

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Katedra botaniky

obor: systematika a ekologie bezcévných rostlin

Bakalářská seminární práce

**Sinice a řasy malých vodních toků
Národního parku České Švýcarsko**

Jana Veselá

Praha 2005

školitel:

RNDr. Jiří Neustupa, PhD.

OBSAH

I. ÚVOD	2
II. TEORETICKÁ ČÁST	2
A. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA TEKOUČÍCH VOD	2
B. SINICE A ŘASY VODNÍCH TOKŮ	4
C. LITERÁRNÍ REŠERŠE	5
III. PRAKTICKÁ ČÁST	10
A. CELKOVÉ FYZIKOGEOGRAFICKÉ A PŘÍRODNÍ POMĚRY NÁRODNÍHO PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO	10
B. CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉ LOKALITY A POPIS ODBĚROVÝCH MÍST	11
C. MATERIÁL A METODY	11
1. Odběr vzorků	11
2. Měření základních fyzikálně-chemických parametrů	12
3. Expozice umělých podkladů	12
4. Kultivace směsných vzorků a jejich determinace	12
5. Preparace rozsivek	13
6. Mikrofotografie	14
7. Metody analýzy dat	14
D. VÝSLEDKY	15
1. FLORISTICKÁ ČÁST	15
2. EKOLOGICKÁ ČÁST	16
a) Charakteristika biotopu	16
b) Ekologie a rozšíření nalezených druhů	17
c) Mnohorozměrné ordinační analýzy	18
E. DISKUZE	23
IV. ZÁVĚR	24
V. LITERATURA	25

I. ÚVOD

Tato seminární bakalářská práce velmi úzce souvisí s mou budoucí diplomovou prací, ve které se pokusím postihnout biodiverzitu a vliv ekologických faktorů na řasová společenstva v jednotlivých antropogenně málo ovlivněných vodních tocích na území Národního parku České Švýcarsko. U dvou potoků bude navíc studována sezónní dynamika druhového složení a změny společenstev v podélném profilu toku, tzv. lineární transekt (BLUM 1957).

Pro porozumění biotopu tvořeném proudící vodou bylo nezbytné, abych přečetla vědecké publikace týkající se tohoto tématu. Obecné informace i konkrétní výsledky bádání jsou uvedené v teoretické části seminární práce. Praktická část je věnována vlastní výzkumné práci týkající se potoka Suchá Bělá, který byl vybrán jako jeden ze dvou pravidelně sledovaných toků.

II. TEORETICKÁ ČÁST

A. Fyzikální a chemická charakteristika tekoucích vod

Vodní tok vykazuje velké množství proměnlivých faktorů: rychlost proudění, odtok, průtok, teplota, pH, intenzita slunečního záření, obsah rozpuštěných plynů, koncentrace minerálních a organických látek.

V průběhu toku rozlišujeme peřejnaté torentilní úseky (riffles) - prudší spád, dobrá výměna plynů (O_2 , CO_2), zvýšená eroze, kamenité dno - a neznatelně proudící fluviatilní části (pools) - zvýšená akumulace sedimentů, bahnitě či bahnitopísčité dno (LELLÁK & KUBÍČEK 1992).

Proudění zapříčiňuje teplotní a chemickou destratifikaci vodního sloupce (HINDÁK 1978) a neustálý přísun kyslíku a živin (ETTL 1980). Na rozhraní kapalina-pevný podklad vzniká hraniční neboli mezní vrstva (boundary layer), ve které je proudění téměř zanedbatelné. Přes tuto vrstvu probíhá difúzní transport iontů a molekul rozpuštěných látek mezi organismy a prostředím. Se zvyšující se rychlostí proudu se zmenšuje tloušťka hraniční vrstvy a tím je umožněn rychlejší přísun živin. To znamená, že na biotopech s rychleji proudící vodou mají řasy celkově lepší podmínky pro využití živin nesených vodou ve formě iontů a molekul rozpuštěných látek (HINDÁK 1978). Význam hraniční vrstvy spočívá také v distribuci organismů (LELLÁK & KUBÍČEK 1992).

Chemické složení vodních toků, ovlivněné geologickým podložím, sedimenty dna, terestrickým prostředím případně antropogením působením (ETTL 1980), je vyjádřitelné veličinami pH, konduktivitou a saprobitou.

Určité pH získáme za odlišných koncentrací iontů, protože množství volných H^+ iontů je výsledkem komplexních procesů. Voda může být „kyselá“ vlivem kyselin uvolněných z minerálů v podloží, huminových kyselin, nadbytkem protonů při aktivní výměně iontů v rašeliništích nebo slabým pufrováním, které způsobuje poklesy pH (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986). Pufrovací schopnosti mají například hydrogenuhličitany a huminové kyseliny, které váží volné ionty v prostředí do komplexů. Při antropogenním znečištění mohou být toky obohaceny o ionty dusíku, síry nebo hliníku. Jejich částečným navázáním pufrovacími systémy ztrácí daný biotop schopnost vyrovnávat pH a tím dochází ke kolísání hodnoty acidity (ALLES et al. 1991). Větší význam než průměrná hodnota pH má proto v přírodě celkové chemické složení vody na určitém stanovišti (HINDÁK 1978).

Množství elektrolytů lze měřit prostřednictvím konduktivity (vodivosti), která zhruba odpovídá následujícím údajům: tok velmi chudý na elektrolyty: méně než $50\mu S/cm$, chudý na elektrolyty: $50-100\mu S/cm$, se středním obsahem elektrolytů: $100-500\mu S/cm$, bohatý na elektrolyty: více než $500\mu S/cm$ (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986).

Trofie, úživnost vody, je ovlivňována zvýšeným přísunem biogenních prvků v organických i anorganických sloučeninách. Podle stupně eutrofizace třídíme vodstvo na oligotrofní, mezotrofní a eutrofní (HINDÁK 1978). Někteří autoři vyčleňují dystrofní stanoviště, kterým je vlastní vysoká koncentrace huminových kyselin, nižší hodnota pH, vyšší množství absorbovaného UV-záření a rozpuštěného uhlíku (ALLES et al. 1991). Patří mezi ně například vrchoviště a odtok z rašeliniště.

Ve vzájemném vztahu s trofií je saprobita, která je definována množstvím organických, rozkládajících se látek v povrchových vodách (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986). Stupně saprobity slouží především k posuzování projevů alochtoního znečištění vody. Systém saprobity byl mnoha autory rozšířen a zdokonalen a často jednotlivé stupně ještě rozděleny (ETTL 1980). Základní členění podle FOTTA (1967): katarobní (bez organických látek, pramen toku), oligosaprobní (čistý), β -mesosaprobní (středně čistý), α -mesosaprobní (znečištěný), polysaprobní (silně znečištěný).

B. Sinice a řasy vodních toků

Společenstva tekoucích vod se liší jak v příčném, tak v podélném profilu toku.

V příčném profilu rozlišujeme tři spolu související celky (LELLÁK & KUBÍČEK 1992):

1. Ve volné tekoucí vodě (reopelagiál) se může vyskytovat planktonní algoflóra, která pochází z jezer, rybníků, tůní nebo která se vyvíjí ve slepých ramenech řek či v pomalu tekoucích nížinných tocích.

2. Povrchová vrstva dna koryta (bentál) je osídlena fyto bentosem. Bentické organismy unášené prouděním (drift) mohou osidlovat různé typy substrátů (HINDÁK 1978):

a) Epilitické nárosty řas jsou pevně přichyceny na povrch kamenů pomocí rhizoidů, slizových útvarů (stopky, terčíky, pochvy, ložiska) nebo tvoří korovité povlaky. b) Epifyty jsou uzpůsobené k osidlování mechorostů, vyšších vodních rostlin i jiných řas. Od epilitických nárostů se odlišují podstatně složitější prostorovou strukturou celého společenstva. Volně žijícím řasám slouží vegetace jako přirozená ochrana před účinky proudění. c) Osobitý charakter mají společenstva osidlující odumřelé zbytky rostlin, jejichž druhové složení je výrazně ovlivněné rozkladnými procesy probíhajícími v substrátě. d) Epipelické druhy žijící na povrchu bahnitých sedimentů v klidnějších částech toku jsou přizpůsobené nestabilitě tohoto podkladu a schopné pohybu.

3. Bentické organismy mohou žít v hlubší vrstvě dna (hyporeál), v mezerách mezi zrny substrátu s infiltrovanou vodou (POULÍČKOVÁ 1998). Podříční dno je pro organismy významné především u periodicky vysychavých a ponorných toků (LELLÁK & KUBÍČEK 1992).

Odlišnost společenstev od pramene k ústí je výsledkem náhody při osidlování podkladu i heterogenity dna (HINDÁK 1978).

Pramenný úsek poskytuje specifické podmínky dané vlastnostmi vyvěrající podzemní vody, která je poznamenána stykem s podložím, izolací od atmosféry a slunečního záření (HINDÁK 1978). Pramen se také vyznačuje nízkou a relativně stálou teplotou (v rozmezí 5-10°C), rychlým prouděním, ztrátou určitého množství anorganických látek (uhlík, fosfor, dusík) a vysokou koncentrací kyslíku. Řada druhů sinic a řas je vázána pouze na pramen a jeho přímý odtok (ETTL 1980).

Na mikrobiotopech s trvale vlhkým až mokrým povrchem (např. kameny ocitající se zčásti nad hladinou vody vlivem jejího kolísání, mechorosty v torentikolních úsecích potoků, ostříkávané skalní stěny v okolí vodopádů) nalézáme společenstva aerofilních řas. Tato

stanoviště tvoří přechod mezi vodním a terestrickým prostředím, kde jsou organismy odkázané na příjem vody jen z ovzduší. (HINDÁK 1978).

C. Literární rešerše

Stručné obsahy vybraných odborných článků souvisejí s tématem mé budoucí diplomové práce. Autoři se v nich zabývají biodivezitou, sezónní dynamikou, kolonizací, driftem, fyziologií a strukturou společenstev řas v tekoucích vodách.

Z potoků ovlivněných lidskou činností byl po necelé dva roky odebírán fyto-bentos a byly měřeny změny jeho rychlosti proudění, teploty, osvětlení a pH (DILLARD 1969). Pro odběry makroskopických, vláknitých řas byla použita metoda lineárního transektu (BLUM 1957). Mikroskopické, epilimnické druhy byly pravidelně odebírány z přírodních i umělých substrátů (podložní sklička, polystyren) vložených do toku na 1-10 měsíců. Kvantitativní (počet buněk na mm²) i kvalitativní (determinace druhů) analýza byla provedena pouze pro početně významné taxony a vztahovala se k sezónní dynamice. Na základě výsledků bylo rozpoznáno osm odlišných společenstev bentických řas, které jsou typické pro konkrétní část roku a určitý úsek toku. Během roku vykazovaly rozsivky sezónní změny pouze v relativní četnosti, zatímco ostatní charakteristické taxony se vyskytovaly jen v určité části roku. Sezónní pravidelnost byla vysvětlena změnami v teplotě vody, intenzitě světla a rychlosti proudění.

MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON (1978) se také zabývali sezónní dynamikou, ale zajímaly je navíc její příčiny: drift a kolonizace. Za proměnné faktory prostředí byly brány vlastnosti daného potoka (průměrná denní teplota, pH, konduktivita, změny v různých úsecích toku a během roku) a průměrné měsíční hodnoty srážek, teploty vzduchu a hodin slunečního svitu. Během necelých dvou let byly do vodního toku (9 odběrových míst) vkládány umělé substráty (plexiskla) pouze na 24 hodin, aby se zamezilo sekundárním procesům následujících po kolonizaci driftem. Množství rozsivek ve volné tekoucí vodě bylo přičítáno driftu (počet buněk na litr). Kolonizace byla měřena počtem přichycených rozsivek na ploše 10 cm². Na různých odběrových místech, nezávisle na vzájemné vzdálenosti, vykazovaly dominující druhy velkou odlišnost v procentuálním zastoupení. Největší důraz byl kladen na změny početností rozsivek během celého roku. Nejvíce druhů mělo dvě maxima: jaro, podzim.

Následující článek sice popisuje experimenty na pobřeží Baltického moře prováděné HILLENBRAND & SOMMER (2000), ale přináší jeden z přístupů k rozmanitosti druhového složení bentických nárostů. Prostřednictvím čtyř matematicky vypočítaných koeficientů (např.

Shannon-Weaverův, Simpsonův) byla hodnocena diverzita (podíl druhů v objemu biomasy) ve vztahu ke kolonizaci vložených substrátů (kameny, dřevo) a umělé eutrofizaci (různé kombinace koncentrací sloučenin fosforu, dusíku a křemíku). Diverzitu řasových nárostů snižuje jak doba kolonizace, tak zvýšený přísun živin, který zapříčiňuje dominanci některých druhů. Počet druhů během kolonizace neosídlených substrátů nejdříve stoupal a poté se ustálil vlivem rozdílů v rychlosti růstu a nastávající kompetici, kdy příchod nových druhů řas neměl takový význam. Použité indexy druhové diverzity autoři pokládají za velice citlivé veličiny, kterými je vhodné měřit lokální změny ve společenstvech řas ve vztahu prostředí.

Především kvantitativní přístup je zřejmý z dalších dvou článků. Pro zjištění biodiverzity fytoplanktonu byly odebírány (PIIRSOO 2003), v průběhu let 1991-2001, vzorky z 503 úseků na 164 vodních tocích. Zkoumané lokality se liší geologickým podložím (např. jíla, vápenec, pískovec), zastíněním, rychlostí proudění, teplotou, pH, BOD₅, obsahem dusíku a fosforu. Získaná data byla hodnocena prostřednictvím čísel: procentuální zastoupení jednotlivých taxonů a jejich počet na litr; Shannon-Weaverův index - diverzita společenstev v dolních úsecích toku; PCQ (Phytoplankton Compound Quotient) - odhad trofie; Sørensenův koeficient – podobnost v různých i stejných tocích vzhledem času. Bylo determinováno 433 taxonů planktonních a unášených bentických řas, přičemž 90% rodů bylo zastoupeno pouze 1-5 buňkami určitého druhu. Nejpočetnější skupinou algoflóry byly rozsivky, poté zelené řasy, sinice a nanoplanktonní všudypřítomní bičíkovci. Četnost jednotlivých taxonů je vztažena na typ habitatu (planktonní, epifytický, epilimnický, epipelický a epipsamnický - zrnka písku) a všechny vodní toky dohromady.

ALLES et al. (1991) podrobně studovali výskyt jediného rozsivkového rodu a jeho početnost ve vzorcích s různými hodnotami fyzikálně-chemických parametrů. Během čtyř let odebrali 1800 vzorků nárostů bentických rozsivek ze 120 lokalit, které se nacházely v horních částech středohorských potoků s pískovcovým nebo žulovým podložím bez přímého antropogenního vlivu. Ve sledovaných vodních tocích byly měřeny následující parametry vody: pH, vodivost, teplota, uvolněný organický uhlík (DOC), absorpce UV-záření a množství iontů křemičitanu, draslíku, vápníku, sodíku, hořčíku, hliníku, manganu, hydrogenuhličitanu, chloridu, dusičnanu, fosforečnanu a síranu. Obecně lze vodní prostředí potoků charakterizovat jako mírně až silně kyselé, více či méně dystrofní nebo oligotrofní a s nízkou koncentrací elektrolytů. Největší množství rozsivek patřilo do rodu *Eunotia*, proto bylo nově morfologicky a ekologicky popsáno třináct nejdůležitějších druhů tohoto rodu. Nejpozoruhodnější výsledky byly získány ve vztahu rodu *Eunotia* k systému pufrování ovlivňující pH. Tento taxon autoři uspořádali do čtyř ekologicky odlišných skupin, ve kterých

se uvedená optima týkají hodnot pH, kde druhy dosahovaly nejvyšší početnosti. První tři skupiny vyžadují účinné pufrovací systémy, kterými jsou huminové kyseliny (pH 4,0 – 4,3) nebo hydrogenuhličitan (pH blízké 7), udržující pH v úzkém rozmezí hodnot. Pokud druhy vykazovaly dvě optima, výskyt v intervalu mezi nimi byl minimální nebo nulový. I - pH 4 (např. *Eunotia paludosa*, *Eunotia sudetica*), II - pH 7 (např. *Eunotia minor*), III - dvě výrazná optima v hodnotách pH předchozích dvou skupin (např. *Eunotia bilunaris*). Čtvrtá skupina druhů je naopak význačná pro prostředí s nízkou kapacitou pufrování, kde pH může nabývat různých hodnot v čase. Z toho autoři usuzují, že jsou proto vhodnými indikátory pro antropogenní acidifikaci vodního prostředí. IV – velice široká stálá jednovrcholová amplituda s maximem v pH 5-6 (např. *Eunotia exigua*, *Eunotia subarcuatooides*). Klasické rozdělení rozsivek na acidobiontní, acidofilní, indiferentní k pH, alkalofilní a alkalibiontní není podle autorů dostačující a mělo by být proto změněno. Pro acidofilní druhy s širokou ekologickou amplitudou (IV. skupina) navrhuji termín „indifferent acidophil“.

Odlíšným přístupem k algoflóře vodních toků je zkoumání fyziologie těchto organismů. Kapitola knihy *Algal Ecology* (STEVENSON et al. 1996) shrnuje znalosti o fenoménu proudění a jeho vlivu na řasová společenstva bentálu. Přímé působení proudu a jeho různých rychlostí lze rozdělit na kladné a záporné. Proudění stimuluje metabolismus (příjem živin, respiraci, fotosyntézu), emigraci (export) a reprodukční rychlost fyto-bentosu. Turbulentní proudění promíchává vrstvy vody a tím přináší nové zdroje živin do celého vodního sloupce. Vyšší rychlost proudu ztenčuje tloušťku mezní vrstvy a tím usnadňuje příjem živin organismy. Pozitivní účinky proudění jsou výraznější při vyšší koncentraci živin, dostatečné intenzitě světla a větší hustotě řasových nárostů. Pohyb vody negativně ovlivňuje využívání exoenzymů a imigraci, která společně s exportem znesnadňuje kolonizaci nových substrátů a vytváří tak mozaikovitě rozšíření bentických společenstev. Jednotlivé taxony řas jsou přizpůsobeny na různou rychlost proudění přichytnými mechanismy. Jedním z faktorů nepřímo souvisejícím s prouděním (ovlivňující mikrobiotop) je velikost a stabilita substrátu, který mohou řasy osidlovat.

Pro výzkum biodiverzity a metabolismu společenstev v tekoucích vodách byly autory HOLOPAINEN et al. (1988) vybrány lesní potoky, které charakterizovali nízkou teplotou, pH a koncentrací živin, vysokým obsahem rozpuštěného organického uhlíku a malou propustností slunečního záření vlivem silného zastínění a hnědého zbarvení vody. Pro některé taxony nalezených řasových nárostů byla vypočítána v podmínkách *in situ* a *in vitro* primární produkce, množství biomasy (chlorofyl *a*) a heterotrofní aktivita (navázaný oxid uhličitý ve tmě). Srovnání získaných dat se týkala sezónní dynamiky období pěti měsíců (květen-září).

Diverzita (17-31 druhů či rodů v jednom potoce) byla na všech lokalitách podobná. Nejvyšší rozmanitost vykazovala skupina bentických rozsivek (124 taxonů včetně variet a forem), avšak větší část z nich nedosahovala ani 5% početnosti v konkrétním potoce. Nejběžnějšími rody byly *Eunotia*, *Pinnularia* a *Frustulia*. Pravděpodobně nejdůležitějším faktorem ovlivňující rozdílné složení rozsivek mezi potoky je dle autorů složení dna - přímý kontakt vody a podloží.

PRINGLE (1990) zkoumal vliv prostorové různorodosti ve zdrojích živin na řasové nárosty. Do velmi čistého vodního toku s písčítým dnem, studeným pramenem, relativně konstantní teplotou a odtokem a s velmi nízkými koncentracemi biogenních prvků byla vložena speciální soustava 4 samostatných válců z plexiskla, kterými protékala jeho voda. Jednotlivé válce představovaly různá experimentální prostředí pouze co se týče koncentrace dusíku a fosforu, jinak měly víceméně stejné podmínky. Vliv živin ze substrátu či z proudící vody na kolonizaci podkladů řasovými organismy se zkoumal různou kombinací obohacení a neobohacení jednoho či druhého o anorganický dusík a organický nebo anorganický fosfor. Pro odlišení zdroje živin, na substrát a vodu, byly do každého válce dány umělé substráty – agarové plotny se sterilním pískem z potoka (substrát) a podložní sklička (voda). Umělé substráty byly během 15-22 dnů nejvíce osidlovány rozsivkami (42 druhů), více než 95% z celkového periphytonu. Pro rozsivky s jedním, dvěma či žádným rafe a pro několik taxonů vytvářející $\frac{3}{4}$ množství rozsivek byla spočtena hodnota objemu biomasy na cm^2 . Struktura a fyziognomie společenstva byla sledována v rastrovacím elektronovém mikroskopu. Odlišnosti ve složení rozsivek byly prokázány na všech sledovaných úrovních pokusu. Rozmanitost taxonů ve vztahu k získávání živin je tedy dána vzájemnými vztahy mezi taxony, různorodostí povrchů a typů substrátů, zdrojů a množství živin.

Odlišným metabolismem řasových nárostových společenstev na kamenných a dřevěných podkladech v proudící vodě se zabývali SABATER et al. (1998). Na místa s podobnou intenzitou slunečního záření a rychlostí proudění ve vybraném lesním potoce byly proto vkládány (42 dnů) kamenné (keramické dlaždice) a dřevěné substráty. Každý den bylo náhodně vyndáno a následně analyzováno několik substrátů. Pro srovnání byly odebrány i nárosty na přirozených podkladech. Pro algoflóru porůstající dřevěné a kamenné substráty byly vypočítány následující parametry měnící se s probíhající kolonizací: množství (koncentrace chlorofylu *a*) a objem biomasy, počet buněk na cm^2 , primární produkce (NCPP), respirace a diverzita (Shannon-Weaverův index). Struktura společenstva řas byla prohlédnuta v rastrovacím elektronovém mikroskopu. Nejhojnější skupinou na obou substrátech byly rozsivky. Pouze několik taxonů nevykazovalo preference k substrátu. Společenstva na

přirozených a vložených podkladech byla podobná. Signifikantní rozdíly mezi dřevěnými a kamennými substráty byly prokázány pro diverzitu, objem biomasy a respiraci. Tyto hodnoty byly vyšší na dřevěných podkladech. Primární produkce na dřevě byla záporná zatímco na kamenech kladná. Z výsledků pozorování vyplývá, že rozmanitý povrch dřeva nabízí větší množství míst k různému přichycení řasových kolonizátorů, avšak přítomnost bakterií a houbových organismů vytváří kompetici o vnější zdroj dusíku (experimentální obohacení o NH_4^+). Rozdílnost mezi společenstvy osidlující dřeva a kameny vysvětlují úzkou souvislostí s fyzikálními vlastnostmi substrátu a schopností připevnění jednotlivých taxonů řas.

III. PRAKTICKÁ ČÁST

A. Celkové fyzickogeografické a přírodní poměry Národního parku České Švýcarsko

Příběh tohoto území se počíná před mnoha miliony lety, v geologickém období svrchní křída, kdy se v oblasti dnešního Českého Švýcarska rozprostíralo mělké moře. Právě z jeho písčného dna se po ústupu moře zrodil podivuhodný svět pískovce (ČESKÉ ŠVÝCARSKO, O.P.S. 2003). V třetihorách byla zdejší oblast postižena tektonickým neklidem a vulkanickou činností, kdy došlo k rozpuštění pískovců a jejich prostoupením sopečnými vyvřelinami. Dnešní podobu získala krajina ve čtvrtohorách. Působením klimatických vlivů, zejména během střídání dob ledových a meziledových, docházelo k postupné erozi méně zpevněných částí pískovcových hornin. Nejvíce se uplatnila říční eroze. Prostřednictvím puklinových systémů pronikala voda hluboko do nitra pískovců a původně souvislá pískovcová tabule se rozpadla na dnešní kvádrové pískovce (PATZELT & SOJKA 2003).

Křemenný, živinami chudý kyselý pískovec Českého Švýcarska (SRNSKÝ 1998) je bílý, šedý nebo slabě nažloutlý působením železitých látek. Pouze místy se v pískovci vyskytují pruhy tmavohnědých železitých inkrustací (HRDINA & KOL. 1956).

Hlavním předmětem ochrany Národního parku České Švýcarsko je především velmi charakteristicky vyvinutý pískovcový fenomén, tj. unikátní geomorfologie pískovcového skalního města (SPRÁVA NP 2001). Základním rysem území je vysoká stanovištní diverzita na straně jedné a relativní chudost substrátu na straně druhé. Nejedná se však o území s nízkou diverzitou, a to zejména díky několika faktorům (HÄRTEL 2001).

Výrazným činitelem zvyšujícím biodiverzitu je reliéf, vytvářející specifické mikro- až mezoklimatické poměry. Jejich důsledkem je mimo jiné skutečnost, že v hlubokých roklích a soutěskách dochází k stékání studeného vzduchu na dno roklí. Tato klimatická inverze se projevuje ve zvratu vegetačních stupňů, kdy se na dně chladných, vlhkých roklí vyskytují v nadmořské výšce okolo 150 m podhorské a horské druhy. Naopak na osluněných vrcholcích skal, v těsném sousedství studených roklí, jsou teploty o několik desítek stupňů vyšší.

Zásadním obohacením biodiverzity území jsou terciérní vyvřeliny, které vytvářejí odlišný půdní pokryv, pro který jsou charakteristické hluboké úživné půdy, např. Národní přírodní rezervace Růžák, Přírodní rezervace Ponova louka.

Významným zvýšením biodiverzity jsou vodní toky. Jejich relativní chudost je způsobena vysokou propustností pískovců, které skrývají ve svém nitru zásoby podzemních vod. Pramenná oblast a horní tok naprosté většiny vodních toků se nacházejí zpravidla na žulovém nebo čedičovém podkladě, často mimo území národního parku. Poté co vodní tok

přitéká na propustné pískovce, dochází ke ztrátě jeho vodnosti až k jeho úplnému zasáknutí po určitou část ročního období.

Na území národního parku neexistují žádné větší plochy stojatých vod, pouze několik malých lesních rybníčků (PATZELT & HÄRTEL 2001).

Převládající vegetací Českého Švýcarska jsou lesy, pokrývající přes 95% rozlohy parku (HÄRTEL 2001) a představující mozaiku přirozených nebo člověkem pozměněných ekosystémů (SPRÁVA NP 2001).

B. Charakteristika sledované lokality a popis odběrových míst

Potok Suchá Bělá, dlouhý zhruba 3km, se nachází v I. zóně Národního parku České Švýcarsko severovýchodně od obce Hřensko (viz příloha I.).

Zatímco samotný pramen Suché Bělé nalezneme na úpatí čedičové hory Großer Winterberg (PATZELT & HÄRTEL), zbytek potoka teče na pískovcovém podloží. Jak naznačuje název, potok během roku vysychá, vlivem průsaku do pískovce. Množství vody protékající korytem je tedy plně závislé na srážkách. Hloubka vody dosahuje v proudivých částech výrazně nižších hodnot (průměrně 6-15 cm) než v tišinách. Šířka toku není větší než jeden metr. Necelý kilometr od ústí do Dlouhé Bělé je vytvořen na Suché Bělé rybník.

Byly vybrány dva odběrové úseky, pramenná (SB1) a dolní část toku (SB2), dlouhé necelých 20m, zahrnující vodopád, klidné a torentilní úseky. Vzdálenost mezi těmito místy vzdušnou čarou je 610 m a převýšení činí asi 180 m.

SB1: zeměpisná poloha: 50°53,65' severní šířky, 14°16,15' východní délky, 450 m n. m. Praměniště obklopují acidofilní bučiny, ale zastínění jimi není příliš vysoké. Převládají torentilní úseky plné kaskád s převýšením zhruba 7 metrů.

SB2: zeměpisná poloha: 50°53,34' severní šířky, 14°16,04' východní délky, 270 m n. m. Zastínění je značné vlivem hustého porostu smrků s malým podílem buků a hlubokého roklinovitého údolí, které zkracuje světelnou část dne. Potok v této části meandruje.

C. Materiál a metody

1. Odběr vzorků

Vzorky jsem odebírala na jaře roku 2004 a v zimě následujícího roku na lokalitě Suchá Bělá. Letní a podzimní odběr nebyl možný vzhledem k vyschnutí potoka po celé jeho délce.

V rámci vymezeného úseku toku, v jeho horní a dolní části, jsem náhodně odebírala vzorky ze čtyř mikrobiotopů - mech, dno, kámen a dřevo – do sterilních plastových zkumavek o objemu 12 ml. Mechorost jsem vyndala z vody a nad zkumavkou jsem ho promnula v ruce, dno jsem seškrabávala polouzavřenou zkumavkou, aby se příliš brzy nenaplnila proudící vodou, viditelné nárosty na ponořených kamenech a odumřelém dřevě jsem odebrala polštářky prstů, nehty nebo plastovým víčkem od zkumavky.

Vzorky jsem převezla do laboratoře a zpracovala je do druhého dne.

2. Měření základních fyzikálně-chemických parametrů

Na jednotlivých odběrových místech jsem stanovovala pH, konduktivitu a teplotu měřícími přístroji pH 330/SET a LF 315/Set WTW, Germany.

Pro vyjádření rychlosti proudění na jednotlivých mikrobiotopech jsem vytvořila tři četnou stupnici, kterou lze použít, aniž bych znala konkrétní hodnotu rychlosti proudu.

2 - vodopád, 1 - proudící voda, 0 - netekoucí. Toto dělení umožňuje přiřadit určitá čísla mikrobiotopům na jedné lokalitě během celého roku, kdy je vodnatost vlivem srážek výrazně jiná a tím i odlišná rychlost proudění a zároveň srovnat odlišné toky mezi sebou.

3. Expozice umělých podkladů

Při studiu algoflóry je využíváno umělých substrátů, které jsou vkládány na dané lokality za účelem získání nárostových společenstev (HINDÁK 1978). Na odběrová místa jsem proto dávala podložní sklíčka zapuštěná v polystyrenu. Záhy se však ukázalo, že expozice umělých podkladů nemůže být úspěšná kvůli kolísavému průtoku, vysychání a zapadání sklíček listím.

4. Kultivace směsných vzorků a jejich determinace

Pro správné určení některých řas do druhu je nezbytné přírodní vzorky kultivovat. Z jednotlivých shluků rozprostřených na agarových plotnách získáme dostatečné množství buněk a různá stadia vývoje určitého druhu. Kapalné skupenství je pro vodní řasy přirozenější než pevný agar, proto jsem řasy paralelně kultivovala i v tekutém médiu.

Připravovala jsem živné médium BBM - Bold's Basal Medium (KALINA 1994), obohacené půdním dekoktem (BISCHOV & BOLD 1963) a s přidavkem vitamínové směsi

DY IV vitamínové roztoky (ANDERSEN et al. 1997). Část vzniklého média jsem přelila do Erlen Meyerových baňek. V druhé části jsem při zahřívání rozpustila agar a posléze vtila na Petriho misky a do skleněných zkumavek určených pro šikmý agar. Nádoby s živným médiem jsem vysterilizovala tlakem v autoklávu.

Sterilní pipetou jsem odebrala suspenzi přírodního vzorku zředěnou destilovanou vodou na světle zelenou barvu, aby přílišná hustota buněk nedala vznik příliš mnoha koloniím. Kapku z pipety jsem rozetřela po celé ploše agarové plotny, nebo rozmíchala v tekutém médiu. Kultivované vzorky jsem uchovávala při teplotě 25°C a stálém osvětlení zářivkovou trubicí Philips TLD 18W/33.

Vytvořené shluky mikrokolonií řas na agarových plotnách jsem postupně přenášela sterilní jehlou do kapky destilované vody na podložním sklíčku. Z tekutého média jsem odebírala směsný vzorek. Při determinaci řas jsem používala světelný mikroskop Olympus CX 31. Některé neurčené druhy jsem izolovala na šikmý agar pro získání jednodruhové kultury a její další taxonomické studium.

5. Preparace rozsivek

Taxonomie rozsivek je založena na morfologických znacích jejich prázdné křemičité schránky. Organickou hmotu uvnitř frustul jsem proto odstranila metodou vypalování peroxidem vodíku (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986). Vzorky jsem odstředila v centrifuze MPW 223 a k sedimentu ve zkumavce jsem vtila 33% roztok peroxidu vodíku (H_2O_2). Po jedné hodině působení peroxidu na vzorek jsem přelila objem zkumavky do připravené kádinky a následně přidala malé množství dichromanu draselného ($K_2Cr_2O_7$). Exotermní reakce těchto dvou sloučenin vypálila organickou součást schránek rozsivek a zbarvila roztok nejdříve do fialova a posléze do oranžova. Vzorky jsem pro odbarvení několikrát centrifugovala s destilovanou vodou.

Při přípravě rozsivkových preparátů jsem sterilní pipetou vytvořila na krycím sklíčku velkou kapku ze suspenze vypáleného vzorku. Hustotu rozsivkových schránek jsem zjišťovala ve světelném mikroskopu a případně změnila jejich koncentraci přidáním destilované vody. Po odpaření vody jsem krycí sklíčko, vyschlou částí dolů, přiložila na podložní sklíčko s kapkami syntetické pryskyřice Naphrax (LABO - MS s.r.o.), která zvyšuje index lomu světla, a zahřála na azbestové síťce nad kahanem, aby se rychleji odstranila rozpouštědla. Vytvářela jsem i preparáty bez použití média. Přilepením okrajů krycího sklíčka izolepou

podložnímu je využíván index lomu světla přes vzduch. Schránky se tak dají zachytit v trojrozměrném prostoru.

6. Mikrofotografie

Pro dokumentaci některých nalezených druhů jsem pořizovala mikrofotografie ve světelném mikroskopu Olympus BX 51 s digitálním fotoaparátem Olympus Camedia Digital Camera C-5050 Zoom. Kvůli drobným velikostem objektů bylo nezbytné využívat 100x zvětšující imerzní objektiv.

Při fotografování rozsivkových trvalých preparátů podle HOUKA (2003) jsem nepoužívala fázový kontrast ani Nomarského diferenční kontrast. Schránku rozsivky jsem zaostřila do roviny strií, které se tak jevily světlé na tmavším pozadí zbytku valvy. Mikrofotografie jsem v programu ACDSee 7.0 změnila v negativ s 256 stupni šedi. Tímto postupem se docílí velkého rozlišení, které je nezbytné pro zachycení povrchových struktur na frustulách. Snímky jsem upravovala pomocí programu Adobe Photoshop 6.0 CE (Adobe System Incorporated, 1989-2001).

7. Metody analýzy dat (LEPŠ & ŠMILAUER 2000)

Data získaná z determinace druhů řas (species) na jednotlivých mikrobiotopech (samples) a z měření parametrů prostředí (environmental variables) jsem vyhodnocovala v programu Canoco (Canonical Community Ordination) for Windows 4.5 (TER BRAAK & ŠMILAUER 1998). Ordinační diagramy byly vytvořeny v programu CanoDraw for Windows 4.0 (TER BRAAK & ŠMILAUER 2002). Canoco využívá ordinační a statistické metody zpracovávající mnohorozměrná data. Ordinační zjednodušuje mnohorozměrný prostor dat tím, že nalezne malý počet hypotetických veličin (ordinačních os), které postihnou největší část variability sledovaných dat.

Primární data pro ordinační analýzy mají dvě složky - druhy a vzorky. Výskyt druhů jsem ohodnotila semikvantitativní stupnicí četnosti: 3 - dominantní (nejvýše dva druhy),

2 - četnost mezi extrémy, 1 - vzácný (jedna nebo dvě buňky na preparát, případně pouze vykultivované druhy). Jména jednotlivých nalezených taxonů bylo nutné zkrátit na čtyři písmena (viz Tab. 2). Každý vzorek v sobě zahrnuje charakteristiky prostředí: kvantitativní spojitě proměnné (pH, vodivost, teplota, odhad proudění), nabývající různých hodnot, a kvalitativní binární proměnné (mikrobiotop, rok, horní tok), zadané číslicemi 0 nebo 1

(MARHOLD & SUDA 2002). Druhá data jsou brána jako vysvětlované (response) a charakteristiky prostředí jako vysvětlující proměnné (explanatory).

Pro vlastní analýzu dat jsem používala lineární ordinační metody, protože délka gradientu spočtená korespondenční analýzou (DCA - Detrended Correspondence Analysis) byla menší než 3. Nepřímá, neomezená gradientová analýza - analýza hlavních komponent (PCA - Principal Components Analysis) - udává směr největší variability v souboru dat prostřednictvím zobrazení hypotetických proměnných do ordinačních os, které jsou nejlépe schopny vysvětlit druhové složení. V přímé, omezené gradientové analýze - redundanční analýza (RDA - Redundancy Analysis) - odpovídají ordinační osy směru největší variability, která je vztažena na předem dané parametry charakteristik prostředí. Procento vysvětlené variability v datech (vypočítání z Eigenvalue, λ) od první osy k dalším postupně klesá. Parciální přímou ordinací jsem se zavedenými kovariátami postupně analyzovala samotný vliv jednotlivých charakteristik prostředí na rozložení druhů. Určité významné parametry prostředí, které prokazatelně působí na druhové složení, lze vzít jako kovariáty a tím oddělit (odstínit) jejich působení na druhová data. Centrováním vzorků získaly proměnné nulový průměr. Tato úprava je nezbytná pro RDA a parciální lineární ordinace.

Významnost vztahů mezi charakteristikami prostředí a druhovým složením jsem testovala statistickým Monte Carlo permutačním testem s nulovou hypotézou (H_0): druhové složení je na parametrech prostředí nezávislé. Postupným výběrem se zavedenými statisticky významnými kovariátami jsem testovala permutacemi každou proměnnou prostředí zvlášť. Permutace, přeuspořádání dat, jsem omezila do dvou bloků, pokud byla kovariátou kategoriální charakteristika prostředí. 1000 permutací náhodně přiřazovalo v rámci daných bloků charakteristiky prostředí k druhům a následně byla spočítána hladina významnosti - p hodnota ($\alpha = 0,05$).

D. VÝSLEDKY

1. Floristická část

Na vymezených úsecích potoka Suchá Bělá (horní tok - SB1 a dolní tok - SB2) jsem odebrala 8.4.2004 a 14.1.2005 celkem 24 vzorků z mikrobiotopů: kámen (9), dno (7), mech (5), dřevo (3). Nestejný počet odběrů z jednotlivých mikrobiotopů je dán nestejným zastoupením substrátů a různou rozmanitostí makroskopicky viditelných nárostů porůstajících tyto podklady.

Některé řasy se mi nepodařilo s jistotou určit do druhu. Tyto taxony jsou v seznamu nalezených druhů (Tab.2) uvedeny s latinskou zkratkou *sp.* u rodu případně *cf.* u druhu. Některými z příčin nesnadností determinace se staly: malý počet buněk, obrazová dokumentace a popis druhů v určovacích klíčích neodpovídaly znakům pozorovaného organismu, neúplný životní cyklus zelených řas, nebo drobné rozměry nedovolovaly ve světelném mikroskopu rozlišit důležité struktury na schránkách rozsivek.

Celkem bylo nalezeno 50 druhů řas (včetně variet): 39 ze třídy rozsivek (Bacillariophyceae), 9 náležících do skupiny zelených řas (Chlorophyceae) – 6 zástupců bylo determinováno z přírodních vzorků a 3 z kultivačních agarových ploten (*Desmococcus sp.*, *Koliella cf. corcontica* a *Microthamnion Kützingianum*) a jediný zástupce třídy Zygnematophyceae a Euglenophyceae. Průměrná diverzita každém vzorku byla 23 druhů.

Četnost druhů a jejich variet na jednotlivých mikrobiotopech jsem vyjadřovala semikvantitativní stupnicí: 3 - dominantní (nejvýše dva druhy), 2 – četnost mezi extrémy, 1 - vzácný (jedna nebo dvě buňky na preparát, případně pouze vykultivované druhy), která mi umožnila hodnotit zastoupení druhů ve všech vzorcích srovnatelně stejným odhadem i při nestejném množství odebraného nárostu řas a různých hustotách buněk v preparátu. Varietám druhu *Eunotia exigua* (Bacillariophyceae) jsem přiřazovala stejný stupeň četnosti, protože v sebe morfologií schránek často přecházejí a nelze je tak s jistotou oddělit (ALLES et al. 1991).

2. Ekologická část

a) Charakteristika biotopu

Na lokalitě Suchá Bělá jsem naměřila následující parametry vodního prostředí:

odběrové místo	teplota (°C)	pH	vodivost ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
SB1 (duben 2004)	5,4	5,3	79,5
SB2 (duben 2004)	4,5	4,6	111,5
SB1 (leden 2005)	3,7	4,5	55
SB2 (leden 2005)	3,4	3,9	70

Tab. 1 – Fyzikálně chemické hodnoty měřených veličin.

Nízká, relativně stálá teplota potoka je v horní části toku (SB1) způsobená pramenem a rychlým prouděním zatímco v dolní části toku (SB2) roklinovým údolím a zastíněním stromy. Kyselá reakce je dána pískovcovým podložím. Vodivost udává malý až střední obsah elektrolytů. Z hlediska trofie můžeme vodu charakterizovat jako katarobní (pramen) až

oligosaprobni (čistá horní část vodního toku). Velmi významná je skutečnost opakovaného vysychání koryta Suché Bělé během roku.

b) Ekologie a rozšíření nalezených druhů

Většina druhů řas (78%) se vyskytuje jak ve vodních tak v aero–terestrických biotopech (ETTL & GÄRTNER 1995), kterými jsou například vlhké skály, mechorosty a půda.

Rozsivky jsou dobrými bioindikátory prostředí. Vyhledala jsem proto v literatuře (FOTT 1967; ETTL 1980; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, 1988, 1991; POULÍČKOVÁ 1998) ekologické charakteristiky jednotlivých druhů, které dosáhly v některém vzorku četnosti 2 nebo 3 (celkem 25 druhů), protože nález 1-2 buněk nemá vypovídající hodnotu. 20% druhů rozsivek upřednostňuje pískovcové nebo křemičitanem bohaté substráty (*Eunotia exigua*, *E. minor*, *E. paludosa*, *Fragilaria virescens* a *Navicula soehrensii*). Větší podíl druhů je vázán na pramen nebo horní část toku (60%) a vodní prostředí chudé na elektrolyty (56%).

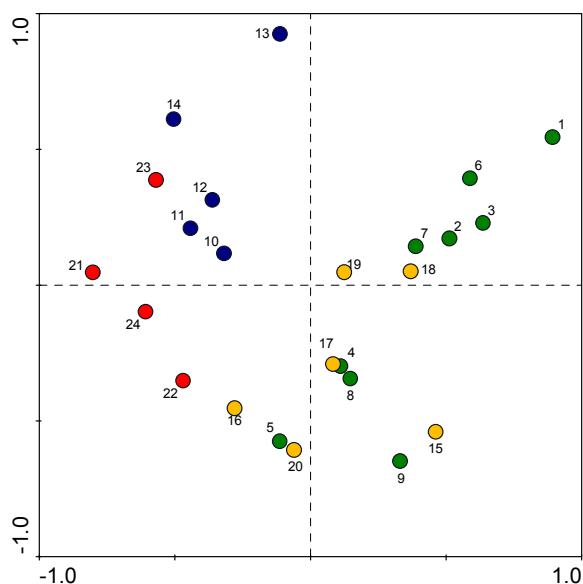
Vztah některých druhů rodu *Eunotia* k pH hodnotám je vyjádřen pouze změnou v jejich početnosti, viz literární rešerše ALLES et al. (1991). Druhům nalezeným v Suché Bělé jsou přisuzovaná různá optima pH jejich maximální abundance: *Eunotia paludosa* – pH 4, *Eunotia exigua* pH 5-6, *Eunotia minor* – pH 7. V tomto článku je také zajímavá zmínka o indikátorech přirozeně kyselého prostředí (*Eunotia bilunaris*, *E. paludosa*, *E. minor* a *E. septentrionalis*) a společném výskytu druhů *Eunotia minor*, *E. muscicola* var. *tridentula* a *E. incisa*. Tyto druhy jsem opakovaně nacházela ve vzorcích.

c) Ordinační analýzy

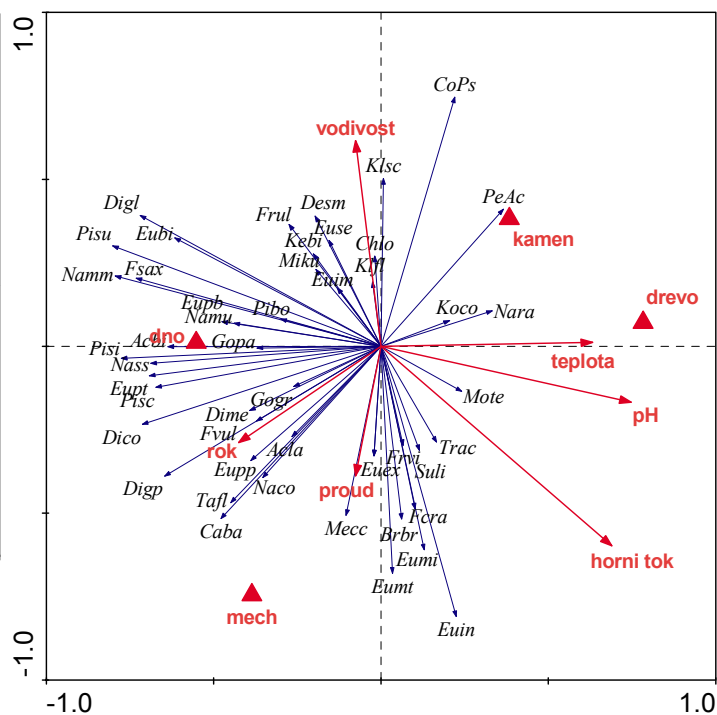
V ordinačních diagramech nepřímé gradientové analýzy PCA (Obr. 1, 2) je zobrazeno celkové rozložení dat v prostoru vymezeném prvními dvěma navzájem kolmými osami, které zastupují směr největší variability v datovém souboru. První osa vysvětluje 19,7 % celkové variability, druhá osa pokrývá dalších 17,7 %.

Barevně odlišené body na Obr. 1 představují jednotlivé vzorky odebrané na lokalitě Suchá Bělá. První ordinační osou je oddělen horní úsek toku od dolního, zatímco druhá osa neúplně vyčleňuje jarní odběr od zimního.

Z Obr. 2 je patrný vzájemný vztah mezi teplotou a pH. Zároveň tyto parametry prostředí vysvětlují nejvyšší podíl variability dat a důvod oddělené odběrů z horního toku od dolního. Horní tok není úzce korelován ani s jednou zobrazených os. Vodivost a proudění korelují s druhou ordinační osou.



Obr. 1 - Ordinační diagram PCA znázorňující pozici vzorků v prostoru prvních dvou os.
SB1 duben 2004 **SB2 duben 2004**
SB1 leden 2005 **SB2 leden 2005**

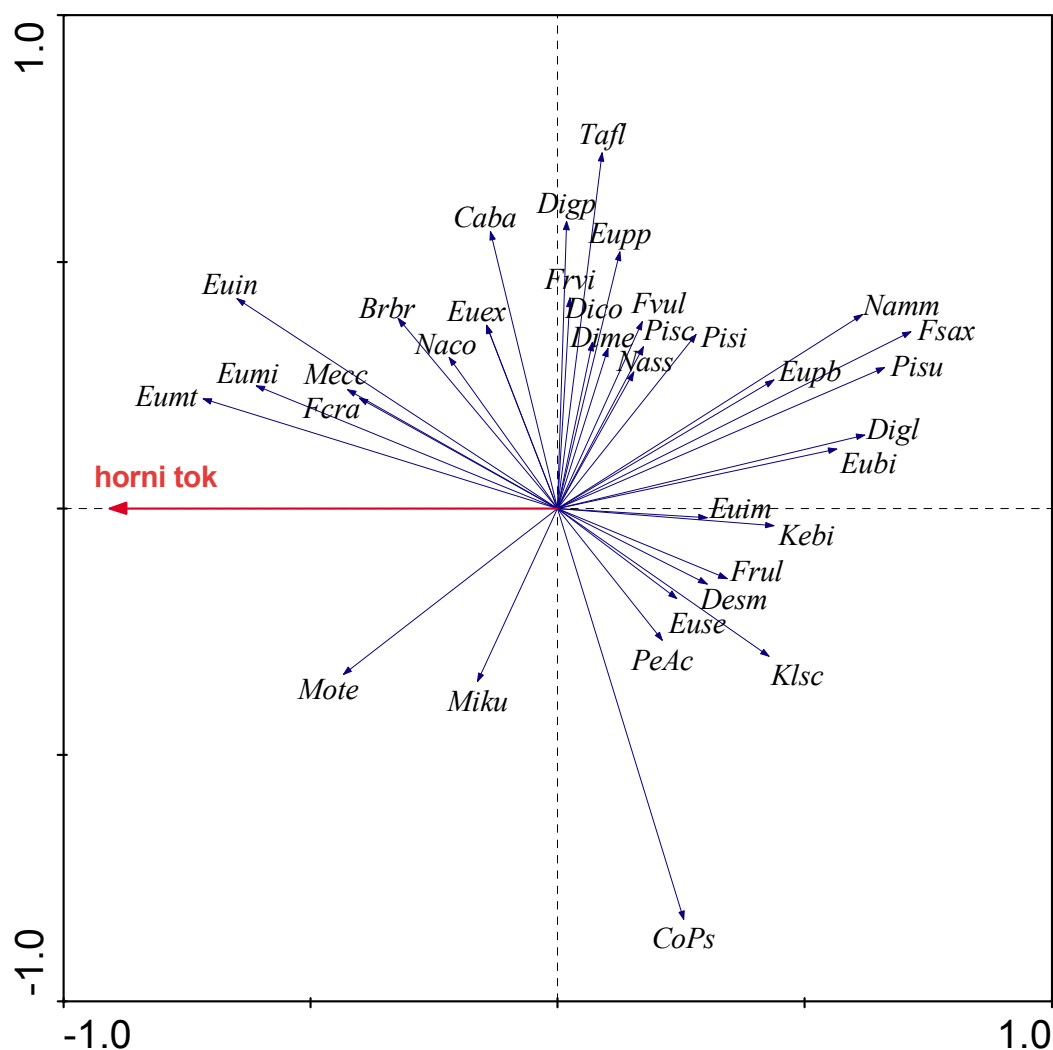


Obr. 2 - Ordinační diagram PCA zobrazující pozici všech druhů a nezávislých proměnných v prostoru prvních dvou ordinačních os.

Z uvedené korelační matice parametrů prostředí v Tab. 3 vyplývá silná korelace teploty s pH a roku s teplotou. Tyto charakteristiky prostředí jsou závislé jedna na druhé a jejich vliv tak nelze oddělit. Při následných analýzách jsem proto vybrala pouze jednu z nich, teplotu.

Postupným výběrem nezávislých proměnných v analýze RDA lze zjistit jejich statistickou významnost a procentuální vliv na složení druhů. Signifikantně vyšly čtyři parametry prostředí: horní tok, teplota, proudění a mech.

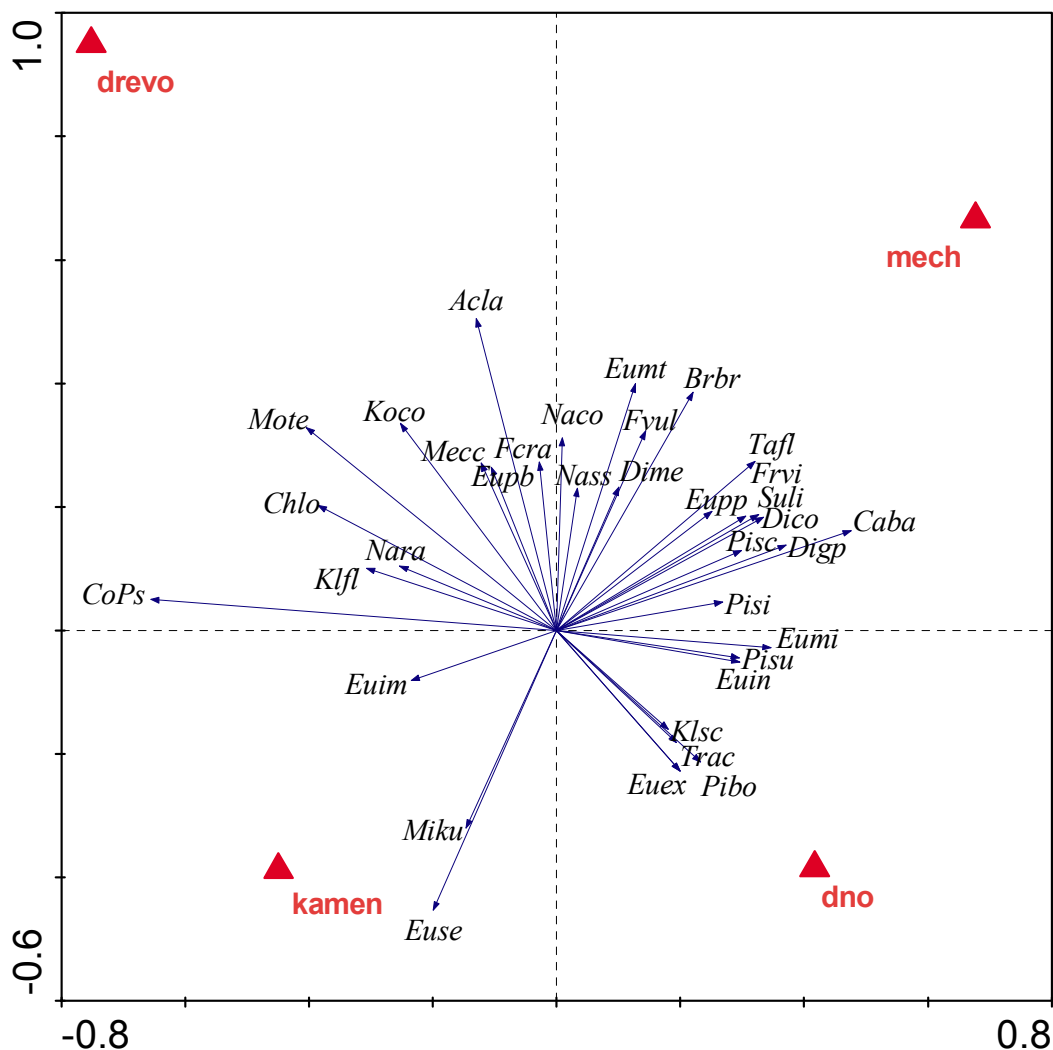
Prostřednictvím parciální redundanční analýzy s kovariátami (horní tok, teplota) a Monte Carlo permutačních testů byl testován vliv jednotlivých charakteristik prostředí na floristické složení vzorků. Statistická průkaznost je dána 5 % hladinou významnosti, to znamená, že p hodnota je menší než 0,05. Horní tok: $p = 0,001$; mikrobiotopy: $p = 0,008$; teplota: $p = 0,180$; proudění: $p = 0,021$. Ostatní parametry prostředí se prokázaly jako statisticky neprůkazné.



Obr. 3 - Ordinační diagram RDA zobrazuje vliv horního toku na pozice 36 druhů s nejlepším vztahem k ordinačnímu prostoru dvou os

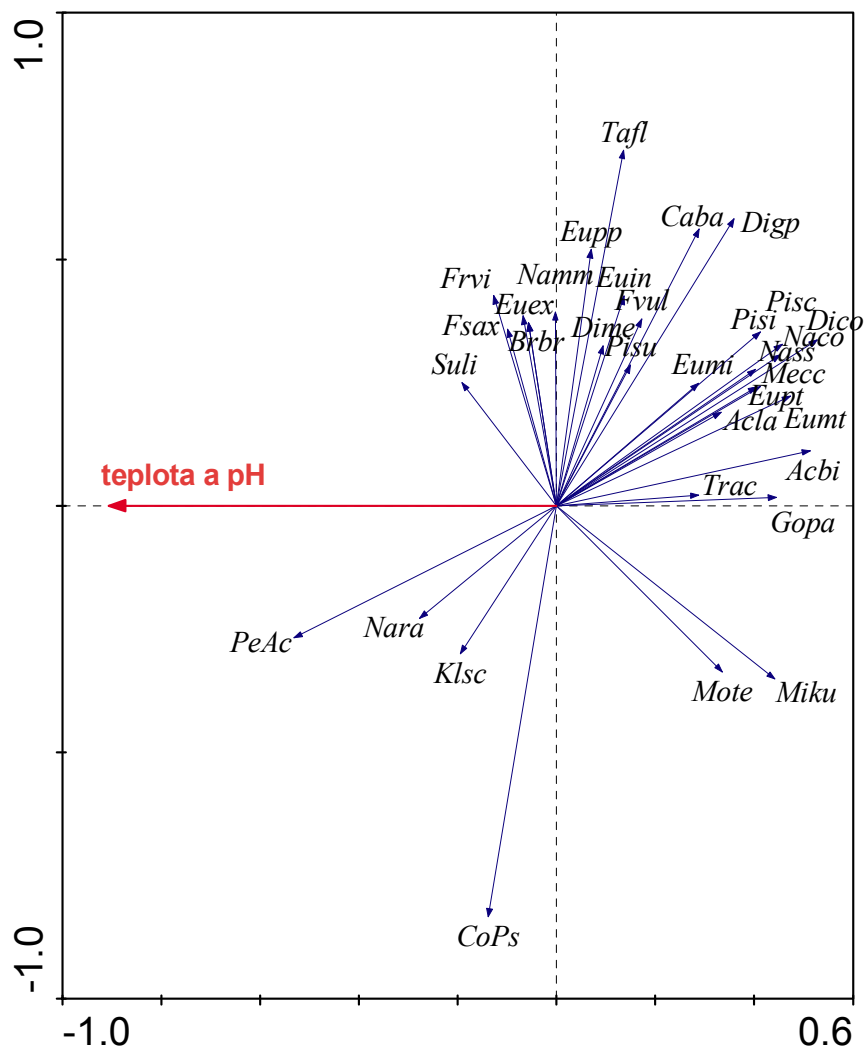
První kanonická osa (Obr. 3) vysvětluje 16,5 % celkové variability druhového složení. Výskyt druhů *Eunotia muscicola* var. *tridentula*, *Eunotia minor* a *Eunotia incisa* je pozitivně korelován s horním tokem, zatímco s dolním *Pinnularia subcapitata*, *Frustulia saxonica* a

Diademsis gallica var. *laevissima*. Soubor ostatních neznámých proměnných ovlivňuje především druhy *Coccomyxa* + *Pseudococcomyxa* spp. a *Tabellaria flocculosa*.



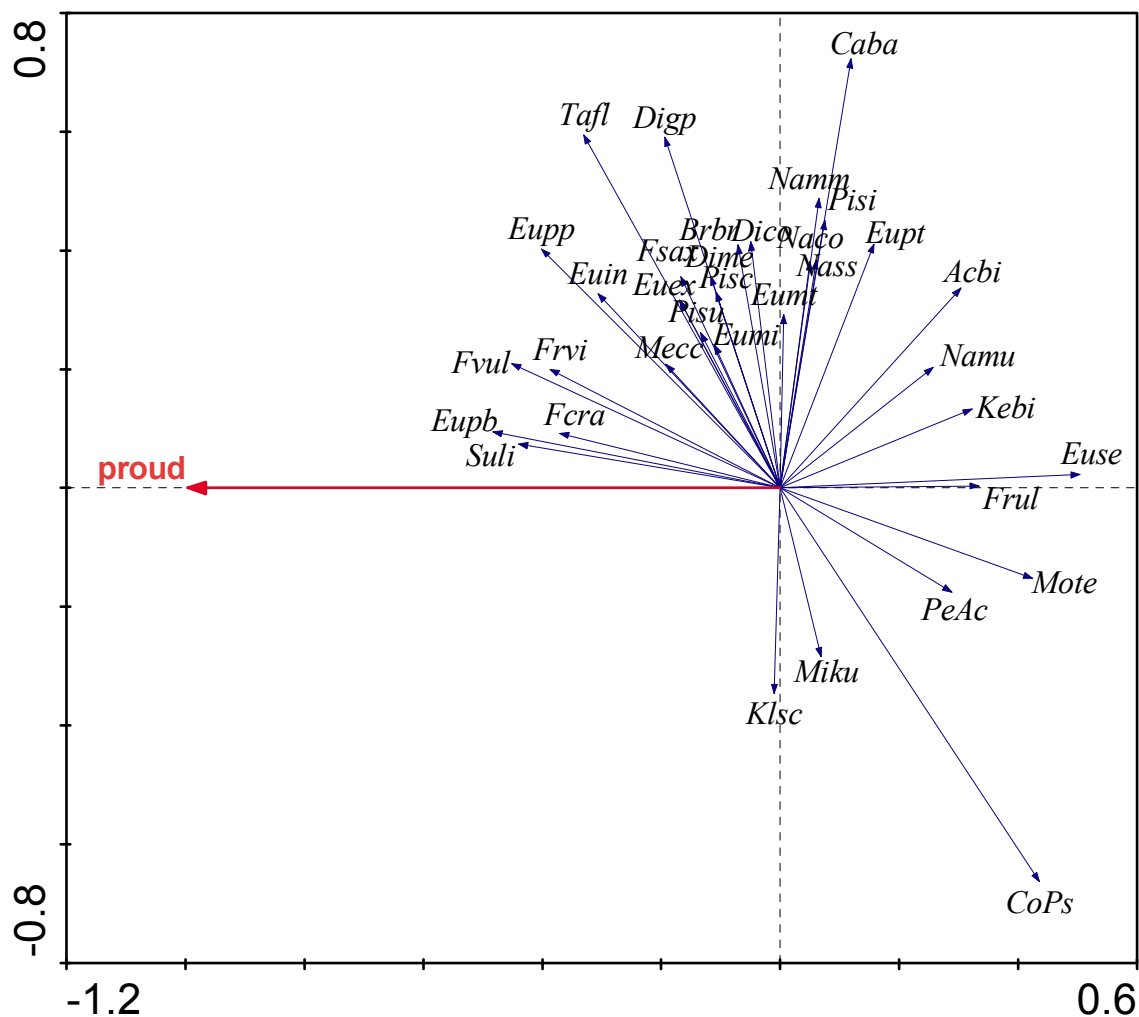
Obr. 4 - Ordinační diagram RDA znázorňující pozice 36 druhů v prostoru prvních dvou kanonických os ve vztahu k jednotlivým mikrobiotopům

Mikrobiotopy brané v analýze RDA dohromady (Obr. 4) vysvětlují 12,2 % variability. V mechu a na dřevěných substrátech se vyskytovali odlišné druhy, zatímco mikrobiotop kámen a dno zahrnuje podobné složení druhů. Výčet pozitivně korelovaných druhů na jednotlivých mikrobiotopech zahrnuje pouze početně významnější druhy: *Eunotia septentrionalis* – kámen; *Eunotia exigua* - dno; *Brachysira brebisonii*, *Tabellaria flocculosa* – mech; *Monoraphidium terrestre* - dřvo. *Coccomyxa* + *Pseudococcomyxa* spp. upřednostňuje jak kamenné tak dřevěné podklady.



Obr. 5 - Ordinační diagram RDA znázorňuje pozice 34 druhů v prostoru prvních dvou kanonických os ve vztahu k teplotě a pH.

Korelované charakteristiky prostředí (Obr. 5), teplota a pH, vysvětlují 9,6 % celkové variability. Z diagramu vyplývá pozitivní působení vyšší hodnoty těchto parametrů na druh *Penium (Actinotaenium)* sp. Většina druhů je korelována negativně, *Gomphonema parvulum*, *Achnathes bioretii*, nebo na jejich výskyt mají vliv jiné parametry prostředí. *Coccomyxa* + *Pseudococcomyxa* spp. a *Tabellaria flocculosa*.



Obr. 6– Ordinační diagram RDA zobrazující polohu 36 druhů v prostoru prvních dvou kanonických os ve vztahu k proudění.

První kanonická osa (Obr. 6) postihuje 8,4% variability ve složení algoflóry. Pozitivní korelaci s prouděním vykazují druhy *Eunotia praerupta* var. *bigibba*, *Fragilaria virescens*, *Frustulia crassinervia* a vzácně nalezené *Frustulia vulgaris* a *Surirella linearis*. Negativně korelovanými druhy jsou *Eunotia septentrionalis*, *Keratococcus bicaudatus* a *Monoraphidium terestre*.

E. Diskuze

Sezónní dynamika bentických řas ve vodních tocích (DILLARD 1969; MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON 1978) se na lokalitě Suchá Bělá výrazně neprojevuje (viz Obr. 1). Nízká biodiverzita, 23 nalezených druhů na vzorek, se shoduje s výsledky determinace řas na lokalitách s podobnými fyzikálně-chemickými parametry prostředí (HOLOPAINEN et al.1988). Nejvyšší rozmanitost v tekoucích vodách vykazuje skupina řas ze třídy Bacillariophyceae (HOLOPAINEN et al.1988; PRINGLE 1990; SABATER et al. 1998; PIIRSOO 2003). 78 % druhů z potoka Suchá Bělá a nejčastěji nalézáný druh rodu *Eunotia* (HOLOPAINEN et al.1988; ALLES et al. 1991) náleží právě do této třídy.

Více než polovina druhů rozsivek je charakteristických pro pramennou či horní část toku a vodní prostředí s nízkou koncentrací elektrolytů. Závislost některých druhů rozsivek na geologickém podloží (MÖLDER 1964, HOLOPAINEN et al.1988) a tím přirozeně kyselém prostředí dokládá nález 20% rozsivek vázaných na pískovcový či křemíkem bohatý substrát a několika druhů rodu *Eunotia* (ALLES et al.1991), jejichž výskyt je zaznamenán jen v neacidifikovaných vodních tocích.

Velmi významný vliv na biodiverzitu řas potoka Suchá Bělá má skutečnost vysychání koryta toku. 78% všech druhů algoflóry této lokality bylo nalezeno i v aero-terestrických biotopech (ETTL & GÄRTNER 1995). Suchá období mohou druhy citlivější na vyschnutí a s tím spojené zvýšení osmotického tlaku přečkávat v mechorostech udržujících víceméně stálou vlhkost ve svých stélkách (ALLES et al. 1991); v izolovaných tůních (LELLÁK & KUBÍČEK 1992); infiltrací do podříčního dna, kde využívají schopnosti mixotrofie - POULÍČKOVÁ (1998) zmiňuje nevyšší abundanci rozsivek v 5 cm pod korytem toku a nálezy životaschopných zelených řas a rozsivek v hloubce do 60 cm - nebo jsou stavbou stélek dobře přizpůsobené k životu na podobných mikrobiotopech a můžou případně zabezpečit udržení potřebné vlhkosti (HINDÁK 1978). Při zasáknutí vodního toku do pískovcového podloží následuje invaze suchozemských organismů na dno koryta (LELLÁK & KUBÍČEK 1992). (Aero)terestrické řasy mají svým přizpůsobením bezpochyby výhodu v nestálých podmínkách potoka, ve kterém je množství vody závislé především na srážkách. Mnohorozměrnými analýzami PCA a RDA byl vysvětlen velký podíl variability dat horním tokem. Naměřené parametry prostředí se liší v horní a dolní části toku (viz Tab. 1). Z korelační matice (Tab. 3) však vyplývá významný vzájemný vztah mezi pH a teplotou a statistické permutační testy (Monte Carlo) vyšly pro vodivost neprůkazné. Vysvětlením je spíše rozdílná délka trvání období vysychání horního a dolního úseku Suché Bělé.

IV. ZÁVĚR

V seminární bakalářské práci jsem se zabývala současnými znalostmi o řasových společenstvech ve vodních tocích a vlastním výzkumem započatým na lokalitě Suchá Bělá.

V budoucí diplomové práci se budu podrobněji věnovat taxonomii a ekologii rozsivek. Jejich schránky budou prohlédnuty v transmisním elektronovém mikroskopu a morfometrickými metodami bych chtěla studovat variety druhu *Eunotia exigua*. Na území Národního parku bylo vybráno 15 potoků s odběrovými místy na horním a dolním toku, ze kterých budou jednorázově získány vzorky z několika mikrobiotopů. Zatím jsem odebírala potok v Mlýnské a Hluboké rokli, řeku Kamenici a Křinici a vodní tok pramenící v Přírodní rezervaci Ponova louka. Výsledky z těchto odběrů nejsou v seminární bakalářské práci uvedeny.

Ráda bych poděkovala svým kolegům na algologickém pracovišti za vytvoření příjemného zázemí. Jmenovitě patří mé díky Jiřímu Neustupovi za vedení seminární práce a osvojení si metod studia řasových organismů, Sylvii Novákové za naučení vypalování rozsivek, Pavlovi Škaloudovi za vysvětlení mnohorozměrných metod a pomoc s programem Canoco a Ladislavovi Hodačovi za poskytnutí literárních pramenů.

V. LITERATURA

- ALLES, E., NÖRPEL, M. & LANGE-BERTALOT, H.** (1991): Zur Systematic und Ökologie charakteristischer *Eunotia*-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. – *Nova Hedwigia* 53: 171-213.
- BLUM, J.L.** (1957): An ecological study of the algae of the Saline River, Michigan. – In: *Hydrobiologia* 9: 361-408
- DILLARD, G. E.** (1969): The Benthic algal Communities of a North Carolina Piedmont stream. – *Nova Hedwigia* 17: 9-29
- ETTL, H.** (1980): Grundriß der allgemeine Algologie. – VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- ETTL, H. & GÄRTNER, G.** (1995): Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. – 721 pp. G. Fischer Verlag. Stuttgart.
- FOTT, B.** (1967): Sinice a řasy. – In: Academia, nakladatelství Československé akademie věd – 520 pp, Praha
- HÄRTEL, H.** (2001): Flóra a vegetace Národního parku České Švýcarsko. <http://www.npcs.cz/cz/flora.htm>, vyhledáno 15. 3. 2002
- HETEŠA, J., HRDINA, V., MARVAN, P. & SUKOP, I.** (2000): Bentická flóra a fauna toků CHKO Labské pískovce a jejich výpověď o deteriorizaci jakosti vody. – In: Sborník referátů. Česká limnologická společnost.
- HILLENBRAND, H. & SOMMER, U.** (2000): Diversity of benthic microalgae in response to colonization time and eutrophication. – *Aquatic Botany* 67: 221-236
- HINDÁK, F.** (1978): Sladkovodné riasy. - In: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. Bratislava.
- (1996): Klúč na určovanie nerozkonárených vláknitých zelených rias (Ulotrichineae, Ulutrichales, Chlorophyceae). – *Bull. Slov. bot. spol., Suppl.* 1: 1-77.
- HOLOPAINEN, A-L., HOVI, A. & RÖNKKÖ, J.** (1988): Lotic algal communities and their metabolism in small forest brooks in the Nurmes area of eastern Finland. – *Aqua Fennica* 18, 1: 29-46
- HOUK, V.** (2003): Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part I., Melosiraceae, Orthosiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. – *Czech Phycol. Suppl.* 1, 111 pp.
- HRDINA, J. A KOLEKTIV** (1956): Děčínsko a České Švýcarsko, oblastní turistický průvodce. – Státní tělovýchovné nakladatelství. Praha.
- KALINA, T.** (1994): Sinice a řasy. – In: KŘÍSA, B. & PRÁŠIL, K. (eds.). Sběr, preparace a konzervace rostlinného materiálu. 5-45. PřF UK. Praha.
- KRAMMER, K.** (2000): The genus *Pinnularia*. – In: LANGE-BERTALOT, H. (ed). *Diatoms of Europe*, Volume 1. – 703 pp. A.R.G. Ganter Verlag K.G.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H.** (1986): Bacillariophyceae, 1. Teil, Band 2/1. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – 875 pp. G. Fischer Verlag. Jena.
- (1988): Bacillariophyceae, 2. Teil, Band 2/2. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – 596 pp. G. Fischer Verlag. Jena.

- (1991a): Bacillariophyceae, 3. Teil, Band 2/3. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. – 576 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- (1991b): Bacillariophyceae, 4. Teil, Band 2/4. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. – 436 pp. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- LANGE-BERTALOT, H.** (2001): *Navicula sensu stricto*, 10 Genera Separated from *Navicula sensu lato*, Frustulia. – In: LANGE-BERTALOT, H. (ed.). Diatoms of Europe, Volume 2. – 526 pp. A.R.G. Ganter Verlag K.G.
- LELLÁK, J. & KUBÍČEK, F.** (1992): Hydrobiologie. – Univerzita Karlova, Karolinum - 260pp
- LENZENWEGER, R.** (1996): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1. – J. Cramer Verlag, Berlin-Stuttgart, 120pp
- LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P.** (2000): Mnohorozměrná analýza ekologických dat. – Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice. – 102 pp
- LOKHORST, G. M.** (1996): Comparative Taxonomic Studies on the Genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe. – Gustav Fischer Verlag. – 132pp
- MARHOLD, K. & SUDA, J.** (2002): Statistické zpracování mnohorozměrných dat v taxonomii (Fenetické metody). – Karolinum, Praha, 159pp.
- MÖLDER, K.** (1964): Abhängigkeit der Diatomeen vom Felsgrund in Mittelfinnland. – In: Annales Botanici Fennici 1: 104-109
- MÜLLER-HAECKEL, A. & HÅKANSSON, H.** (1978): The Diatomflora of a small stream near Abisco (Swedish Lapland) and its annual periodicity, judged by drift and colonization. – In: Arch. Hydrobiol. 84 (2): 199-217
- OBECNĚ PROSPĚŠNÁ SPOLEČNOST ČESKÉ ŠVÝCARSKO** (2003): <http://www.ceskesvycarsko.cz/cz/b1.php>, vyhledáno 10. 11. 2004
vyrobilo WebDesign Studio Praha, s.r.o.
- PATZELT, Z. & HÄRTEL H.** (2001): Hydrologie a hydrobiologie. <http://www.npcs.cz/cz/hydrologie.htm>, vyhledáno 15. 3. 2002
- PATZELT, Z. & SOJKA V.** (2003): Národní park České Švýcarsko. – OPS České Švýcarsko. Krásná Lípa.
- PIIRSOO, K.** (2003): Species diversity of phytoplankton in Estonian streams. – Cryptogamie, Algologie 24 (2): 145-165
- POULÍČKOVÁ, A.** (1998): Ochrana horských a podhorských toků, úvod do studia jeho biocenóz. – Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 18, 02/09 ZO ČSOP Vlašim.
- PRINGLE, C. M.** (1990): Nutrient spatial heterogeneity: effect on community structure, physiognomy, and diversity of stream algae. – Ecology 7 (3): 905-920
- SABATER, S., GREGORY, S. V. & SEDELL, J. R.** (1998): Community dynamics and metabolism of benthic algae colonizing wood and rock substrata in forest stream. – Journal of Phycology 34: 561-567
- SPRÁVA NÁRODNÍHO PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO** (2001): Návrh zonace Národního parku České Švýcarsko. <http://www.npcs.cz/cz/zonace.htm> - vyhledáno 15. 3. 2002
- SRNSKÝ, S.** (1998): Chráněná krajinná oblast Labské pískovce, její vývoj a problémy. Celostátní seminář, Chřibská. – In: Česká společnost pro životní prostředí.

- STARMACH, K.** (1972): Flora Słodkowodna Polski. - T.3. PWN, Warszawa & Kraków
- STEVENSON, R. J.** (1996): The stimulation and drag of current. – In: STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M. L. & LOWE, R. L. (ed.). Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic press.
- ŠKALOUD, P.** (2004): Aero-terestrické sinice a řasy ventarol NPP Borečský vrch. Diplomová práce. – Depon. in: Knihovna botaniky PřF UK, Benátská 2, Praha 2.
- TER BRAAK, C. J. F. & ŠMILAUER, P.** (1998): CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. – 353pp., Microcomputer Power. Ithaca, NY, US.
- (2002): CANOCO Reference Manual CanoDraw for Windows User's Guide: software for canonical community ordination (version 4.5). – 500pp., Microcomputer Power, Ithaca, USA.

odběrové místo		SB1 - 8. 4. 2004									SB2 - 8. 4. 2005					SB1 – 14. 1. 2005					SB2 – 14. 1. 2005				
číslo mikrobiotopu / druh		1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12	13	14*	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Bacillariophyceae																									
<i>Achnanthes cf. bioretii</i>	Acbi		1		1	2	1	1	1		1	1	1		2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2
<i>Achnanthes lanceolata</i> *	Acla																	1					1		
<i>Brachysira brebisonii</i>	Brbr		2		2	2	2	2	2		1	1	2			2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
<i>Caloneis bacillum</i> *	Caba					2			2	1	1	1	1		1	1	2	2	1		1	1	1		1
<i>Diadismus contenta</i> *	Dico		1		1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Diadismus gallica</i> var. <i>laevissima</i> *	Digl				1			1			1		1	1	2		1					2	2	2	2
<i>Diadismus gallica</i> var. <i>perpusilla</i> *	Digp				1	1				1		1	1		1		2	1	1		1	1	2		1
<i>Diatoma mesodon</i> *	Dime					1		1				1	1				1			1			2		
<i>Eunotia bilunaris</i> *	Eubi											2			1							1	1	1	2
<i>Eunotia exigua</i> var. <i>exigua</i> *	Euex	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
<i>Eunotia exigua</i> var. <i>tenella</i> *	Euex	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
<i>Eunotia implicata</i>	Euim											1													
<i>Eunotia incisa</i>	Euin	2	2	2	2	3	1	1	2	3	2	1	1		1	3	2	2	2	2	3		2	1	1
<i>Eunotia minor</i> *	Eumi	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1		1		1	2	2	1	1	2	1	1	1		1
<i>Eunotia muscicola</i> var. <i>tridentula</i>	Eumt					1	1	1	1	1						1	2	2	1	1	1		1		
<i>Eunotia paludosa</i> var. <i>paludosa</i> *	Eupp					1																	2	1	
<i>Eunotia paludosa</i> var. <i>trinacria</i> *	Eupt		1	1		2		1	1	1	2	1	2		2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2
<i>Eunotia praerupta</i> var. <i>bigibba</i> *	Eupb					1	1	1		1	2	1			1						1		2	2	1
<i>Eunotia septentrionalis</i> *	Euse	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
<i>Fragilaria cf. ulna</i>	Frul												1											1	
<i>Fragilaria virescens</i> *	Frvi	3	2	3	3	1	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	1	1	3	2	3	2	3
<i>Frustulia crassinervia</i> *	Fera		2		1	1	1	2	1	2	2					1	1	1	1	1	2		1	1	1
<i>Frustulia saxonica</i> *	Fsax					1				1	1	1	1		1							1	1	1	1
<i>Frustulia vulgaris</i>	Fvul																						1		
<i>Gomphonema clavatum</i> *	Goel																								
<i>Gomphonema gracile</i> *	Gogr										1						1								
<i>Gomphonema parvulum</i> *	Gopa		1	1	1							1	1		1		2	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Meridion circulare</i> var. <i>constrictum</i> *	Mecc				1	1	1	1				1				1	1	1	1	1	1		2		

Tab. 2 – Seznam druhů a jejich četnost na jednotlivých mikrobiotopech na lokalitě Suchá Bělá.

odběrové místo		SB1 - 8. 4. 2004									SB2 - 8. 4. 2005					SB1 - 14. 1. 2005					SB2 - 14. 1. 2005					
číslo mikrobiotopu / druh		1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12	13	14*	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Bacillariophyceae																										
<i>Navicula cf. cocconeiformis</i> *	Naco																1	1					1			
<i>Navicula cf. mutica</i> *	Namu											1	1		1		1	1		1			1			
<i>Navicula radiosa</i>	Nara		1					1																		
<i>Navicula soehrensensis</i> var. <i>soehrensensis</i> *	Nass	1		1	1	2	1	1	1	1	2	1	2		2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
<i>Pinnularia borealis</i> *	Pibo														1		1									
<i>Pinnularia cf. schoenfelderi</i>	Pisc				1	1	1		1	2	2		2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2
<i>Pinnularia silvatica</i> *	Pisi		1		2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2
<i>Pinnularia subcapitata</i> *	Pisu		1			1			1		2	2	2	2	2		2				2	3	2	2	2	2
<i>Surirella linearis</i>	Suli									1																
<i>Tabellaria flocculosa</i> *	Tafl			1	2	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			2	1	2	1	1	1
Chlorophyceae																										
<i>Coccomyxa</i> + <i>Pseudococcomyxa</i> spp.*	CoPs	2	2	1			3	2			3	2	3	2	3			2	3	3				3		
<i>Desmococcus</i> sp. *	Desm														1											
<i>Chlorella</i> sp. *	Chlo							2																2		
<i>Keratococcus bicaudatus</i> *	Kebi											1	1													
<i>Klebsormidium flaccidum</i> *	Klfl	1	3		1			3	1	2	1	3	1		2	1		2	2	2	1	2	1	1	2	2
<i>Klebsormidium cf. scopulinum</i> *	Klsc													3	2											
<i>Koliella cf. corcontica</i> *	Koco							1																		
<i>Microthamnion Kützingianum</i> *	Miku														1		1		1	1				1		
<i>Monoraphidium terestre</i> *	Mote							2								1		3	2							
Euglenophyceae																										
<i>Trachelomonas</i> sp.	Trac															1										
Zygnematophyceae																										
<i>Penium (Actinotaenium)</i> sp.	PeAc	2	1	1	1		2	2	2				2	1	2	1						1				1
Celkový počet druhů		10	18	13	21	25	18	27	21	21	24	27	28	13	29	22	29	27	23	22	24	22	32	26	25	

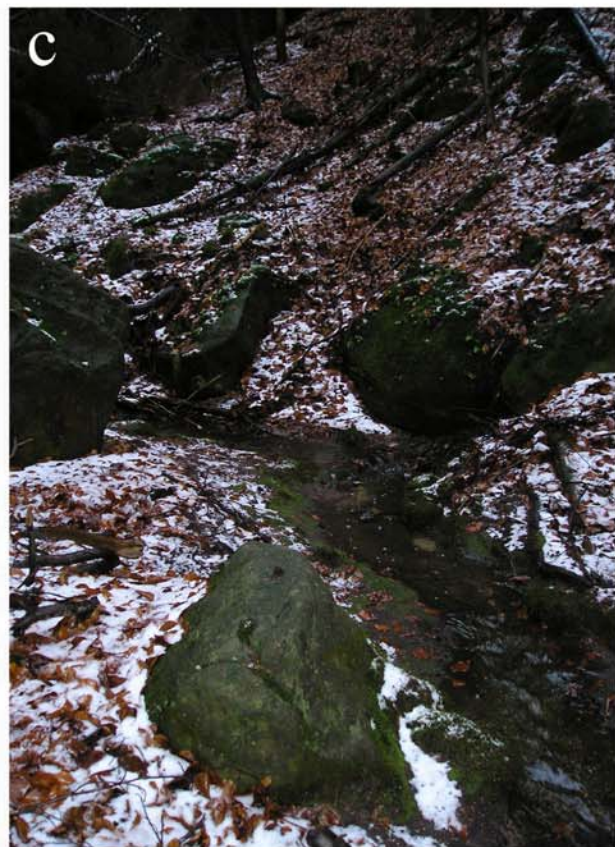
Tab. 2 (pokračování) - Seznam druhů a jejich četnost na jednotlivých mikrobiotopech na lokalitě Suchá Bělá.

MIKROBIOTOP: DŘEVO – 6, 7, 17
KÁMEN - 1, 2, 3, 4, 10, 11, 18, 19, 23
MECH - 8, 9, 12, 20, 22
DNO - 5, 13, 14, 15, 16, 21, 24

STUPNICE ČETNOSTI DRUHŮ: 3 – dominantní 2 – četnost mezi extrémy 1 - vzácný
* KULTIVACE vzorků na agarových plotnách
* DRUHY nalezené na AERO-TERESTRICKÝCH biotopech (ETTL & GÄRTNER 1995)

pH	1.0000									
vodivost	0.1867	1.0000								
teplota	0.9558	0.4168	1.0000							
proud	-0.0148	-0.1909	-0.0174	1.0000						
dno	-0.3189	0.0155	-0.2903	-0.0588	1.0000					
dřevo	0.2347	-0.1386	0.1760	-0.3118	-0.2425	1.0000				
kámen	0.1384	0.0659	0.1387	-0.0710	-0.4971	-0.2928	1.0000			
mech	0.0009	0.0169	0.0163	0.4044	-0.3292	-0.1939	-0.3974	1.0000		
horní tok	0.6610	-0.5821	0.4214	0.0710	-0.2604	0.2928	0.0667	-0.0265	1.0000	
rok	-0.7749	-0.7596	-0.9071	0.1085	0.2014	-0.0639	-0.1309	-0.0173	-0.0436	1.0000
	pH	vodivost	teplota	proud	dno	dřevo	kámen	mech	horní tok	rok

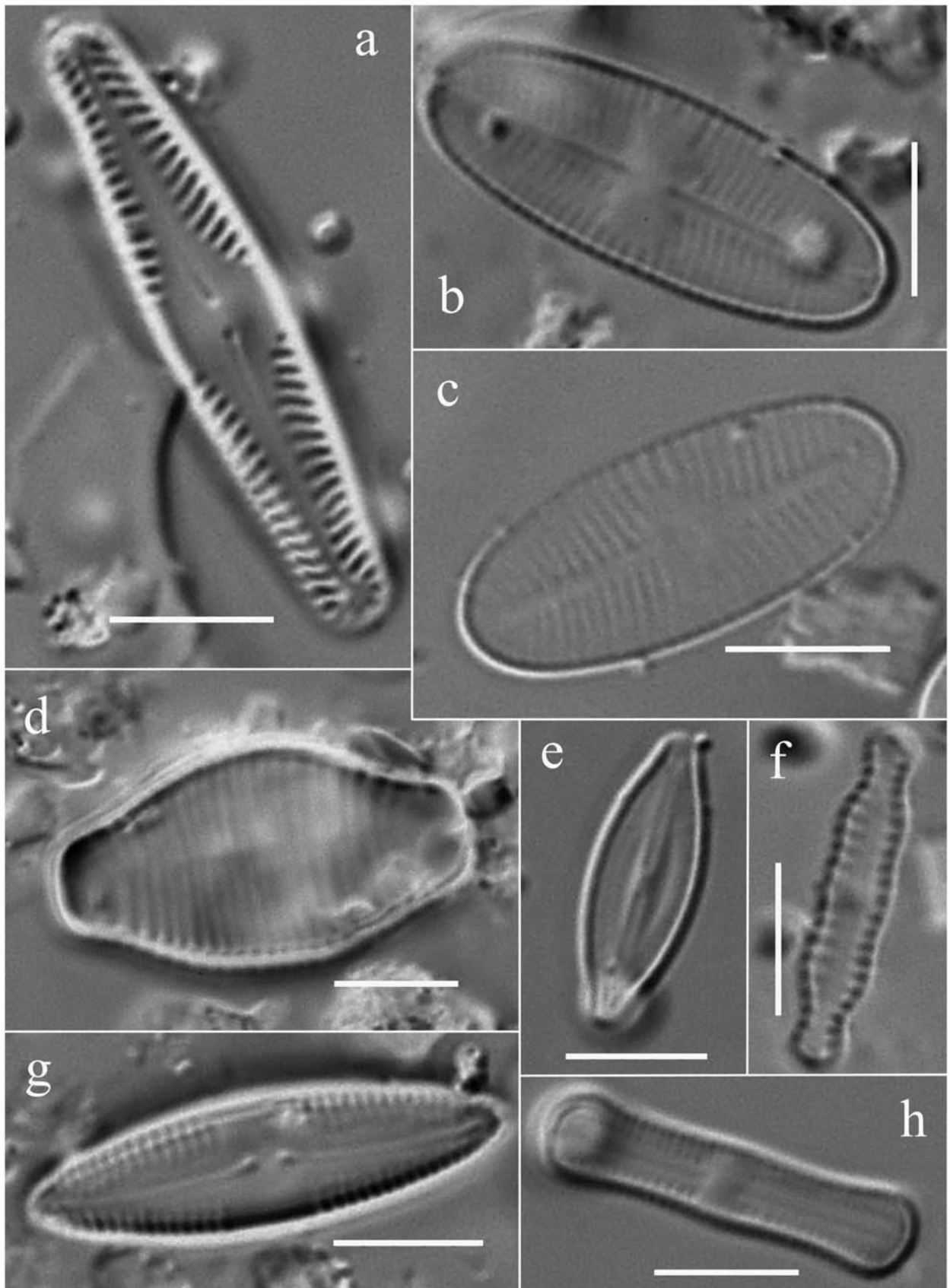
Tab. 3 – Korelační matice charakteristik prostředí získaná z ordinační analýzy PCA.



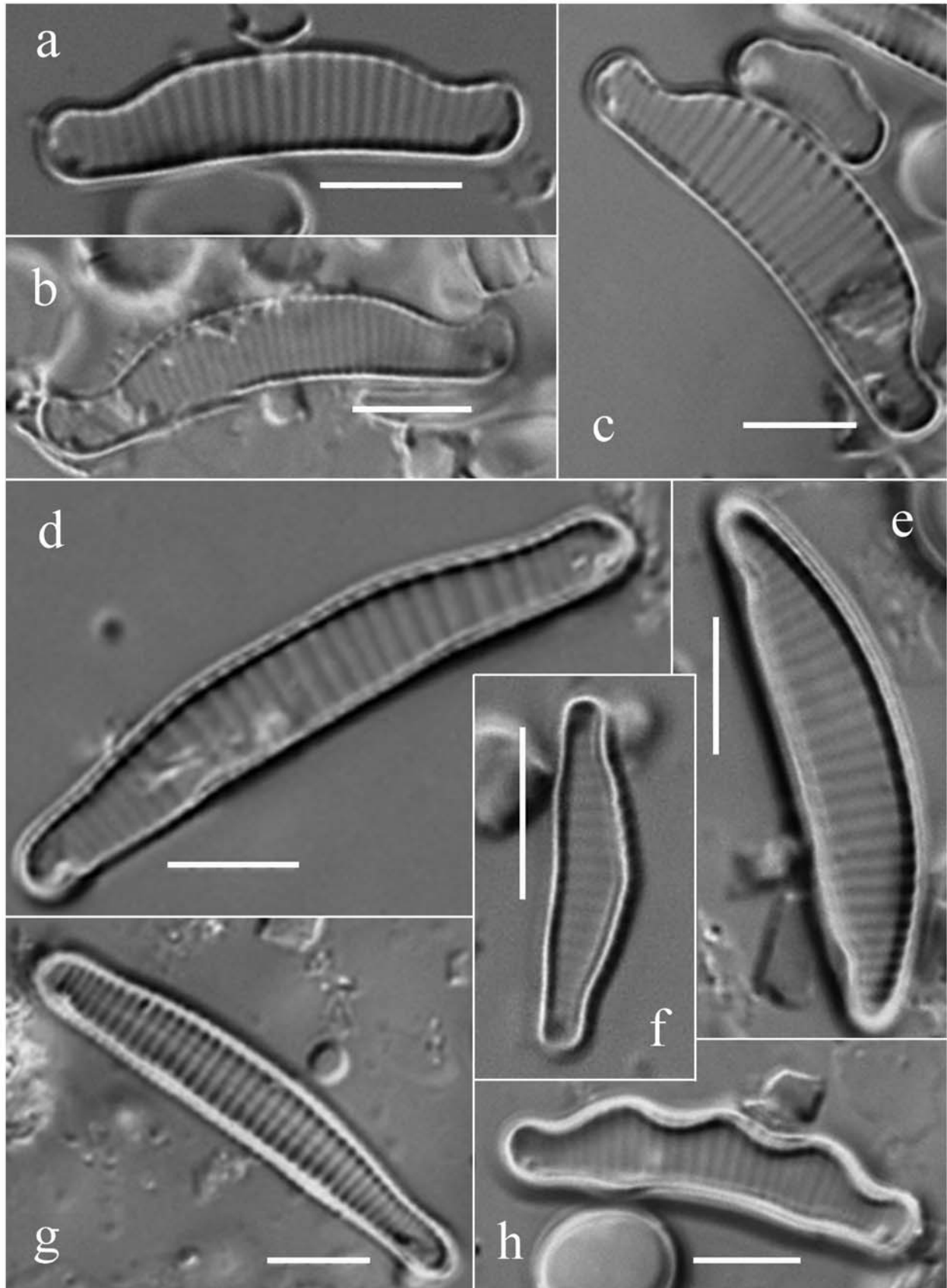
I. Geografická poloha Národního parku České Švýcarsko a odběrová místa

a mapa NP České Švýcarsko, křížky jsou označena odběrová místa (měřítko 1: 50 000)

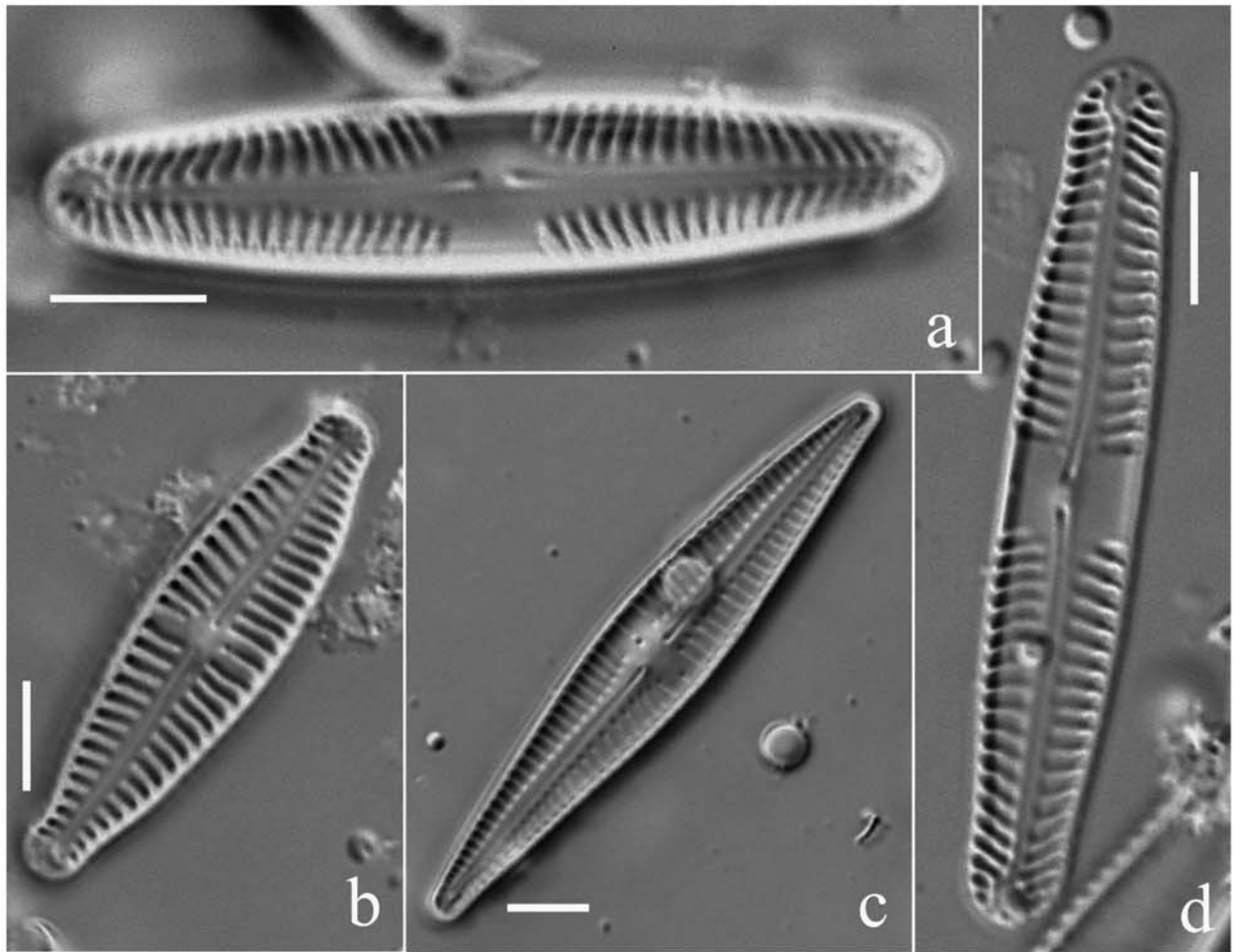
b odběrové místo SB1 **c** odběrové místo SB2 na lokalitě Suchá Bělá



II. Bacillariophyceae: a *Pinnularia silvatica*, b-c *Achnanthes* cf. *bioretii*, d *Fragilaria virescens*, e *Navicula* cf. *minuscula* var. *minuscula*, f *Navicula soehrensensis* var. *soehrensensis*, g *Caloneis bacillum*, h *Diadesmis contenta*. Úsečka zobrazuje 5 μ m.



III. Bacillariophyceae: **a** *Eunotia exigua* var. *tenella*, **b** *Eunotia exigua* var. *exigua*, **c** *Eunotia septentrionalis*, **d** *Eunotia minor*, **e** *Eunotia incisa*, **f-g** *Eunotia paludosa* var. *trinacria*, **h** *Eunotia muscicola* var. *tridentula*. Úsečka zobrazuje 5 μ m.



IV. Bacillariophyceae: **a** *Pinnularia* cf. *schoenfelderi*, **b** *Gomphonema parvulum*, **c** *Gomphonema gracile*, **d** *Pinnularia subcapitata*. Úsečka zobrazuje 5 μ m.