer 2000; Krammer 2002; Krammer 2003) a internetového průvodce www.westerndiatoms.colorado.edu determinovány na rodové úrovni. Do počtu 300 buněk jsem nezahrnula planktonní rody rozsivek, nicméně informace o přítomnosti planktonních rodů jsem využila jako doplňkové informace o konkrétní lokalitě, na které byl proveden odběr vzorku. Pro zjištění dalších doplňkových informací o lokalitách jsem vzorky s vysokými abundancemi některých rodů (*Eunotia*, *Fragilaria*, *Frustulia*, *Pinnularia*, *Tabellaria*) pozorovala dále, pro případ zachycení možné přítomnosti méně četných rodů. Tato data nebyla použita pro statistické analýzy. Během doprohlížení výše zmíněných vzorků jsem používala stupnici pro odhad četnosti rodů, která měla čtyři stupně:

- 1 – vzácný výskyt do 5 buněk na preparát
- 2 – méně běžný výskyt do 15 buněk na preparát
- 3 – běžný výskyt
- 4 – hojný výskyt

Vybrané rody jako *Fragilaria* a *Frustulia* byly určovány do druhů. Rod *Fragilaria* byl determinován na druhové úrovni kvůli odlišení bentických a planktonních druhů. Poznatky o autekologii rodů pozorovaných v jednotlivých vzorcích jsem dohledávala v různé dostupné literatuře (Krammer & Lange-Bertalot 1986; Round et al. 1990; Krammer 2000; Lange-Bertalot 2001; Batarbee et al. 2001; Krammer 2002; Van de Vijver

2002; Krammer 2003; Siver & Baskette 2004; Beier & Lange-Bertalot 2007; Potapova & Hamilton 2007; Kopalová et al. 2014). Takto získané informace byly nezbytné pro odlišení výhradně bentických či planktonních rodů a pro identifikaci rodů vyskytujících se ve specifických podmínkách.

Rozsivky rodu *Frustulia* jsem rozlišila na dvě skupiny: první skupina nevelkých buněk, která zahrnovala druhový komplex *F. crassinervia-saxonica*, kdy se délka jejich valvy pohybovala v rozmezí 23-75 μm a šířka v rozmezí 6-18 μm . Druhá skupina, která zahrnovala velké druhy jako *F. krammeri* a *F. erifuga*, přičemž *F. krammeri* má obvykle délku valvy v rozmezí 64-135 μm a šířku 18-24 μm . Délka *F. erifuga* se nachází v rozmezí 70-120 μm a šířka 13-19 μm (Lange-Bertalot 2001; Siver & Baskette 2004).

2.3 Analýza dat

Vztah environmentálních faktorů a rodového složení společenstva

Vztah environmentálních faktorů (pH, konduktivita a nadmořská výška) a počtu rodů ve vzorcích jsem popsala pomocí lineární korelační závislosti. Pro zjištění, zda se skupiny vzorků liší na základě rodové podobnosti v mnou zvolených skupinách vzorků: 1. skupina vzorky s hodnotami pH < 5,5 a 2. skupina vzorky s hodnotami pH > 5,5, byla zvolena mnohorozměrná analýza hlavních komponent - PCA (Principal components analysis). Tato metoda zajišťuje transformaci dat mezi vzorky na základě jejich rodového složení, nahrazuje původní soubor pozorovaných proměnných souborem nových vzájemně nekorelovaných lineárních komponent, které udávají rozptyl. První dvě PC osy vysvětlují procentuálně největší část variability, u dalších os procento vysvětlené variability klesá. PCA používá pro své výpočty Eukleidovské vzdálenosti. Ve výsledcích, kde je použita PCA byla prováděna i metoda NMDS (Non-metric multidimensional scaling) s Bray-Curtisovým a Jaccardovým indexem. Tato metoda umožňuje znázornit podobnosti mezi vzorky na základě jejich rodového složení. Ve výsledku vyšel ovšem vysoký stress faktor, a tak byla zvolena raději metoda PCA.

Pro ověření významnosti předem zvolených skupin byl použit neparametrický jednocestný ANOSIM test (Analysis of similarities). Testem lze zjistit signifikanci rozdílu mezi dvěma a více skupinami. Výstupem ANOSIMu jsou hodnoty R a p-hodnota, přičemž R udává míru podobnosti námi testovaných skupin a p-hodnota udává pravděpodobnost, že je pozorovaný jev náhodný (Clarke 1993). ANOSIM testy byly provedeny se dvěma indexy podobnosti. V ekologii je velmi často užíván Bray-Curtisův index podobnosti, který byl zvolen při většině metod v této diplomové práci. Bray-Curtisův index při výpočtu

užívá přítomnost i nepřítomnost druhů, ale také jejich abundanci (Clarke 1993). Dalším užívaným indexem v analýzách, byl Jaccardův index, který se běžně používá ke srovnání vzorků či lokalit na základě druhového/rodového složení, kdy do výpočtu nejsou zahrnuty proměnné, které nabývají nulové hodnoty u srovnávaných objektů. Jaccardův index dává všem proměnným stejnou váhu. Důležitá je informace o přítomnosti druhů než o jejich nepřítomnosti (Haruštiaková et al. 2012).

Metodou SIMPER (Similarity percentage) jsem posoudila, které rody rozsivek jsou primárně odpovědné za odlišnosti mezi výše zmíněnými skupinami nebo které rody jsou pro danou skupinu charakteristické. SIMPER nejčastěji počítá s Bray-Curtisovým indexem podobnosti, ale může počítat i s Eukleidovskou vzdáleností. Celkový význam rozdílu testovaných skupin je často hodnocen výše zmíněnou metodou ANOSIM (Clarke 1993).

Metody PCA, SIMPER a ANOSIM jsem prováděla v programu PAST 3.14 (Hammer et al. 2001) a použila jsem soubor s relativními četnostmi rodů.

Vliv faktorů prostředí na variabilitu rodového složení společenstva rozsivek jsem analyzovala pomocí neparametrické PERMANOVy (Permutational Multivariate Analysis of Variance), (podle Anderson 2001; Oksanen et al. 2011) v programu RStudio, verze 1.0.136. PERMANOVA je neparametrický mnohorozměrný test, který se používá k porovnání skupin proměnných. Zvolen byl pro analýzu balíček *vegan* s testovací funkcí *adonis*, která v procentech vyjadřuje podíl variability rodových dat, jenž je vysvětlen vlivem environmentálních proměnných jako jsou v tomto případě hodnoty pH a konduktivity, nadmořské výšky, průměrné denní teploty a počet dní v roce, kdy průměrná denní teplota klesne pod bod mrazu. Funkce *adonis* byla provedena s Bray-Curtisovým i Jaccardovým indexem. K této metodě jsem použila soubor s absolutními četnostmi rodů v jednotlivých vzorcích, dále pak soubor s hodnotami environmentálních proměnných naměřených na odběrové lokalitě, které bylo potřeba standardizovat. Pro rodová data byla použita Hellingerova transformace, tj. odmocnina z relativní početnosti.

Rodová diverzita ve vzorcích byla hodnocena počtem rodů a Shannonovým indexem, který shrnuje informace o počtu taxonů a jejich velikosti populace na dané lokalitě. Shannonův index byl vypočten pomocí funkce „Diversity indices“ v programu PAST a následně popsán lineární korelační závislostí ve vztahu s environmentálními proměnnými (pH, konduktivita, nadmořská výška).

Složení společenstva rozsivek a význam geografie

Pomocí metody SIMPER jsem zjistila, které rozsivkové taxony odpovídají za rozdíly mezi pozorovanými skupinami vzorků a které konkrétní rody jsou pro danou skupinu vzorků typické (Clarke 1993). Významnost rozdílu mezi společenstvy z jednotlivých regionů byl testován ANOSIM testem.

Vliv geografické polohy na variabilitu složení rozsivkového společenstva jsem analyzovala v programu RStudio (PERMANOVA). Vzorky z různých geografických regionů jsem rozdělila do 4 skupin:

1. Evropa
2. Severní Amerika
3. Jižní Amerika
4. Nový Zéland

Vliv habitatu na strukturu rozsivkového společenstva

Vliv habitatu na strukturu rozsivkového společenstva jsem zjišťovala opět pomocí metody PERMANOVA, balíčku *vegan* s funkcí *adonis*, přičemž byly habitaty rozděleny do tří kategorií:

Typ 1 – jezera, přehrady, rybníky, velké tůně s větším výskytem planktonních rodů

Typ 2 – rašeliniště, malé tůňky s nízkou hodnotou pH a zaznamenaným výskytem aeroterestrických rodů

Typ 3 – mokřady, minerotrofní habitaty, prameniště a tůně s menším výskytem planktonních rodů

K porovnání největší diverzity rozsivkového společenstva ve výše zmíněných typech habitatů jsem použila Mann-Whitneyův test s Bonferoniho korekcí (neparametrická ANOVA).

Velikost diverzity jsem společně s typem habitatu znázornila pomocí bublinového grafu v programu PAST. V tomto případě byly typy habitatů také rozděleny do tří kategorií. Při této metodě jsem k analýze použila soubor s abundancemi rodů v jednotlivých vzorcích a distanční geografické indexy podobnosti, které byly spočítány v programu PAST ze souřadnic GPS. S těmito hodnotami byla následně provedena PCoA (Principal coordinates analysis) a skóry prvních 12 os byly použity jako prostorová proměnná (Kulichová & Fialová 2016).

Zda je rozdíl v rodovém složení společenstev v jednotlivých habitatech významný jsem ověřila ANOSIM testem.

Pomocí metody SIMPER jsem posoudila, které rozsivkové taxony (rody) jsou odpovědné za rozdíly mezi pozorovanými skupinami vzorků rozdělených podle typu habitatu a které rody jsou pro danou skupinu vzorků typické.

Vztah diverzity rozsivkového společenstva a genetické diverzity v rámci rodu *Frustulia*

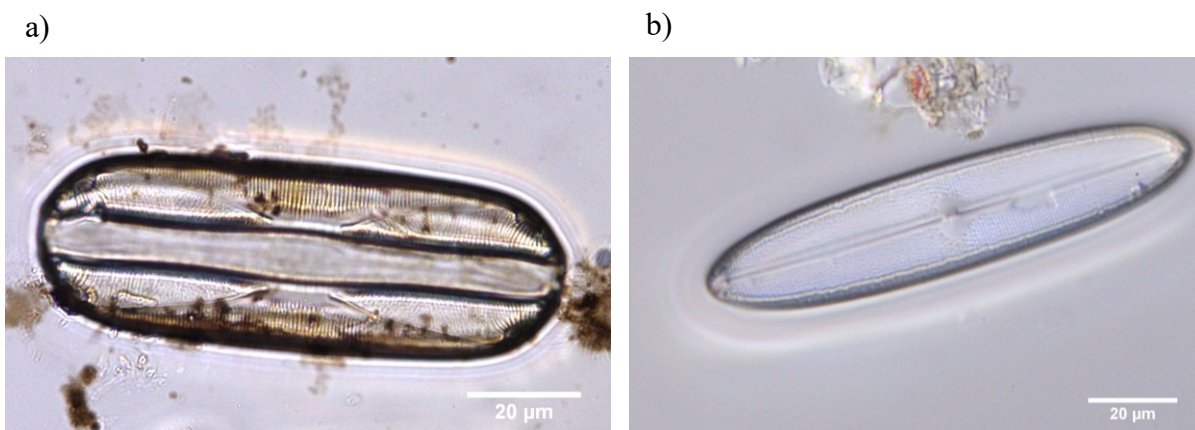
Vztah počtu rodů a počtu *Frustulia* linií (viz příloha 3) v jednotlivých vzorcích jsem demonstrovala lineární korelační závislostí a krabicovými grafy provedenými v programu PAST, ve kterém jsem udělala také neparametrický ANOVA test neboli Kruskal-Wallisův test. Porovnávány byly dvě skupiny: první skupinu tvořily vzorky s výskytem pouze jedné *Frustulia* linie, druhá skupina byla složená ze vzorků s výskytem dvou a více *Frustulia* linií.

Krabicové diagramy jsem použila i pro porovnání abundancí rozsivek komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* v různých typech habitatu, jež byly rozděleny do tří stejných kategorií, které popisují v textu výše. K ověření signifikance výsledku byl použit Mann-Whitneyův test s Bonferoniho korekcí.

Za pomoci PCA ordinačních diagramů jsem vizualizovala a porovnávala pozice vzorků ze skupin, které jsem pro jednotlivé analýzy zvolila takto: (a) 1. skupina, kdy výskyt buněk komplexu *F. crassinervia-saxonica* byl <120 z celkových 300 x 2. skupina, kdy byl výskyt >120 z celkových 300 buněk; (b) 1. skupina složená ze vzorků, ve kterých dominovala fylogenetická *Frustulia* linie VI x 2. skupina vzorky s dominancí jiných fylogenetických *Frustulia* linií; (c) 1. skupina vzorků s výskytem pouze jedné *Frustulia* linie x 2. skupina vzorků s výskytem 2 a více linií. Pro tyto analýzy jsem použila soubory s relativními četnostmi rodů a významnost rozdílnosti mezi skupinami jsem testovala metodou ANOSIM.

3. Výsledky

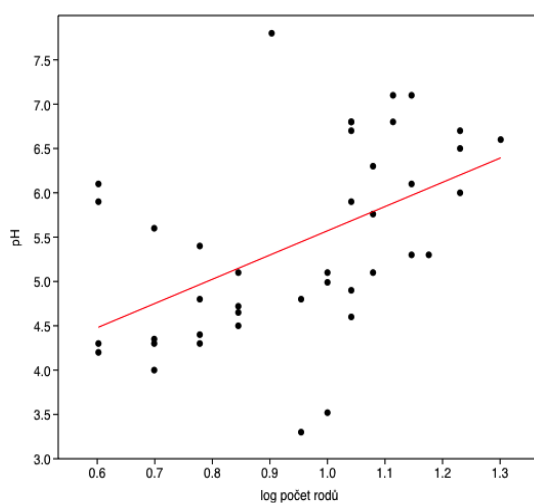
Data použitá v analýzách jsem získala ze 49 vzorků, odebraných na 48 lokalitách (viz příloha 1). Ve vzorcích jsem celkem našla 43 bentických rodů rozsivek a 3 rody planktonních rozsivek: *Asterionella*, *Aulacoseira* a *Fragilaria crotonensis*, které nebyly zahrnuty do statistických analýz (přílohy 6 a 7). Přítomnost druhu *Melosira varians* jsem zachytila ve vzorku ME-15 během doprohlížení vzorků s vysokou abundancí vybraných rodů (viz kapitola 2.2) a taktéž nebyl tento druh zahrnut do statistických analýz. Během doprohlížení vzorků jsem zachytila přítomnost zástupců planktonních rozsivek, které se často vyskytovaly jen vzácně v malých abundancích. Objeveny byly také rody větších rozměrů – *Neidium* (obr. 3.1b) a *Stauroneis* (příloha 7). Průměrně se v jednom vzorku nacházelo 10 rodů. Počty rodů ve vzorcích se pohybovaly v rozmezí od 4 (CZ-8 minerotrofní rašeliniště, Hliníř, ČR; EE-12 minerotrofní rašeliniště, Estonsko; ME-14 tůňka u Hridského jezera, Černá Hora; POL-4 ombrotrofní rašeliniště, Polsko) do 20 rodů (CA-28 tůň nedaleko Sheila lake, Kanada). Unikátním rodem z hlediska geografie je *Eunophora* (obr. 3.1a), jehož přítomnost jsem zaznamenala v jednom z novozélandských vzorků (NZ-46 malá tůň). A také rod *Plagiotropis*, jehož výskyt byl zachycen v rodově nejbohatším vzorku CA-28 z Kanady. Podle www.westerndiatoms.colorado.edu se tento rod vyskytuje hlavně na Velkých planinách, což je oblast v Kanadě, USA a z části i v Mexiku. Naměřené hodnoty pH se u vzorků pohybovaly v rozmezí od 3,3 (NZ-42 podmáčená louka, Jackson Bay) do 7,8 (NZ-45 větší tůň) a naměřené hodnoty vodivosti od 6 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ do 271 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$. Nejnížší zaznamenaná nadmořská výška byla 0 m n. m. (GL-32 jezero na poloostrově Nippisat, Grónsko), naopak nejvyšší zaznamenaná nadmořská výška byla 2039 m n. m. (CA-28 tůň nedaleko Sheila lake, Kanada).



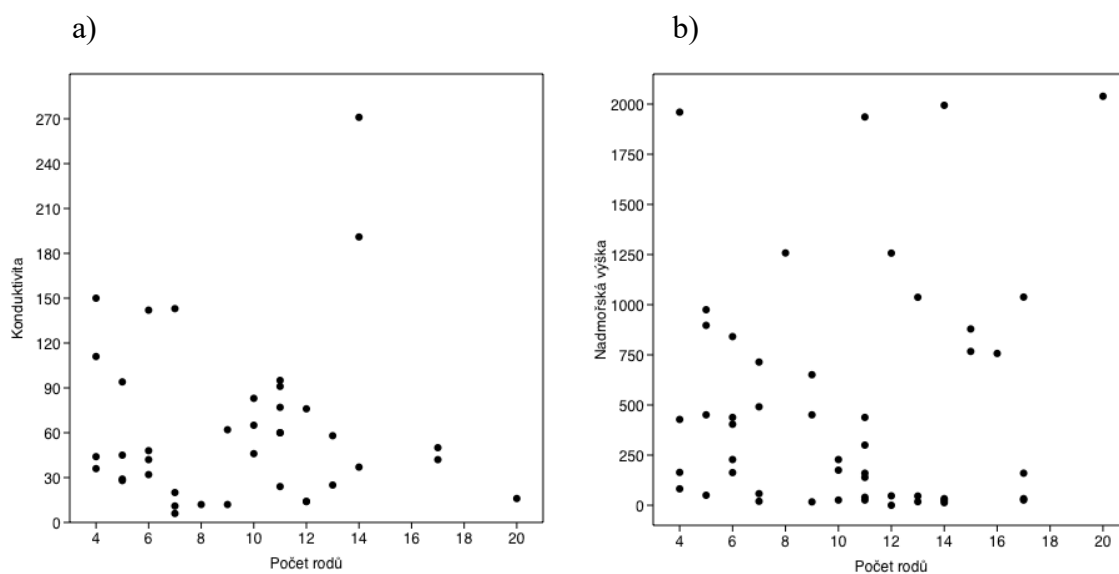
Obr. 3.1: a) *Eunophora* sp.; b) *Neidium* sp.

3.1 Analýzy testující vztah rodové diverzity rozsivek a environmentálních faktorů

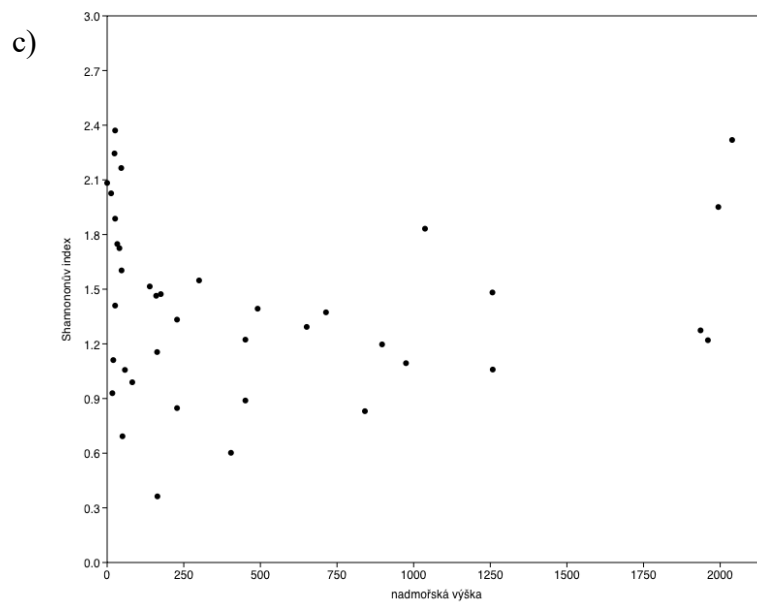
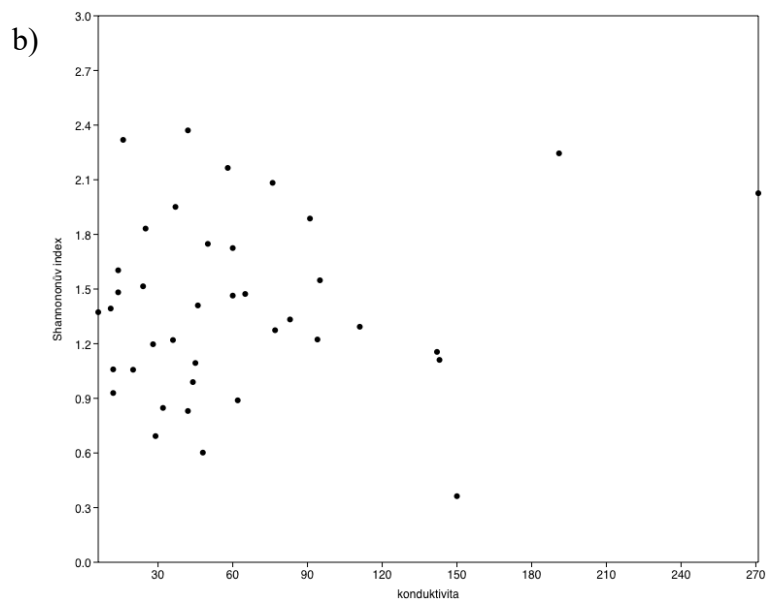
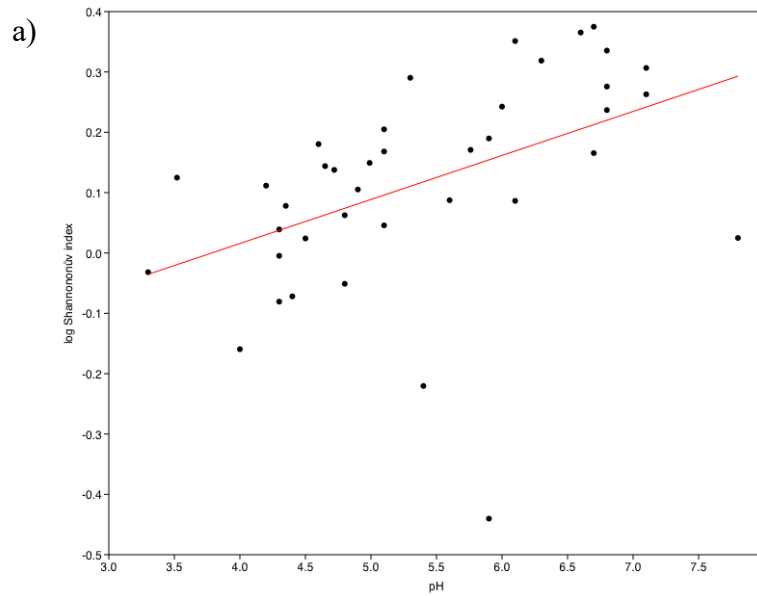
Vztah rodové diverzity společenstva rozsivek a environmentálních faktorů jsem vyjádřila korelační závislostí. Počet rodů ve vzorcích byl pozitivně korelován s gradientem pH ($p < 0,001$; $r = 0,50$; Obr. 3.2). Nebyl však korelován s vodivostí ($p > 0,05$; Obr. 3.3a) ani nadmořskou výškou ($p > 0,05$; Obr. 3.3b), a tak je výsledek prezentován XY grafem. Shannonův index vykazuje signifikantní závislost na pH ($p < 0,001$; $r = 0,50$; Obr. 3.4a), nezávisí však na konduktivitě a nadmořské výšce ($p > 0,05$; Obr. 3.4b; Obr. 3.4c).



Obr. 3.2: Zobrazení závislosti počtu rodů v jednotlivých vzorcích na pH ($p < 0,001$; $r = 0,50$)

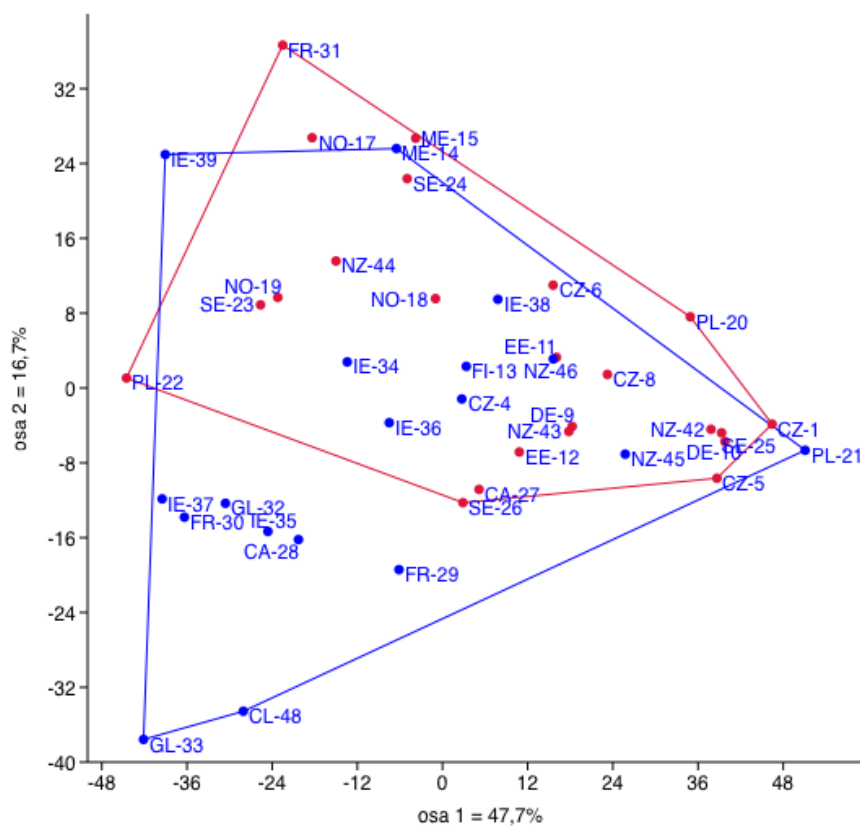


Obr. 3.3: a) Zobrazení závislosti počtu rodů v jednotlivých vzorcích na konduktivitě ($p > 0,05$; $r = 0,04$); b) Zobrazení závislosti počtu rodů v jednotlivých vzorcích na nadmořské výšce ($p > 0,05$; $r = 0,08$)



Obr. 3.4: Závislost Shannonova indexu a) na pH, $p < 0,001$; $r = 0,57$ b) na konduktivitě, $p > 0,05$; $r = 0,14$ c) na nadmořské výšce, $p > 0,05$; $r = 0,14$

Z PCA ordinačního diagramu (obr. 3.5) není patrný výrazný rozdíl ve struktuře rozsvivkového společenstva mezi vzorky s kyselějším pH < 5,5 a zásaditějším pH > 5,5. I přesto lze v ordinačním diagramu vidět několik vzorků s pH > 5,5, které se strukturou společenstva liší: CA-28, FR-29, FR-30, GL-32, GL-33, IE-35, IE-37, CL-48. Výsledky jednocestného ANOSIM testu ($p < 0,001$) potvrdily rozdílnost ve struktuře společenstev při použití obou indexů podobnosti (příloha 5). Osa 1 vysvětluje 47,7% a osa 2 vysvětluje 16,7% celkové variability.



Obr. 3.5: PCA ordinační diagram znázorňující podobnost rodového složení u vzorků s pH < 5,5 (červené) a vzorky s pH > 5,5 (modré)

Analýza SIMPER odhalila rozdílnost mezi vzorky s hodnotami pH < 5,5 a vzorky s hodnotami pH > 5,5 a také detekovala rody, které k rozdílnosti těchto vzorků nejvíce přispívají. Prvních 10 rodů uvedených v tabulce 3.1 vysvětlují 86,7% rozdílnosti mezi těmito skupinami. Pro tuto analýzu byl zvolen Bray-Curtisův index podobnosti.

Tabulka 3.1: Výsledky analýzy SIMPER – rozdílnost struktury společenstva v biotopech s pH < 5,5 a pH > 5,5). (Contrib. % - procentuální přínos taxonu k rozdílnosti mezi porovnanými skupinami, Cumulative % - kumulativní součet příspěvků jednotlivých taxonů, Mean – průměrná abundance rodu ve vzorcích)

Taxon	Contrib. %	Cumulative %	Mean (pH < 5,5)	Mean (pH > 5,5)
Druh. komplex <i>Frustulia crassinervia-saxonica</i>	26,17	26,17	48	29,3
<i>Eunotia</i>	12,96	39,12	18,7	13,4
<i>Tabellaria</i>	12,37	51,49	10,7	10,1
<i>Pinnularia</i>	9,192	60,69	10,8	5,8
<i>Fragilaria</i>	7,207	67,89	1,28	8,54
<i>Brachysira</i>	6,424	74,32	2,78	7,06
<i>Navicula</i>	3,766	78,08	0,623	4,32
<i>Kobayasiella</i>	3,085	81,17	0,609	3,46
<i>Frustulia (erifuga, krammeri)</i>	2,97	84,14	2,88	1,76
<i>Encyonema</i>	2,553	86,69	0,188	3,05

Dělení variability rozsivkového společenstva (PERMANOVA) mezi environmentální faktory prostředí ukázalo, že vliv na variabilitu rodového složení má pouze konduktivita ($p < 0,05$), která vysvětluje 4,5%. Vliv dalších faktorů prostředí (pH, nadmořská výška, amplituda denních teplot, počet dní, kdy je průměrná denní teplota pod bodem mrazu) není statisticky průkazný. Nejmenší vliv na složení společenstva měl počet dní, kdy je průměrná denní teplota pod bodem mrazu, který vysvětlil necelé 1,5% variability. Dohromady vysvětlují všechny environmentální proměnné 17% celkové variability.

3.2 Analýzy testující rodovou diverzitu rozsivek ve vztahu ke geografii

Rody, které jsou nejvíce zodpovědné za rozdíl mezi lokalitami v Evropě, Severní Americe, Jižní Americe a na Novém Zélandu, jsem detekovala pomocí analýzy SIMPER. Prvních 10 rodů, které vysvětlují 82,1% rozdílnosti mezi těmito čtyřmi geografickými regiony, jsou uvedeny v tabulce 3.2.

Vliv geografie na složení společenstva rozsivek vyšel podle ANOSIM testu signifikantně za použití obou indexů podobnosti ($p < 0,05$) (příloha 5).

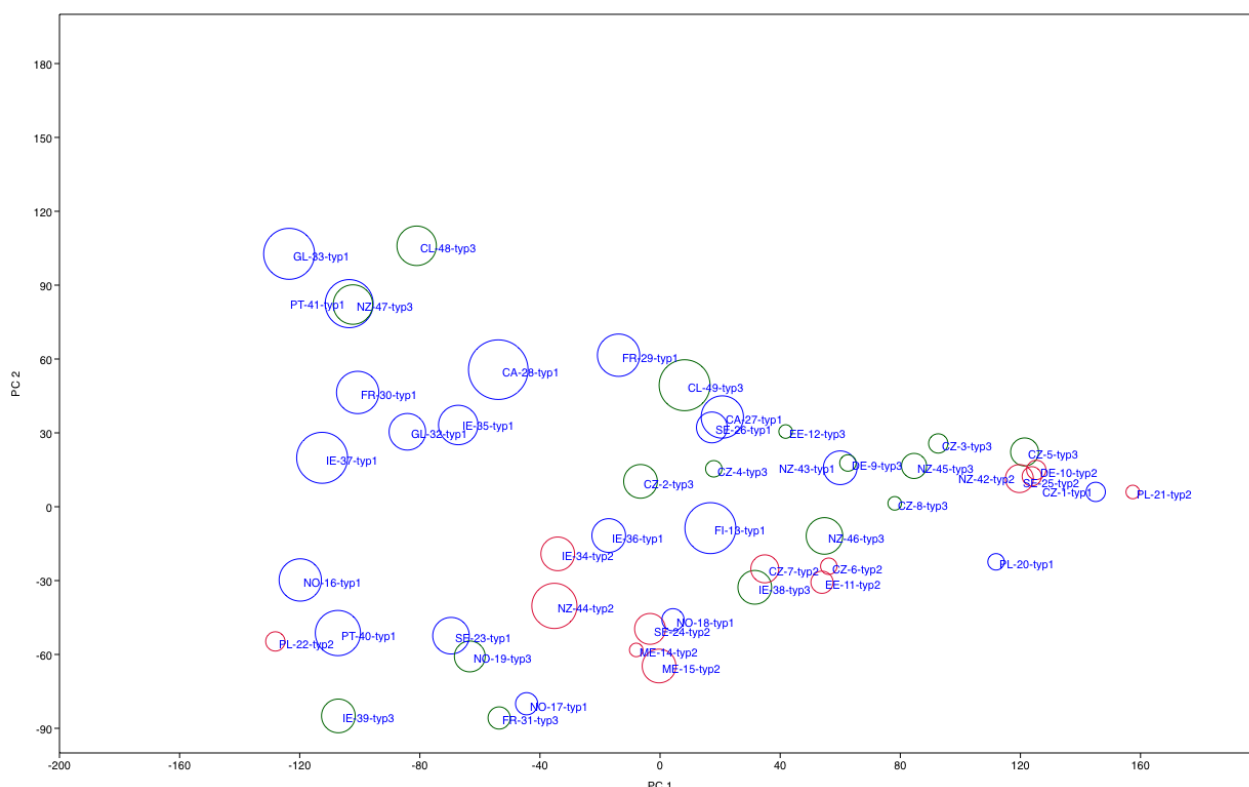
Tabulka 3.2: Výsledky analýzy SIMPER – rozdílnost struktury společenstva v různých geografických regionech (Evropa, Severní Amerika, Jižní Amerika, Nový Zéland). (Contrib. % - procentuální přínos taxonu k rozdílnosti mezi porovnávanými skupinami, Cumulative % - kumulativní součet příspěvků jednotlivých taxonů, Mean – průměrná abundance rodu ve vzorcích)

Taxon	Contrib. %	Cumulative %	Mean (Evropa)	Mean (S.Amerika)	Mean (J.Amerika)	Mean (N. Zéland)
Druh. komplex <i>Frustulia crassinervia-saxonica</i>	23,29	23,29	39,1	15,6	23,2	45,4
<i>Eunotia</i>	11,11	34,4	18,2	5,33	0,835	12,5
<i>Tabellaria</i>	9,809	44,21	13	5,75	0,5	3,28
<i>Fragilaria</i>	8,65	52,86	3,07	14,4	22,7	2,06
<i>Pinnularia</i>	6,657	59,52	9,27	6,33	9,84	5,33
<i>Brachysira</i>	6,399	65,92	3,54	10,9	0	6,06
<i>Navicula</i>	5,381	71,3	2,72	9,16	8,84	1,72
<i>Nitzschia</i>	4,366	75,66	0,567	4,42	4,17	6,17
<i>Encyonema</i>	3,67	79,33	1,78	0,915	9	3,45
<i>Frustulia (erifuga, krammeri)</i>	2,772	82,11	2	1,42	0,5	4,28

Působení geografické vzdálenosti na strukturu společenstva rozsivek bylo vyjádřeno neparametrickou analýzou variance (PERMANOVA). Geografická vzdálenost při použití Bray-Curtisova indexu vysvětluje 5,6% variability rozsivek a 6,2% při použití Jaccardova indexu. Nicméně v obou případech se neprokázala významnost vlivu ($p > 0,05$).

3.3 Analýzy testující vliv habitatu na rodovou diverzitu rozsivek

Bublinový graf (obr. 3.6) znázorňuje rodové bohatství v jednotlivých vzorcích, které jsou rozděleny do tří skupin podle typu habitatu: typ 1 – jezera, přehrady, rybníky, velké tůň s větším výskytem planktonních rodů; typ 2 – rašeliště, malé tůňky s nízkou hodnotou pH a výskytem aeroterestrických rodů; typ 3 – mokřady, minerotrofní habitaty, prameniště a tůň s menším výskytem planktonních rodů. Graf také znázorňuje vzájemnou polohu vzorků v prostoru prvních dvou os, kdy PC 1 vysvětluje 44,2% variability a PC 2 vysvětluje 15,1% variability. Z grafu je patrné, že vyšší rodové bohatství je ve vzorcích typu 1 odebraných z jezer, přehrad, rybníků nebo tůň s větším výskytem planktonních rodů (Mann-Whitney test, typ1 x typ2 $p < 0,01$; typ1 x typ3 $p < 0,05$; typ2 x typ3 $p > 0,05$). V grafu se neprojevilo žádné výrazné oddělení vzorků ani geografická struktura, což není překvapivé vzhledem k výsledku analýzy variance v kapitole 3.2.



Obr. 3.6: Bublinový graf znázorňující rodové bohatství ve vzorcích z odlišných typů habitatu. (typ1 – modře, typ2 – červeně, typ3 – zeleně; velikost symbolu znázorňuje rodové bohatství)

Analýza SIMPER nebyla pro tyto tři skupiny provedena, protože rozdíl v rodovém složení společenstev v těchto třech typech habitatu podle ANOSIM testu byl signifikantní pouze v případě, kdy byl použit Jaccardův index podobnosti ($p < 0,01$). Analýza SIMPER však pracuje s abundancemi, kterých využívá hlavně Bray-Curtisův index podobnosti, se kterým vyšel výsledek ANOSIM testu jako nesignifikantní ($p < 0,05$) (příloha 5).

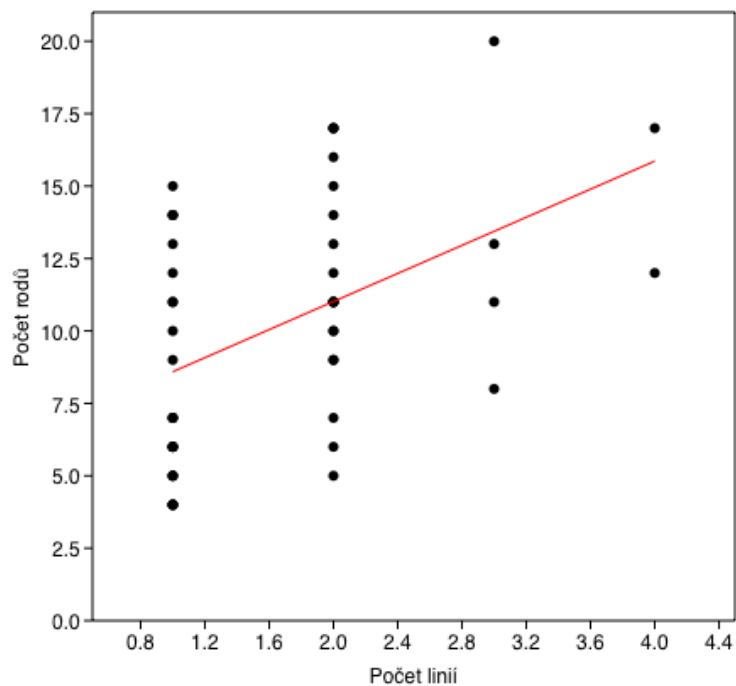
Vliv na variabilitu rozsivkového společenstva nemá podle analýzy PERMANOVA ani typ habitatu ($p > 0,05$), který vysvětluje 3,7% (Bray-Curtis) a téměř 4% (Jaccard) celkové variability.

Lze tedy shrnout, že ze všech faktorů (environmentální faktory, geografie, habitat) ovlivňujících složení společenstva rozsivek má významný vliv pouze konduktivita.

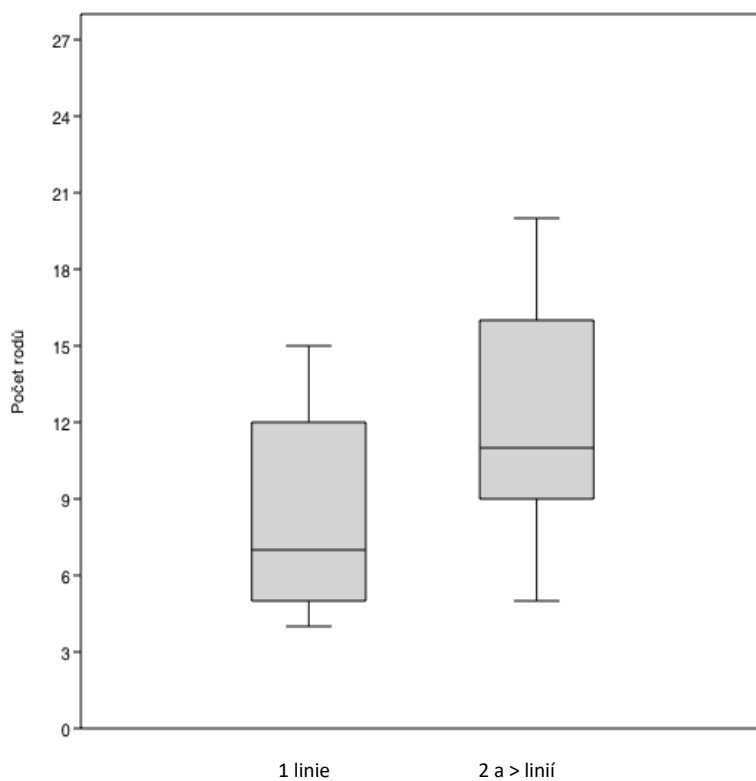
3.4 Analýza vztahu rodové diverzity společenstva rozsivek a genetické diverzity v rámci rodu *Frustulia*

Pro tuto práci byly cíleně vybrány vzorky s potvrzeným výskytem druhového komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica*. Ve 21 vzorcích tvořily buňky komplexu *F. crassinervia-saxonica* minimálně 40% a více z celkového počtu 300 buněk, u vzorků CZ-1, CZ-5, DE-10, PL-20, PL-21, SE-25 a NZ-42 tvořily rozsivky komplexu *F. crassinervia-saxonica* dokonce 75 % a více. Ve dvou vzorcích FR-30 (jezero Le Padulot, Francie) a NZ-47 (tůň se zarostlým litorálem, Tucker Flat road, Nový Zéland) jsem nezachytila výskyt tohoto druhového komplexu napoprvé, ale až při doprohlížení jednotlivých vzorků. Ve vzorku FR-30 byly poměrně hojně zastoupeny rody *Encyonopsis* a *Gomphonema*, v NZ-47 byl velmi dominantní složkou společenstva rod *Nitzschia*. V obou vzorcích se nacházeli zástupci druhu *Frustulia erifuga* a *Frustulia krammeri*.

Z grafu (obr. 3.7) a krabicových diagramů (obr. 3.8) je zjevné, že rodová diverzita rozsivkového společenstva je pozitivně korelována s počtem linií v rámci rodu *Frustulia*. Tento výsledek je podpořen porovnáním mezi dvěma skupinami vzorků: 1. skupina s výskytem jedné *Frustulia* linie a 2. skupina se dvěma a více *Frustulia* liniemi (Kruskal-Wallisův test: $p < 0,01$).

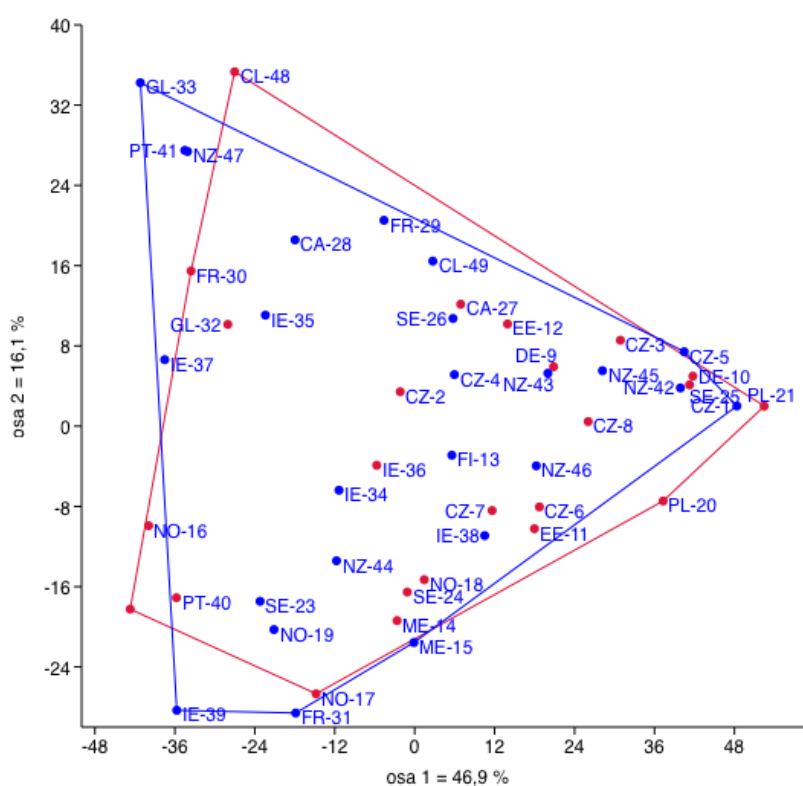


Obr. 3.7: Zobrazení závislosti počtu rodů v jednotlivých vzorcích na počtu Frustulia linií ($p < 0,001$; $r = 0,45$)



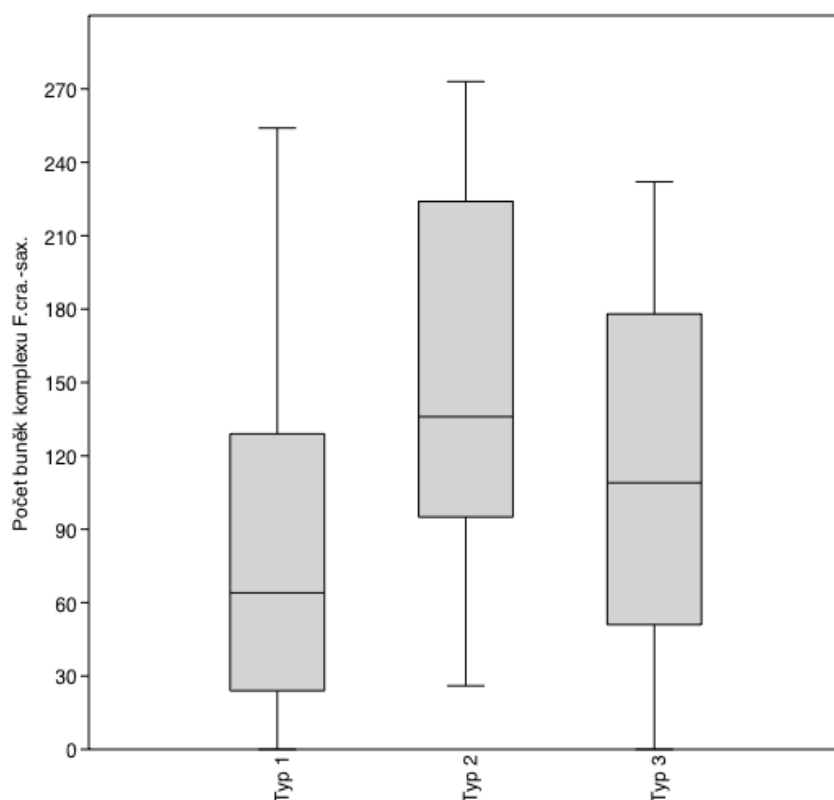
Obr. 3.8: Krabicové diagramy znázorňující vztah počtu rodů a Frustulia linií ve vzorcích s výskytem jedné Frustulia linie a 2 a více liniemi (medián je vyznačen vodorovnou čarou v obdélníku)

Ordinační PCA diagram (obr. 3.9), který porovnává skupinu vzorků, v nichž byl zachycen výskyt pouze jedné fylogenetické linie, a skupinu vzorků, kde se vyskytovaly 2 a více fylogenetických linií komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* neukazuje žádné oddělené ani extrémně odlehle vzorky. Osa 1 vysvětluje 46,9% a osa 2 vysvětluje 16,1% variability. Výsledky metody ANOSIM (příloha 5) vyšly signifikantně pouze při použití Jaccardova indexu ($p < 0,001$), při použití Bray-Curtisova indexu podobnosti nikoliv ($p > 0,05$).



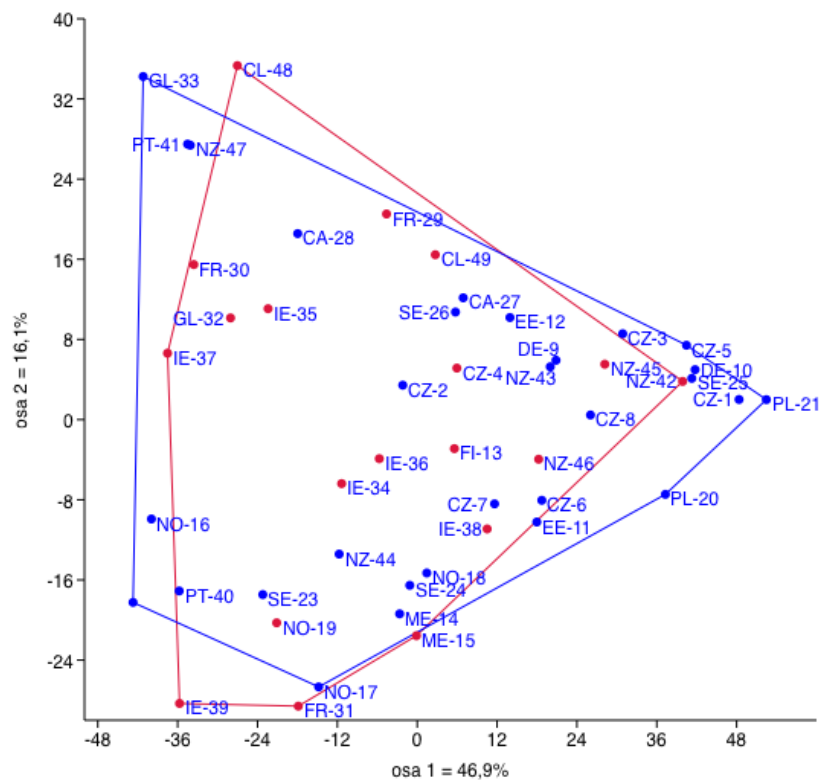
Obr. 3.9: PCA ordinační diagram znázorňující podobnost rodového složení u vzorků s výskytem 1 *Frustulia* linie (červeně) a vzorků s výskytem 2 a > fylogenetických linií (modře)

Podle krabicových diagramů (obr. 3.10) se abundance buněk druhového komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* v různých typech habitatu liší. Nejvyšší abundance těchto rozsivek jsem zaznamenala v rašeliništích a malých tůňkách s nízkou hodnotou pH, nejnižší v habitatech jako jsou jezera, přehrady, rybníky a velké tůně s přítomností planktonních rodů. Provedený Mann-Whitneyův test s Bonferoniho korekcí však nevyšel signifikantní (typ1 x typ2 $p > 0,05$; typ1 x typ3 $p > 0,05$; typ2 x typ3 $p > 0,05$).



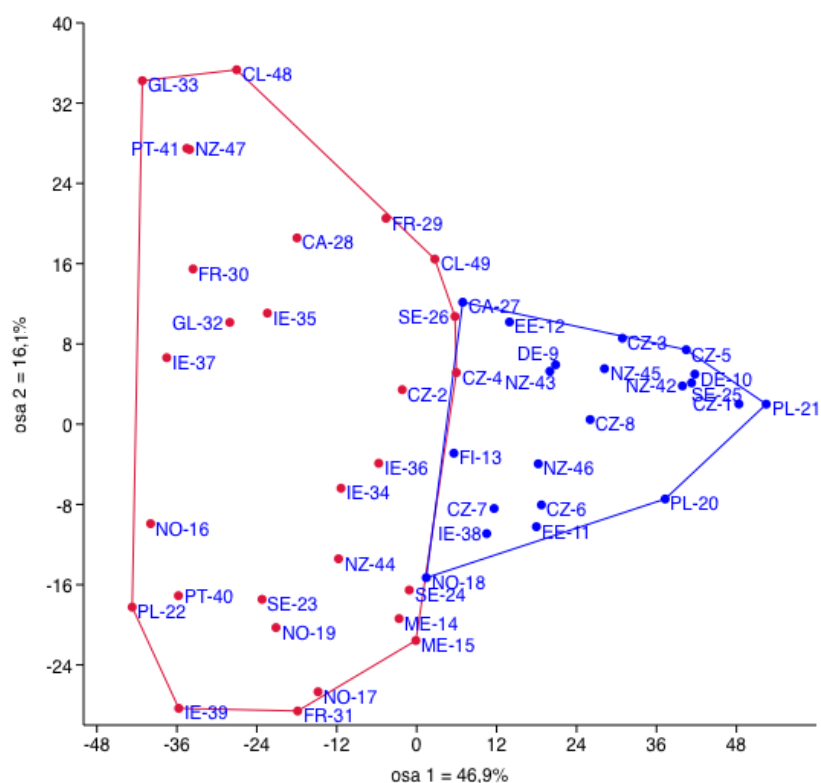
Obr. 3.10: Krabicové diagramy znázorňující rozdíl abundancí buněk komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* v různých habitatech: typ 1 – jezera, přehrady, rybníky, velké tůně s větším výskytem planktonních rodů; typ 2 – rašeliniště, malé tůňky s nízkou hodnotou pH a výskytem aeroterestrických rodů; typ 3 – mokřady, minerotrofní habitaty, prameniště a tůně s menším výskytem planktonních rodů (medián je vyznačen vodorovnou čarou v obdélníku)

Podle rozložení bodů v PCA ordinačním diagramu (obr. 3.11) není patrný rozdíl ve struktuře společenstva, ve kterém v rámci rodu *Frustulia* dominovala fylogenetická linie VI, a ve struktuře společenstva, kde v rámci rodu dominovala jiná z fylogenetických *Frustulia* linií (příloha 3). Rozdílnost společenstev je podle ANOSIM testu signifikantní jen s Jaccardovým indexem ($p < 0,05$) (příloha 5).



Obr. 3.11: PCA ordinační diagram znázorňující podobnost rodového složení u vzorků, ve kterých v rámci rodu *Frustulia* dominovala linie VI (modře), a vzorků, ve kterých dominovala jiná fylogenetická linie (červeně)

Z PCA ordinačního diagramu (obr. 3.12) je patrné téměř dokonalé oddělení vzorků s nízkou abundancí buněk komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* od vzorků s vysokou abundancí, které se v grafu částečně shlukují. To, že se struktura společenstva těchto zvolených skupin liší, potvrzují i signifikantní výsledky ANOSIM testu ($p < 0,001$) (příloha 5).



Obr. 3.12: PCA ordinační diagram znázorňující podobnost rodového složení u vzorků s abundancí buněk komplexu *F. crassinervia-saxonica* <120 buněk (červeně) a vzorků s abundancí >120 buněk (modře)

4. Diskuze

Podle výsledků analýz lze konstatovat, že je rodová diverzita společenstva rozsivek pozitivně korelována s hodnotami pH, a větší počet rodů se vyskytuje v habitatech s vyšším pH. Počet rodů však nekoreluje s naměřenými hodnotami konduktivity a nadmořskou výškou viz kapitola 3.1. Obdobné vztahy vykazují i analýzy, kdy jsem použila Shannonův index, který stejně jako počet rodů závisí na pH (obr. 3.4a), ale nezávisí na konduktivitě ani nadmořské výšce (obr. 3.4b, 3.4c). Vztah, kdy počet druhů nekoreluje s konduktivitou pozorovali ve své práci i Neustupa et al. (2013) při studiu bentických krásivek a rozsivek v rašeliništích. Rostoucí počet rodů s gradientem pH je v souladu s dalšími studii (Hill et al. 2001; Heino et al. 2010; Neustupa et al. 2013), ale existují i studie, které zjistily opačný trend, kdy s klesajícím gradientem pH počet rodů vzrůstá (Soininen et al. 2016). Hodnoty pH se ve studii Soininen et al. (2016) pohybovaly od 6,9 – 8, což je poměrně malé rozmezí ve srovnání s touto prací, kdy hodnoty pH byly od 3,3 – 7,8. I přes to, že je pH úzce spojeno s konduktivitou, jež primárně indikuje koncentraci iontů (Munn et al. 2002), signifikantní vliv na strukturu společenstva měla mezi všemi testovanými environmentálními proměnnými právě jen konduktivita, která vysvětlila 4,5% variability, a vliv pH nebyl prokázán. Tento výsledek podporují i další studie provedené v minulosti, jež označují konduktivitu jako klíčovou proměnnou spojenou s variabilitou bentických a perifytických, zejména rozsivkových společenstev (Munn et al. 2002; Soininen et al. 2004; Heino et al. 2010; Soininen et al. 2016). Nesignifikance výsledků pro ostatní proměnné a nejasný vztah mezi složením rozsivkového společenstva a prostředím mohou být způsobeny vysokou heterogenitou vzorků, které byly odebrány z různých typů habitatu a ve kterých se naměřené hodnoty environmentálních faktorů pohybovaly v poměrně velkém rozmezí (příloha 2). K nesignifikantním výsledkům mohl přispět i různý geografický původ přírodních vzorků (příloha 1). Na složení společenstva by však mohly působit i jiné faktory, které v této práci pozorovány nebyly, například teplota vody (McCabe & Cyr 2006) nebo koncentrace některých živin jako PO_4^{3-} a NO_3^- (Passy 2011). Je třeba zmínit, že vzorky z hlediska environmentálních faktorů, habitatu a geografie sice jsou různorodé, ale pro tuto práci byly vybrány hlavně na základě přítomnosti rodu *Frustulia* a dostatku nasekvenovaných *Frustulia* izolátů. Zdá se, že obecně strukturu společenstva rozsivek utváří spíše lokální environmentální podmínky prostředí než široké klimatické, vegetační nebo geologické

faktory (Pan et al. 1999, 2000). Vliv klimatických faktorů na variabilitu rozsivek (amplituda denních teplot, počet dní v roce, kdy je průměrná denní teplota pod bodem mrazu) neprokázaly ani výsledky této práce. Vysvětlením by mohlo být velké rozpětí nadmořských výšek (0-2039 m n. m.) u pozorovaných vzorků nebo také odlišné klimatické pásy, ze kterých přírodní vzorky pocházejí. Poff (1997) píše, že ve společenstvech jednobuněčných organismů dominují hlavně kosmopolitně rozšířené druhy s vysokou schopností šířit se, proto jsou podle něj mnohem důležitější lokální faktory, které selektují druh schopný přežít v daných podmínkách než faktory regionální. V rozporu s tímto je ale studie (Vyverman et al. 2007), která tvrdí, že významnější vliv na rodovou bohatost a strukturu společenstva mají spíše historické faktory (kolonizace a extinkce, disperze a migrace) než podmínky prostředí. Také Vanormelingen et al. (2008) konstatují, že na strukturu a diverzitu rozsivkového společenstva mohou mít vliv geografické faktory nezávisle na podmínkách prostředí. Různé modely distribuce i ekologické nároky, vykazují i některé fylogenetické linie rodu *Frustulia*. Za endemické jsou v současné době považovány druhy *Frustulia aotearoa*, *Frustulia maoriana* (Beier & Lange-Bertalot 2007) a *Frustulia paulii* (Urbánková et al. 2016) vyskytující se na Novém Zélandu. Unikátním rodem z hlediska geografie je rod *Eunophora* (Vyverman et al. 1998), jehož přítomnost byla zachycena i na jedné ze studovaných novozélandských lokalit, kde se objevovaly právě i endemické druhy rodu *Frustulia*.

Jak jsem již zmínila, pro tuto práci byly cíleně vybrány vzorky, u nichž byla přítomnost druhového komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* potvrzena z předchozích výzkumů (Veselá et al. 2012; Veselá & Urbánková 2013). Tento komplex měl podle analýzy SIMPER (tabulky 3.1 a 3.2) nejvyšší průměrnou abundanci ve všech vzorcích a zároveň také přispíval 26,17% k rozdílnosti společenstev mezi stanovišti s pH < 5,5 i s pH > 5,5 a 23,9% k rozdílnosti společenstev v různých geografických regionech. Vzhledem k tomu, že analýza SIMPER počítá kromě přítomnosti a nepřítomnosti taxonu také s abundancemi, mohl by rozdíl mezi skupinami být vysvětlen právě těmito proporcemi výskytu buněk *F. crassinervia-saxonica* vůči ostatním rodům, které byly nalezeny v menších abundancích na malém počtu lokalit. Statisticky průkazný rozdíl ve složení společenstev z habitatů s nižším a vyšším pH by mohlo vysvětlovat několik odlehlých vzorků (CA-28, FR-29, FR-30, GL-32, GL-33, IE-35, IE-37, CL-48), které byly, až na výjimku CL-48, odebrány z velkých habitatů – jezer, přehrad a větších tůní, kde jsou hodnoty pH > 5,5. Tyto větší habitáty jsou pravděpodobně i bohatší na živiny, a tak mají i větší výskyt rozsivkových rodů. To jsem potvrdila i dalšími analýzami, které opravdu

ukázaly, že větší rodová diverzita je v habitatech, jako jsou jezera, přehrady, rybníky a velké tůně (obr. 3.6). V těchto habitatech s vyšším vodním sloupcem jsem zachytila také větší výskyt planktonních rodů rozsivek (příloha 7). Většina těchto lokalit je charakteristická vyššími hodnotami pH, které podle výsledků této práce a dalších studií (Hill et al. 2001; Heino et al. 2010; Neustupa et al. 2013), jak jsem již zmínila, korelují i s větší rodovou bohatostí rozsivkového společenstva. Vody v jezerech a přehradách mohou být více eutrofizovány, a tak je dostatek živin pro větší množství organismů, mezi kterými nemusí docházet k žádné kompetici, což by také mohlo objasňovat vyšší diverzitu. Svou roli může hrát samozřejmě velikost lokality, prostor, v němž se mohou rozsivky a další organismy šířit. Nejméně rodů se vyskytuje v habitatech, jako jsou rašeliniště a malé tůňky s kyselějším pH, kde je méně dostupných živin, což může odrážet sníženou diverzitu společenstev. V těchto stanovištích se hojně nacházely rozsivky komplexu *F. crassinervia-saxonica* (obr. 3.9), které se často vyskytují právě v oligotrofních vodách, tudíž ostatní rody nemusely být zaznamenány v prvních 300 determinovaných buňkách, a nemohly tak přispět k celkové diverzitě. Podle PCA grafu (obr. 3.11) se společenstva s dominancí komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica* liší od společenstev, kde abundance tohoto rodu byly menší. Nižší diverzitu některých společenstev by mohl kromě klesajícího gradientu pH vysvětlovat i faktor vysychání, jenž může formování rozsivkových a řasových společenstev významně ovlivňovat (Lane et al. 2009; Neustupa et al. 2011).

Podle výsledků této práce je rodová diverzita rozsivkového společenstva korelována s genetickou diverzitou pozorovanou v rámci rodu *Frustulia* (obr. 3.7). To, že si diverzita různých taxonomických stupňů může odpovídat je v souladu s nedávnými studii (Enquist et al. 2002; Mouillot & Poulin 2004; Krasnov et al. 2005; Passy & Legendre 2006; Rimet & Bouchez 2012). Tento vztah naznačuje, že pro některé účely by mohla být identifikace rozsivek na rodové úrovni spolehlivou alternativou k hodnocení environmentálních podmínek (Hill et al. 2001). Řasy, ale hlavně rozsivky, jsou významnými bioindikátory pro monitorování a hodnocení kvality vod, protože vykazují širokou škálu ekologických optim a jejich společenstva reagují rychle na změny prostředí (Lowe & Pan 1996; Stevenson & Smol 2003). Navzdory těmto výhodám je využívání rozsivek k ekologickému hodnocení vod méně časté než využívání bezobratlých nebo ryb (Resh 2007). Důvodem je hlavně obrovská diverzita rozsivek a jejich problematická taxonomie související s problematikou druhových konceptů, tudíž i nesnadná determinace. Pro vyloučení tohoto problému existuje několik variant. Za prvé, redukovat počet druhů

pro výpočet indexů využívaných v biomonitoringu (Lavoie et al. 2009). Za druhé, pracovat s nižším taxonomickým rozlišením tedy s vyššími taxonomickými úrovněmi. Existuje několik studií (Hill et al 2001; Kelly et al. 1995; Rimet & Bouchez 2012), které podporují vyšší taxony, zejména rodové úrovně, které, jak již bylo zmiňováno, mohou být relativně přesné a srovnatelné s druhovou úrovní. Jsou však případy, kdy toto omezení na vyšší taxonomickou úroveň může způsobit ztrátu informací (Hill et al. 2001), například v širších geografických měřítkách (Keck et al 2016).

5. Závěr

Statistické analýzy ukázaly, že diverzita rozsivkového společenstva nezávisí na konduktivitě ani nadmořské výšce, ale pouze na gradientu pH. Vliv na složení společenstva rozsivek má pouze konduktivita. Naopak u pH, nadmořské výšky, amplitudy denních teplot a počtu dní, kdy je průměrná denní teplota pod bodem mrazu, se vliv na strukturu společenstva neprojevil. Tyto nesignifikantní výsledky lze vysvětlit velkou heterogenitou a nesystematickým výběrem vzorků, z hlediska ekologického gradientu, které byly podle předchozích výzkumů vybrány záměrně tak, aby v nich byla zajištěna přítomnost druhového komplexu *Frustulia crassinerva-saxonica* a také dostatečné množství nasekvenovaných *Frustulia* izolátů. Neparametrická mnohorozměrná analýza variance neprokázala ani vliv habitatu na složení společenstva bentických rozsivek, což je podle mého opět způsobeno velkou různorodostí habitatů, ze kterých byly vzorky odebrány. Nejvyšší diverzitu rozsivek jsem zaznamenala u velkých habitatů – jezer, rybníků a tůní, ve kterých jsem identifikovala také některé planktonní rody. Oligotrofní habitaty, jako jsou rašeliniště a malé tůňky, disponovaly vysokými abundancemi komplexu *F. crassinervia-saxonica*. Podle analýz ani geografická vzdálenost neovlivňuje složení rozsivkové společenstva.

Rosivky jsou významnými bioindikátory, ale vzhledem k nejasným morfologickým hranicím mezi druhy je determinace na nižších taxonomických úrovních problematická a také časově náročná. Dle výsledků této práce koreluje diverzita společenstva rozsivek s genetickou diverzitou v rámci rodu *Frustulia*. V kontextu s dalšími studii se zdá, že identifikace rozsivek na rodové úrovni by tedy mohla sloužit k odhadu diverzity rozsivkových společenstev a mohla by být užitečným, časově nenáročným nástrojem v biomonitoringu. Ukázalo se, že ekologický signál lze najít i u poměrně „hrubých“ dat, kdy byly rozsivky determinovány na rodové úrovni, a kdy byl výběr vzorků zaměřen na přítomnost komplexu *Frustulia crassinervia-saxonica*, nikoliv na určitý typ habitatu či geografický region.

6. Literatura

Aldhebiani, A. Y. (2017). Species concept and speciation. *Saudi Journal of Biological Sciences*.

Alverson, A. J. (2008). Molecular systematics and the diatom species. *Protist*, 159(3), 339.

Amato, A., Kooistra, W. H., Ghiron, J. H. L., Mann, D. G., Pröschold, T., & Montresor, M. (2007). Reproductive isolation among sympatric cryptic species in marine diatoms. *Protist*, 158(2), 193-207.

Anderson M.J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral ecology* 26: 32-46.

Balmford, A., Green, M.J.B., Murray, M.G. (1996). Using higher-taxon richness as a surrogate for species richness: I. Regional tests. *Proceedings of the Royal Society of London B* 263, 1267–1274.

Balmford, A., Lyon, J.E., Lang, R.M. (2000). Testing the higher-taxon approach to conservation planning in a megadiverse group: the macrofungi. *Biological Conservation* 93, 209–217.

Battarbee, R. W., Jones, V. J., Flower, R. J., Cameron, N. G., Bennion, H., Carvalho, L., & Juggins, S. (2002). *Diatoms* (pp. 155-202). Springer Netherlands.

Beier, T., & Lange-Bertalot, H. (2007). A synopsis of cosmopolitan, rare and new *Frustulia* species (Bacillariophyceae) from ombrotrophic peat bogs and minerotrophic swamps in New Zealand. *Nova Hedwigia*, 85(1-2), 73-91.

Boenigk, J., Ereshefsky, M., Hoef-Emden, K., Mallet, J., & Bass, D. (2012). Concepts in protistology: species definitions and boundaries. *European Journal of Protistology*, 48(2), 96-102.

Clarke, K. R. (1993). Non- parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, 18(1), 117-143.

Clerck, O., Guiry, M. D., Leliaert, F., Samyn, Y., & Verbruggen, H. (2013). Algal taxonomy: a road to nowhere?. *Journal of Phycology*, 49(2), 215-225.

Cleve-Euler, A. (1922). *Om diatomacevegetationen och dess förändringar i Säbysjen Uppland, samt några domda s sjoar i Salatrokten*.

- Coleman, A. W. (2003). ITS2 is a double-edged tool for eukaryote evolutionary comparisons. *TRENDS in Genetics*, 19(7), 370-375.
- Coste, M., & Ayphassorho, H. (1991). Étude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). *Rapport Cemagref Bordeaux, Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai*.
- Dalu, T., & Froneman, P. W. (2016). Diatom-based water quality monitoring in southern Africa: challenges and future prospects. *Water SA*, 42(4), 551-559.
- Descy, J. P. (1979). A new approach to water quality estimation using diatoms. *Nova Hedwignia, Beiheft*, 64, 305-323.
- De Queiroz, K. (2007). Species concepts and species delimitation. *Systematic biology*, 56(6), 879-886.
- Enquist, B. J., Haskell, J. P., & Tiffney, B. H. (2002). General patterns of taxonomic and biomass partitioning in extant and fossil plant communities. *Nature*, 419(6907), 610.
- Evans, K. M., Wortley, A. H., & Mann, D. G. (2007). An assessment of potential diatom “barcode” genes (cox1, rbcL, 18S and ITS rDNA) and their effectiveness in determining relationships in Sellaphora (Bacillariophyta). *Protist*, 158(3), 349-364.
- Evans, K. M., Wortley, A. H., Simpson, G. E., Chepurnov, V. A., & Mann, D. G. (2008). A molecular systematic approach to explore diversity within the Sellaphora pupula species complex (Bacillariophyta). *Journal of Phycology*, 44(1), 215-231.
- Fenchel, T. O. M., & Finlay, B. J. (2004). The ubiquity of small species: patterns of local and global diversity. *AIBS Bulletin*, 54(8), 777-784.
- Finlay, B. J. (2002). Global dispersal of free-living microbial eukaryote species. *Science*, 296(5570), 1061-1063.
- Finlay, B. J., Esteban, G. F., Brown, S., Fenchel, T., & Hoef-Emden, K. (2006). Multiple cosmopolitan ecotypes within a microbial eukaryote morphospecies. *Protist*, 157(4), 377-390.
- Finlay, B. J., & Fenchel, T. (2004). Cosmopolitan metapopulations of free-living microbial eukaryotes. *Protist*, 155(2), 237-244.
- Foissner, W. (2006.) Biogeography and dispersal of micro-organisms: a review emphasizing protists. *Acta Protozoologica*, pp.111–136.

Gaston, K.J., Williams, P.H., (1993). Mapping the world's species – the higher taxon approach. *Biodiversity Letters* 1, 2–8.

Giller, P., Hillebrand, H., Berninger, U. G., O Gessner, M., Hawkins, S., Inchausti, P., ... & J Morin, P. (2004). Biodiversity effects on ecosystem functioning: emerging issues and their experimental test in aquatic environments. *Oikos*, 104(3), 423-436.

Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education

Haruštiaková, D., Jarkovský, J., Littnerová, S., & Dušek, L. (2012). Vícerozměrné statistické metody v biologii. *Akademické nakladatelství CERM, sro, Brno*.

Heino, J., Bini, L. M., Karjalainen, S. M., Mykrä, H., Soininen, J., Vieira, L. C. G., & Diniz- Filho, J. A. F. (2010). Geographical patterns of micro- organismal community structure: are diatoms ubiquitously distributed across boreal streams?. *Oikos*, 119(1), 129-137.

Heino, J., & Soininen, J. (2007). Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms?. *Biological Conservation*, 137(1), 78-89.

Hill, B.H., Stevenson, R.J., Pan, Y., Herlihy, A.T., Kaufmann, P.R., Burch Johnson, C., (2001). Comparison of correlations between environmental characteristics and stream diatom assemblages characterized at genus and species levels. *Journal of the North American Benthological Society* 20, 299–310.

Hoek, C., Mann, D., & Jahns, H. M. (1995). *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge university press.

Chao, A., C Li, P., Agatha, S., & Foissner, W. (2006). A statistical approach to estimate soil ciliate diversity and distribution based on data from five continents. *Oikos*, 114(3), 479-493.

Keck, F., Rimet, F., Franc, A., & Bouchez, A. (2016). Phylogenetic signal in diatom ecology: perspectives for aquatic ecosystems biomonitoring. *Ecological applications*, 26(3), 861-872.

Kelly, M. G., Cazaubon, A., Coring, E., Dell'Uomo, A., Ector, L., Goldsmith, B., ... & Kwandrans, J. (1998). Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of applied Phycology*, 10(2), 215.

Kelly, M. G., & Whitton, B. A. (1995). The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7(4), 433-444.

- Kooistra, W. H., Sarno, D., Balzano, S., Gu, H., Andersen, R. A., & Zingone, A. (2008). Global diversity and biogeography of *Skeletonema* species (Bacillariophyta). *Protist*, *159*(2), 177-193.
- Kopalová, K., Nedbalova, L., De Haan, M., & Van de Vijver, B. (2011). Description of five new species of the diatom genus *Luticola* (Bacillariophyta, Diadesmidaceae) found in lakes of James Ross Island (Maritime Antarctic Region). *Phytotaxa*, *27*(1), 44-60.
- Kramer, K., & Lange-Bertalot, H. (1986). 1991. Bacillariophyceae Tiel 1-4.
- Krammer, K. (2000). Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats, Vol. 1. The genus *Pinnularia*. ARG Gantner-Verlag KG, Ruggell, Liechtenstein.
- Krammer, K. (2002). *Diatoms of Europe: Cymbella*. ARG Gantner Verlag.
- Krammer, K. (2003). *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gophocymbelloides, Afrocybella*. *Diatoms of Europe*, *4*.
- Krasnov, B. R., Shenbrot, G. I., Khokhlova, I. S., & Poulin, R. (2005). Diversification of ectoparasite assemblages and climate: an example with fleas parasitic on small mammals. *Global Ecology and Biogeography*, *14*(2), 167-175.
- Kuehn, S. F., Klein, G., Halliger, H., Hargraves, P., & Medlin, L. (2006). A new diatom, *Mediopyxis helysia* gen. nov. and sp. nov. (Mediophyceae) from the North Sea and the Gulf of Maine as determined from morphological and phylogenetic characteristics. *Nova Hedwigia*, *130*, 307-324.
- Kulichová, J., & Fialová, M. (2016). Correspondence between morphology and ecology: morphological variation of the *Frustulia crassinervia-saxonica* species complex (Bacillariophyta) reflects the ombro-minerotrophic gradient. *Cryptogamie, Algologie*.
- Lane, C. R., Reiss, K. C., DeCelles, S., & Brown, M. T. (2009). Benthic diatom composition in isolated forested wetlands subject to drying: implications for monitoring and assessment. *Ecological Indicators*, *9*(6), 1121-1128.
- Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula* sensu stricto 10 genera separated from *Navicula* sensu lato *Frustulia*. *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*, *2*, 526.
- Lavoie, I., Hamilton, P. B., Wang, Y. K., Dillon, P. J., & Campeau, S. (2009). A comparison of stream bioassessment in Québec (Canada) using six European and North American diatom-based indices. *Nova Hedwigia*, *135*, 37-56.

- Loganina, V. I., Simonov, E. E., Jezierski, W., & Małaszkiwicz, D. (2014). Application of activated diatomite for dry lime mixes. *Construction and Building Materials*, *65*, 29-37.
- Lowe, R. L., and Y. Pan. (1996). Benthic algal communities as biological monitors. Pages 705–739 in R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, and R. L. Lowe, editors. *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Mann, D. G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia*, *38*(6), 437-495.
- Mann, D. G. (2010). Discovering diatom species: is a long history of disagreements about species-level taxonomy now at an end?. *Plant ecology and evolution*, *143*(3), 251-264.
- Mann, D. G., McDonald, S. M., Bayer, M. M., Droop, S. J. M., Chepurnov, V. A., Loke, R. E. & Du Buf, J. M. H. (2004). Morphometric analysis, ultrastructure and mating data provide evidence for five new species of Sellaphora (Bacillariophyceae). *Phycologia*, *43*, 459-482.
- Mann, D. G., & Vanormelingen, P. (2013). An inordinate fondness? The number, distributions, and origins of diatom species. *Journal of eukaryotic microbiology*, *60*(4), 414-420.
- Mayden, R. L. (1997). A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem.
- McCabe, K., S., & Cyr, H. (2006). Environmental variability influences the structure of benthic algal communities in an oligotrophic lake. *Oikos*, *115*(2), 197-206.
- Medlin, L. K. (2007). If everything is everywhere, do they share a common gene pool?. *Gene*, *406*(1), 180-183.
- Mouillot, D., & Poulin, R. (2004). Taxonomic partitioning shedding light on the diversification of parasite communities. *Oikos*, *104*(1), 205-207.
- Munn, M. D., Black, R. W., & Gruber, S. J. (2002). Response of benthic algae to environmental gradients in an agriculturally dominated landscape. *Journal of the North American Benthological Society*, *21*(2), 221-237.
- Neustupa, J., Černá, K., & Št'astný, J. (2011). The effects of aperiodic desiccation on the diversity of benthic desmid assemblages in a lowland peat bog. *Biodiversity and conservation*, *20*(8), 1695.
- Nipkow, F. (1920). Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. *Zeitschrift für Hydrologie*, *1*(1-2), 100-122.

- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R. G., Simpson, G. L., ... & Wagner, H. (2011). Vegan: community ecology package, 2011. R Package Version, 1.17-10. *Google Scholar*.
- Pan, Y., Stevenson, R. J., Hill, B. H., & Herlihy, A. T. (2000). Ecoregions and benthic diatom assemblages in Mid-Atlantic Highlands streams, USA. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(3), 518-540.
- Pan, Y., Stevenson, R. J., Hill, B. H., Kaufmann, P. R., & Herlihy, A. T. (1999). Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages in Mid-Atlantic streams, USA. *Journal of Phycology*, 35(3), 460-468.
- Passy, S. I. (2007). Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*, 86(2), 171-178.
- Passy, S. I., & Legendre, P. (2006). Power law relationships among hierarchical taxonomic categories in algae reveal a new paradox of the plankton. *Global ecology and biogeography*, 15(5), 528-535.
- Poff, N. L. (1997). Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the north american Benthological society*, 16(2), 391-409.
- Potapova, M. G., & Charles, D. F. (2002). Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of biogeography*, 29(2), 167-187.
- Potapova, M., & Hamilton, P. B. (2007). Morphological and ecological variation within the *Achnanidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. *Journal of phycology*, 43(3), 561-575.
- Resh, V. H. (2007). Multinational, freshwater biomonitoring programs in the developing world: lessons learned from African and Southeast Asian river surveys. *Environmental Management* 39:737-748.
- Rimet, F., & Bouchez, A. (2011). Use of diatom life-forms and ecological guilds to assess pesticide contamination in rivers: lotic mesocosm approaches. *Ecological Indicators*, 11(2), 489-499.
- Rimet, F., and A. Bouchez. (2012). Biomonitoring river diatoms: implications of taxonomic resolution. *Ecological Indicators* 15:92-99.

Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D. G. (1990). *Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press.

Ruck, E. C., & Theriot, E. C. (2011). Origin and evolution of the canal raphe system in diatoms. *Protist*, 162(5), 723-737.

Rumeau, A., & Coste, M. (1988). Initiation à la systematique des diatomées d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull. Fr. Peche Piscic.* 309, 1-69.

Sato, S., Kooistra, W. H., Watanabe, T., Matsumoto, S., & Medlin, L. K. (2008). A new araphid diatom genus *Psammoneis* gen. nov. (Plagiogrammaceae, Bacillariophyta) with three new species based on SSU and LSU rDNA sequence data and morphology. *Phycologia*, 47(5), 510-528.

Siver, P. A., & Baskette, G. (2004). A morphological examination of *Frustulia* (Bacillariophyceae) from the Ocala National Forest, Florida, USA. *Canadian journal of botany*, 82(5), 629-644.

Soininen, J., Jamoneau, A., Rosebery, J., & Passy, S. I. (2016). Global patterns and drivers of species and trait composition in diatoms. *Global ecology and biogeography*, 25(8), 940-950.

Soininen, J., Paavola, R., & Muotka, T. (2004). Benthic diatom communities in boreal streams: community structure in relation to environmental and spatial gradients. *Ecography*, 27(3), 330-342.

Sládeček, V. (1986). Diatoms as indicators of organic pollution. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 14(5), 555-566.

Stevenson, R. J., and J. P. Smol. (2003). Use of algae in environmental assessments. Pages 775-804 in J. D. Wehr, and R. G. Sheath, editors. *Freshwater algae in North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego, California, USA.

Trobajo, R., Clavero, E., Chepurinov, V. A., Sabbe, K., Mann, D. G., Ishihara, S., & Cox, E. J. (2009). Morphological, genetic and mating diversity within the widespread bioindicator *Nitzschia palea* (Bacillariophyceae). *Phycologia*, 48(6), 443-459.

Trobajo, R., Rovira, L., Ector, L., Wetzel, C. E., Kelly, M., & Mann, D. G. (2013). Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species. *Diatom research*, 28(1), 37-59.

Urbánková, P. (2011). *Molekulární variabilita a rozšíření druhového komplexu *Frustulia rhomboides* (Bacillariophyceae)*. Univerzita Karlova v Praze

- Urbánková, P., Kulichová, J., & Kilroy, C. (2015). *Frustulia curvata* and *Frustulia paulii*, two diatom species new to science. *Diatom research*, 30(1), 65-73.
- Urbánková, P., Scharfen, V., & Kulichová, J. (2016). Molecular and automated identification of the diatom genus *Frustulia* in northern Europe. *Diatom Research*, 31(3), 217-229.
- Urbánková, P., & Veselá, J. (2013). DNA-barcoding: A case study in the diatom genus *Frustulia* (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia*, 142, 147-162.
- Van de Vijver, B., Frenot, Y., & Beyens, L. (2002). Freshwater Diatoms from Ile de la Possession (Crozet-Archipelago, Subantarctica). *Acta Botanica Ungarica*, 45(3-4), 422-423.
- Vanormelingen, P., Verleyen, E., & Vyverman, W. (2008). The diversity and distribution of diatoms: from cosmopolitanism to narrow endemism. *Biodiversity and conservation*, 17(2), 393-405.
- Veselá, J., Urbánková, P., Černá, K., & Neustupa, J. (2012). Ecological variation within traditional diatom morphospecies: diversity of *Frustulia rhomboides* sensu lato (Bacillariophyceae) in European freshwater habitats. *Phycologia*, 51(5), 552-561.
- Villasenor, J.L., Ibarra-Manriquez, G., Meave, J.A., Ortiz, E. (2005). Higher taxa as surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. *Conservation Biology* 19, 232–238.
- Vyverman, W., Sabbe, K., Mann, D. G., Kilroy, C., Vyverman, R., Vanhoutte, K., & Hodgson, D. (1998). *Eunophora* gen. nov. (Bacillariophyta) from Tasmania and New Zealand: description and comparison with *Eunotia* and amphoroid diatoms. *European Journal of Phycology*, 33(2), 95-111.
- Vyverman, W. et al. (2007). Historical processes constrain patterns in global diatom diversity. *Ecology*, 88(8), pp.1924–31.
- Warwick, R. M and Clarke, K. R. (2001). Practical measures of marine diversity based on relatedness of species. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, 39, 207-231.
- Wu, J. T. (1999). A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan. *Hydrobiologia*, 397, 79-87.

Wu, J. T., & Kow, L. T. (2002). Applicability of a generic index for diatom assemblages to monitor pollution in the tropical River Tsanwun, Taiwan. *Journal of Applied Phycology*, 14(1), 63-69.

7. Přílohy

Příloha 1: Polohové informace o vzorcích a data odběru

Vzorek	Region	Hemisféra	GPS	GPS	Odběr
CZ-1	Česká republika	NE	50,688833	14,842567	7/2011
CZ-2	Česká republika	NE	49,066528	14,645848	6/2011
CZ-3	Česká republika	NE	49,066528	14,645848	6/2012
CZ-4	Česká republika	NE	50,806567	14,045167	8/2011
CZ-5	Česká republika	NE	50,806683	14,044983	8/2012
CZ-6	Česká republika	NE	50,836327	15,245833	11/2009
CZ-7	Česká republika	NE	50,857979	15,175381	11/2009
CZ-8	Česká republika	NE	49,237804	14,630472	10/2009
DE-9	Německo	NE	50,503351	13,178540	10/2013
DE-10	Německo	NE	50,515391	13,191000	10/2013
EE-11	Estonsko	NE	59,172410	27,259178	5/2013
EE-12	Estonsko	NE	58,874611	26,255417	5/2013
FI-13	Finsko	NE	61,683963	25,010319	5/2012
ME-14	Černá Hora	NE	42,573408	20,035436	9/2011
ME-15	Černá Hora	NE	42,573903	20,034008	9/2011
NO-16	Norsko	NE	67,900667	15,856683	8/2012
NO-17	Norsko	NE	60,962561	5,706421	10/2012
NO-18	Norsko	NE	60,996479	5,743232	10/2012
NO-19	Norsko	NE	60,605016	4,827536	10/2012
PL-20	Polsko	NE	53,951975	16,105572	8/2011
PL-21	Polsko	NE	51,383280	15,135322	10/2013
PL-22	Polsko	NE	51,383582	15,136335	10/2013
SE-23	Švédsko	NE	63,575642	19,572619	6/2012
SE-24	Švédsko	NE	57,766467	14,027450	10/2013
SE-25	Švédsko	NE	57,103167	14,535783	4/2011
SE-26	Švédsko	NE	56,691664	13,366349	4/2011
CA-27	Kanada	NW	49,767970	-117,180600	8/2012
CA-28	Kanada	NW	51,788300	-119,917290	8/2012
FR-29	Francie	NW	44,963967	-1,098405	5/2012
FR-30	Francie	NW	43,854060	-1,319755	5/2012
FR-31	Francie	NW	43,853380	-1,319978	5/2012
GL-32	Grónsko	NW	69,445253	-54,199358	7/2011
GL-33	Grónsko	NW	69,221972	-51,084181	7/2011
IE-34	Irsko	NW	53,436060	-9,912280	10/2012
IE-35	Irsko	NW	53,474381	-9,543631	10/2012
IE-36	Irsko	NW	53,466718	-9,546490	10/2012
IE-37	Irsko	NW	51,985394	-9,565077	10/2012
IE-38	Irsko	NW	51,966017	-9,597010	10/2012
IE-39	Irsko	NW	51,927187	-9,737309	10/2012
PT-40	Portugalsko	NW	38,427081	-28,138508	9/2012
PT-41	Portugalsko	NW	37,836064	-25,758903	9/2012
NZ-42	Nový Zéland	SE	-44,035328	168,742661	5/2010
NZ-43	Nový Zéland	SE	-42,646839	171,173106	7/2010
NZ-44	Nový Zéland	SE	-42,916428	171,554825	3/2010
NZ-45	Nový Zéland	SE	-39,331917	175,504800	12/2013
NZ-46	Nový Zéland	SE	-39,332317	175,505217	12/2013
NZ-47	Nový Zéland	SE	-42,747677	171,018936	7/2010
CL-48	Chile	SW	-48,898372	-72,872359	12/2011
CL-49	Chile	SW	-48,898068	-72,871301	12/2011

Příloha 2: Naměřené hodnoty environmentálních faktorů u všech vzorků a typ habitatu (typ1 – jezera, přehrady, rybníky, velké tůň s větším výskytem planktonních rodů; typ2 – rašeliniště, malé tůňky s nízkou hodnotou pH a výskytem aeroterestrických rodů; typ3 – mokřady, minerotrofní habitaty, prameniště a tůň s menším výskytem planktonních rodů)

Vzorek	Nadmořská výška (m n. m.)	pH	Konduktivita (μS/cm ²)	tmin to tmax	Tmin - Tmax	Počet mrazoucích dní	Habitat	Typ habitatu
CZ-1	404	5,4	48	-12 to 28	40	47	mokřad	typ1
CZ-2	438	NA	NA	-11 to 23	34	37	mokřad	typ3
CZ-3	438	NA	NA	-11 to 23	34	37	mokřad	typ3
CZ-4	451	5,6	94	-8 to 26	34	34	mokřad	typ3
CZ-5	451	4,8	62	-8 to 26	34	34	mokřad	typ3
CZ-6	975	4,3	45	-17 to 24	41	106	malá tůň	typ2
CZ-7	651	NA	NA	-15 to 26	41	85	smáčená zeď	typ2
CZ-8	428	4,2	111	-15 to 31	46	74	mokřad	typ3
DE-9	897	4,35	28	-12 to 25	37	108	rašeliniště	typ3
DE-10	841	4,3	42	-11 to 26	37	107	rašeliniště	typ2
EE-11	58	4,5	20	-18 to 25	43	130	rašeliniště	typ2
EE-12	82	4,3	44	-18 to 25	43	130	rašeliniště	typ3
FI-13	160	6,5	NA	-27 to 22	49	109	jezero	typ1
ME-14	1960	6,1	36	-11 to 20	31	82	malá tůň	typ2
ME-15	1936	4,9	77	-11 to 20	31	82	malá tůň	typ2
NO-16	33	NA	NA	-8 to 17	25	41	jezero	typ1
NO-17	491	4,65	11	-7 to 16	23	69	tůň	typ1
NO-18	714	4,72	6	-9 to 14	23	113	tůň	typ1
NO-19	26	4,99	46	-2 to 22	24	10	tůň	typ3
PL-20	50	4	29	-14 to 31	45	66	tůň	typ1
PL-21	164	5,9	150	-13 to 28	41	81	rašeliniště	typ2
PL-22	163	4,8	142	-13 to 28	41	81	rašeliniště	typ2
SE-23	47	5,1	14	-22 to 19	41	91	jezero	typ1
SE-24	228	3,52	83	-17 to 21	38	119	rašeliniště	typ2
SE-25	228	4,4	32	-15 to 20	45	92	rašeliniště	typ2
SE-26	175	5,1	65	-20 to 22	42	82	jezero	typ1
CA-27	1994	5,3	37	-18 to 14	32	189	tůň	typ1
CA-28	2039	6,6	16	-35 to 14	49	209	tůň	typ1
FR-29	13	7,1	271	-5 to 28	33	22	jezero	typ1
FR-30	24	6,1	191	-2 to 25	27	4	jezero	typ1
FR-31	20	5,1	143	-2 to 25	27	4	mokřad	typ3
GL-32	0	6,3	76	-18 to 21	39	230	jezero	typ1
GL-33	33	6	50	-18 to 21	39	230	přehrada	typ1
IE-34	26	6,8	91	-3 to 19	22	9	rašeliniště	typ2
IE-35	46	6,8	58	-3 to 19	22	9	jezero	typ1
IE-36	40	6,8	60	-3 to 19	22	9	jezero	typ1
IE-37	26	6,7	42	-2 to 19	21	9	jezero	typ1
IE-38	160	6,7	60	-3 to 18	21	19	tůň	typ3
IE-39	300	5,9	95	-4 to 17	21	25	prameniště	typ3
PT-40	767	NA	NA	4 to 19	15	0	jezero	typ1
PT-41	757	NA	NA	5 to 20	15	0	jezero	typ1
NZ-42	17	3,3	12	4 to 19	15	0	malá tůň	typ2
NZ-43	139	4,6	24	3 to 20	17	0	jezero	typ1
NZ-44	879	5,3	NA	-4 to 18	22	26	malá tůň	typ2
NZ-45	1258	7,8	12	-1 to 21	22	2	tůň	typ3
NZ-46	1257	5,76	14	-1 to 21	22	2	tůň	typ3
NZ-47	18	NA	NA	4 to 21	17	0	tůň	typ3
CL-48	1037	7,1	25	-12 to 17	29	153	tůň	typ3
CL-49	1038	NA	NA	-12 to 17	29	153	tůň	typ3

Příloha 3: Počty rodů, izolátů, Frustulia linií a dominující linie ve vzorcích

Vzorek	Počet rodů	Počet linií	Počet izolátů	Přítomné linie	Dominující linie
CZ-1	6	2	16	V:2; VI:14	VI
CZ-2	11	1	13	VI:13	VI
CZ-3	6	1	13	VI:13	VI
CZ-4	5	2	10	V:6; VI:4	V
CZ-5	9	2	14	V:1; VI:13	VI
CZ-6	5	1	10	VI:10	VI
CZ-7	9	1	34	VI:34	VI
CZ-8	4	1	18	VI:18	VI
DE-9	5	1	10	VI:10	VI
DE-10	6	1	10	VI:10	VI
EE-11	7	1	21	VI:21	VI
EE-12	4	1	23	VI:23	VI
FI-13	17	4	15	I:1; V:7; VI:3; cf.erif:4	V
ME-14	4	1	13	VI:13	VI
ME-15	11	2	12	V:11; VI:1	V
NO-16	14	1	14	VI:14	VI
NO-17	7	1	9	VI:9	VI
NO-18	7	1	11	VI:11	VI
NO-19	10	2	11	VI:5; sept:6	sept
PL-20	5	1	11	VI:11	VI
PL-21	4	1	20	VI:20	VI
PL-22	6	1	15	VI:15	VI
SE-23	12	2	11	VI:6; cf. sept:1	VI
SE-24	10	1	10	VI:10	VI
SE-25	6	1	11	VI:11	VI
SE-26	10	2	10	V:1; VI:9	VI
CA-27	14	1	12	VI: 12	VI
CA-28	20	3	9	VI:4; pink:3; small:2	VI
FR-29	14	2	10	IV:2; V:8	V
FR-30	14	1	11	V:11	V
FR-31	7	2	10	V:6; VI:4	V
GL-32	12	1	24	V:24	V
GL-33	17	2	9	VI:8; BB10:1	VI
IE-34	11	2	12	V:10; VI:2	V
IE-35	13	2	14	III:1; V:13	V
IE-36	11	1	12	V:12	V
IE-37	17	2	10	I:1; V:9	V
IE-38	11	2	12	V:8; VI:4	V
IE-39	11	3	9	I:5; V:1; VI:3	I
PT-40	15	1	11	VI:11	VI
PT-41	16	2	13	IV:4; VI:9	VI
NZ-42	9	2	10	VI:5; green:5	-
NZ-43	11	2	9	VI:8; green:1	VI
NZ-44	15	2	9	VI:8; green:1	VI
NZ-45	8	3	15	green:3; paulii:8; mag:4	paulii
NZ-46	12	4	14	VI:1; green:3 ; paulii:8; magal:2	paulii
NZ-47	13	3	12	VI:5; maor:3; gondw:4	VI
CL-48	13	1	18	cf. maor:18	maor
CL-49	17	2	12	cf. maor:2; cf. yellow:10	yell

Příloha 4: Zdroje ze kterých byly získány informace o teplotě na daných lokalitách (NOAA - <https://www.nodc.noaa.gov>; <https://www.wunderground.com>)

Vzorek	Název stanice	Nadmořská výška stanice	Data záznamů (od-do)	GPS souřadnice stanice	Zdroj
CZ-1	LIBEREC, EZ	402	XII 2010 - XI 2011	50.767, 15.017	NOAA
CZ-2	KOCELOVICE, EZ	522	XII 2010 - XI 2011	49.467, 13.833	NOAA
CZ-3	KOCELOVICE, EZ	522	XII 2010 - XI 2011	49.467, 13.833	NOAA
CZ-4	MILESOVKA, EZ	833	XII 2010 - XI 2011	50.5544, 13.9314	NOAA
CZ-5	MILESOVKA, EZ	33	XII 2010 - XI 2011	50.5544, 13.9314	NOAA
CZ-6	ILIBEREC1	396	XII 2009 - XI 2010	50.83, 15.02	Veselá et al. 2012
CZ-7	ILIBEREC1	396	XII 2009 - XI 2010	50.83, 15.02	Veselá et al. 2012
CZ-8	IJNRICH1	474	XII 2009 - XI 2010	49.14, 15.02	Veselá et al. 2012
DE-9	FICHELBERG, GM	1213	XII 2012 - XI 2013	50.4292, 12.9553	NOAA
DE-10	FICHELBERG, GM	1213	XII 2012 - XI 2013	50.4292, 12.9553	NOAA
EE-11	VALKE MAARJA, EN	123	XII 2012 - XI 2013	59.133, 26.233	NOAA
EE-12	VALKE MAARJA, EN	123	XII 2012 - XI 2013	59.133, 26.233	NOAA
FI-13	JAMSA HALLI LENTOKENTTA, FI	145	XII 2011 - XI 2012	61.8564, 24.7892	NOAA
ME-14	PODGORICA GRAD, MJ	50	XII 2010 - XI 2011	42.433, 19.283	NOAA
ME-15	PODGORICA GRAD, MJ	50	XII 2010 - XI 2011	42.433, 19.283	NOAA
NO-16	SKROVA, FYR	11	XII 2011 - XI 2012	68.1503, 14.6506	NOAA
NO-17	TAKLE,NO	38	XII 2011 - XI 2012	61.0267, 5.385	NOAA
NO-18	TAKLE,NO	38	XII 2011 - XI 2012	61.0267, 5.385	NOAA
NO-19	BERGEN FLORIDA,NO	12	XII 2011 - XI 2012	60.3831, 5.3331	NOAA
PL-20	LEBA, PL	2	XII 2010 - XI 2011	54.75, 17.5331	NOAA
PL-21	GORLITZ, GM	238	XII 2012 - XI 2013	51.1631, 14.9531	NOAA
PL-22	GORLITZ, GM	238	XII 2012 - XI 2013	51.1631, 14.9531	NOAA
SE-23	JARNASKLUBB A, SW	6	XII 2011 - XI 2012	63.44, 19.68	NOAA
SE-24	JONKOPINGS FLYGPLATS, SW	226	XII 2012 - XI 2013	57.7514, 14.0731	NOAA
SE-25	BERG,SW	250	XII 2010 - XI 2011	57.12, 14.69	NOAA
SE-26	MARKARYD, SW	110	XII 2010 - XI 2011	56.46, 13.66	NOAA
CA-27	NELSON NE, CA	570	XII 2011 - XI 2012	49.4833, -117.3	NOAA
CA-28	VAVENBY, CA	445	XII 2011 - XI 2012	51.5833, -119.7833	NOAA
FR-29	IAULNAYA2	62	XII 2009 - XI 2010	46.02, -0.35	Veselá et al. 2012
FR-30	IAQUITAI16	45	XII 2009 - XI 2010	43.52, -1.48	Veselá et al. 2012
FR-31	IAQUITAI16	45	XII 2009 - XI 2010	43.52, -1.48	Veselá et al. 2012
GL-32	BGJN	31	XII 2010 - XI 2011	69.23, 51.07	wunderground
GL-33	BGJN	31	XII 2010 - XI 2011	69.23, 51.07	wunderground
IE-34	IKERRYTR2	226	XII 2009 - XI 2010	52.31, -9.63	Veselá et al. 2012
IE-35	IKERRYTR2	226	XII 2009 - XI 2010	52.31, -9.63	Veselá et al. 2012
IE-36	IKERRYTR2	226	XII 2009 - XI 2010	52.31, -9.63	Veselá et al. 2012
IE-37	ICORKWAT2	181	XII 2009 - XI 2010	52.01, -8.34	Veselá et al. 2012
IE-38	ICORKWAT2	181	XII 2009 - XI 2010	52.01, -8.34	Veselá et al. 2012
IE-39	ICORKWAT2	181	XII 2009 - XI 2010	52.01, -8.34	Veselá et al. 2012
PT-40	HORTA CASTELO BL.	27	I 2010 - XII 2010	38.52, -28.72	Veselá et al. 2012
PT-41	PONTA DELGADA	66	I 2010 - XII 2010	37.74, -25.70	Veselá et al. 2012
NZ-42	HAAST	3	XII 2009 - XI 2010	-43.87, 169.00	Urbánková 2011
NZ-43	HOKITIKA	45	XII 2009 - XI 2010	-42.72, 170.98	Urbánková 2011
NZ-44	ICANTERB3	735	XII 2009 - XI 2010	-42.95, 171.56	Urbánková 2011
NZ-45	IMANAWAT58	138	XII 2013 - XI 2014	-40.09, 175.38	wunderground
NZ-46	IMANAWAT58	138	XII 2013 - XI 2014	-40.09, 175.38	wunderground
NZ-47	HOKITIKA	45	XII 2009 - XI 2010	-42.72, 170.98	Urbánková 2011
CL-48	ICOHRAN2	146	XII 2011 - XI 2012	47.342, -73.086	wunderground
CL-49	ICOHRAN2	146	XII 2011 - XI 2013	47.342, -73.086	wunderground

Příloha 5: Výsledky jednocestného ANOSIM testu

Testované skupiny	Bray-Curtisův index	Jaccardův index
Vzorky s pH < 5,5 x vzorky s pH > 5,5	R = 0,1905 p = 0,0009	R = 0,2181 p = 0,0005
Vzorky z různých regionu E x SA x JA x NZ	R = 0,2378 p = 0,0179	R = 0,1289 p = 0,0459
Vzorky z různých typů habitatu typ1 x typ2 x typ3	R = 0,2956 p = 0,1825	R = 0,1072 p = 0,0064
Vzorky s dominancí VI linie x vzorky s dominancí jiné linie	R = 0,0527 p = 0,1184	R = 0,07887 p = 0,0334
Vzorky s abundancí buněk komplexu F.crass.-sax. <120 x s abundancí >120	R = 0,3259 p = 0,0001	R = 0,2162 p = 0,0004
Vzorky s výskytem jedné Frustulia linie x vzorky s výskytem dvou a více linií	R = 0,00145 p = 0,4353	R = 0,1798 p = 0,0002

Příloha 6: Absolutní četnosti nalezených rodů ve vzorcích

rod/vzorek	CZ-1	CZ-2	CZ-3	CZ-4	CZ-5	CZ-6	CZ-7	CZ-8	DE-9	DE-10	EE-11	EE-12	FI-13	ME-14	ME-15	NO-16	NO-17	NO-18	NO-19	PL-20	PL-21	PL-22	SE-23	SE-24	SE-25	SE-26
<i>Achnanthes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Amphora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysira</i>	18	56	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12	0	11	0	17	8	4	0	0	0	4	0	0	100
<i>Caloneis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chamaepinnularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i>	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	2	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbopleura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Diademsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Encyonema</i>	0	0	0	16	1	0	5	0	0	0	0	0	19	0	1	1	0	0	4	0	0	0	3	0	0	2
<i>Encyonopsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eumophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eumotia</i>	21	42	6	40	14	78	87	45	26	14	36	18	53	136	143	41	134	62	56	65	2	25	57	126	17	15
<i>Fragilaria</i>	1	7	0	0	30	0	1	4	2	2	2	0	6	0	0	53	0	0	0	9	0	18	1	3	1	0
komplex <i>Frustulia crass.-sax.</i>	254	96	191	109	232	159	136	178	158	229	181	129	129	95	109	27	77	131	78	224	273	26	64	99	228	117
<i>Frustulia (erifuga, krammeri)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	21	0	9	23	33	1	0	10	0	7	0	0	9	13	3	25	0
<i>Gomphonema</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
<i>Gyrosigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Hannaea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kobayasiella</i>	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	5	7	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
<i>Neidium</i>	0	6	3	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	7	0	4	0	3	0	2	0
<i>Pinnularia</i>	5	40	40	130	11	57	59	73	74	33	5	144	8	36	2	9	6	8	3	0	0	22	27	55	27	43
<i>Plagiotropis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planothidium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pseudostaurosira</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhoicosphenia</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sellaphora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Stenopterobia</i>	1	19	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Surirella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanodiscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
<i>Tabellaria</i>	0	19	0	5	1	3	0	0	0	0	73	0	28	0	2	148	55	79	138	1	21	200	124	1	0	14

rod\vzorek	CA-27	CA-28	FR-29	FR-30	FR-31	GL-32	GL-33	IE-34	IE-35	IE-36	IE-37	IE-38	IE-39	PT-40	PT-41	NZ-42	NZ-43	NZ-44	NZ-45	NZ-46	NZ-47	CL-48	CL-49
<i>Achnanthes</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	16	0	35	0	4	1	7	0	22	0	0	0	20	3	0
<i>Amphora</i>	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachysira</i>	16	15	60	16	1	100	0	13	25	17	17	8	0	1	3	0	0	11	68	30	0	0	0
<i>Caloneis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chamaepinnularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis</i>	10	2	0	0	0	0	2	0	4	0	6	0	0	1	20	0	3	2	0	0	1	0	0
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	2	0	0	26	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella</i>	45	20	34	7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	2	5	4	0	0	0	0	10	5
<i>Cymbopleura</i>	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	61
<i>Diademesis</i>	0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Diploneis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Encyonema</i>	0	0	29	24	0	1	10	9	15	12	20	1	8	11	17	0	0	2	1	0	59	0	54
<i>Encyonopsis</i>	0	0	0	66	0	0	0	0	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Eunotia</i>	19	13	4	30	178	30	2	56	25	30	25	72	123	96	17	19	30	91	25	53	7	2	3
<i>Fragilaria</i>	2	8	7	30	0	13	150	7	60	20	36	3	0	5	33	1	12	0	2	0	22	119	17
komplex <i>Frustulia crass.-sax.</i>	122	39	88	0	51	25	1	90	52	113	10	148	24	24	14	224	162	78	190	164	0	31	108
<i>Frustulia (erifuga, krammeri)</i>	10	7	0	23	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	9	40	2	0	2	24	2	1
<i>Gomphonema</i>	0	0	4	65	0	0	2	6	0	8	7	7	24	0	4	1	0	0	0	0	8	9	2
<i>Gyrosigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Hannaea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Kobayasiella</i>	13	5	1	0	0	12	0	27	44	4	35	23	9	0	0	0	0	29	11	15	0	0	10
<i>Luticola</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Navicula</i>	33	22	38	6	0	13	42	25	8	9	11	1	0	35	148	2	0	0	0	0	29	53	0
<i>Neidium</i>	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i>	2	5	11	0	2	28	18	1	0	1	8	1	1	10	6	0	1	6	0	0	104	25	0
<i>Pinnularia</i>	20	38	18	9	58	15	3	0	1	0	3	3	4	12	4	37	24	8	1	6	20	38	21
<i>Plagiotropis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planothidium</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudostaurosira</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhoicosphenia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	1	1
<i>Sellaphora</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1
<i>Stauroneis</i>	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Stenopterobia</i>	0	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	2	1	0	0	0	0
<i>Surirella</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1
<i>Stephanodiscus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i>	0	0	0	0	0	21	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Tabellaria</i>	1	0	3	9	8	40	28	64	45	85	74	33	98	94	17	2	0	39	0	15	3	0	3

Příloha 7: Rody nebo druhy zaznamenané při doprohlížení vzorků (1 – vzácný výskyt do 5 buněk na preparát; 2 – méně běžný výskyt do 15 buněk na preparát; 3 – běžný výskyt; 4 – hojný výskyt; *modře* jsou vyznačeny planktonní rody)

rod/vzorek	CZ-1	CZ-2	CZ-3	CZ-4	CZ-5	CZ-6	CZ-7	CZ-8	DE-9	DE-10	EE-11	EE-12	FI-13	ME-14	ME-15	NO-16	NO-17	NO-18	NO-19	PL-20	PL-21	PL-22	SE-23	SE-24	SE-25	SE-26
<i>Asterionella</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	1	---	---
<i>Aulacoseira</i>	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	1	2	---	---	---	---	1	---	---	1	---	---
<i>Cyclotella</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Encyonema</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Flagilaria crotonensis</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Gomphonema</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Kobayasiella</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	2	---	---	1	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---
komplex <i>Frustulia crassinervia- saxonica</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Melosira varians</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Neidium</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Nitzschia</i>	---	---	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pinnularia</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---
<i>Pleurosigma</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Rhoicosphaenia</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---
<i>Sellaphora</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Stauroneis</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Surirella</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Tabellaria</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rod/vzorek	CA-27	CA-28	FR-29	FR-30	FR-31	GL-32	GL-33	IE-34	IE-35	IE-36	IE-37	IE-38	IE-39	PT-40	PT-41	NZ-42	NZ-43	NZ-44	NZ-45	NZ-46	NZ-47	CL-48	CL-49	
<i>Asterionella</i>	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Aulacoseira</i>	4	3	3	---	---	---	2	---	---	---	1	---	---	1	3	---	---	---	---	---	---	2	4	
<i>Cyclotella</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Encyonema</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Flagilaria crotonensis</i>	---	3	---	2	---	---	---	---	1	---	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Gomphonema</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Kobayasiella</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3	---	---
komplex <i>Frustulia crassinervia- saxonica</i>	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---
<i>Melosira varians</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Neidium</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---
<i>Nitzschia</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pinnularia</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pleurosigma</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---
<i>Rhoicosphaenia</i>	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Sellaphora</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---
<i>Stauroneis</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Surirella</i>	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Tabellaria</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---