

Biologická fakulta Jihočeské univerzity
České Budějovice



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sinice a řasy pískovcových skal NPR Broumovské stěny

Markéta Krautová
2006

vedoucí práce: RNDr. Jan Kaštovský, Ph.D.
konzultant : Mgr. Tomáš Hauer

KRAUTOVÁ, M. (2006): Sinice a řasy pískovcových skal NPR Broumovské stěny. [Cyanobacteria and algae from protected sandstone area Broumovské stěny, BSc. Thesis, in Czech] University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences, České Budějovice. 37 pp.

Anotace:

Cyanobacteria and algae from sandstone area Broumovské stěny in northeast Bohemia were collected and determined. Special accent was put on the species from aerial biotopes, which are taxonomically problematic because of a lack of relevant literature. As a part of this research, the measure of abiotic factors and cultivation on standard cultures was made.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích, 6.1. 2006

.....

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mě podporovali při vzniku této práce. Největší dík patří mému školiteli Janu Kaštovskému, který mi byl vždy ochoten poradit, vypomoci a s humorem zodpovědět nepřehledné množství otázek a Tomáši Hauerovi za neomezenou trpělivost, technické rady, praktické připomínky, obětavou terénní podporu i pomoc s určováním sinic. Děkuji také Jeffovi Johansenovi za čas, který mi věnoval při fotografování rozsivek, pracovníkům správy CHKO Broumovsko za vstřícnost a pochopení pro mou práci, osazenstvu algologické laborky za inspirující a přívětivou pracovní atmosféru, všem svým kamarádům a blízkým za příjemné chvíle strávené ve škole i mimo ní a v neposlední řadě i rodině za podporu a laskavé zázemí během mého studia.

Obsah:

1. Úvod	1
1.1 Fototrofní mikroorganismy skalních povrchů	1
1.2 Lokalita - CHKO Broumovsko	8
1.3 Cíle práce	12
2. Materiál a metody	13
2.1 Terénní odběry vzorků	13
2.2 Laboratorní metody	18
2.3 Měření	19
3. Výsledky	21
3.1 Nalezené taxony	21
3.2 Výsledky kultivací	24
3.3 Výsledky měření	25
4. Diskuse	26
4.1 Diverzita	26
4.2 Kultivace	27
4.3 Měření abiotických faktorů	27
5. Závěr	29
6. Seznam literatury	30
7. Přílohy	

1. Úvod

NPR Broumovské stěny je území charakteristické pískovcovými útvary jako jsou rokle, soutěsky, jeskyně, skalní stěny a hřbety a celá skalní města. Při průzkumu sinic a řas této oblasti byl proto kladen důraz na epilitické aerofytní druhy, které jsou zde stěžejní složkou osídlení skalních povrchů. Skupina epilitických mikroorganismů je navíc nepřilíš prostudovaná a taxonomicky problematická. Pro doplnění byly do práce zařazeny rovněž druhy z vodních stanovišť.

1.1 Fototrofní mikroorganismy skalních povrchů

Skalní stěny, ať už ty zcela přírodní, či uměle vytvořené seskládáním kamenů v zeď budovy nebo jiného objektu tvoří vcelku specifické stanoviště pro život. Velmi zřetelně se zde uplatňují abiotické vlivy, které svými výkyvy často až do extrémních hodnot bývají často stresující pro většinu organismů žijících v tomto prostředí. Nejvýznamnějšími stresovými faktory jsou teplotní, světelný a vodní stres (BÜDEL 1999; HIRSCH et al. 1995; LÜTTGE 1997). Život lze nalézt na horninách a nerostech všemožných druhů (pískovci, žule, rule, čediči, vápenci, mramoru, travertinu, dolomitu, živci, křemeni a mnohých dalších) i umělých substrátech, jako je malta, sádra, omítka, cihly, beton, popřípadě glazura či nástěnná malba (HIRSCH et al. 1995; SAIZ-JIMENEZ 1997; WELTON 2003).

Nejběžnějšími organismy schopnými života na skalních stěnách jsou bakterie, sinice, eukaryotní řasy, houby a lišejníky. Jako komplexní společenstva jsou nejčastěji zkoumány na biofilmech pokrývajících stěny budov (FLORES et al. 1997; KRUMBEIN 2004; GOMÉZ-ALARCÓN et al. 1995). Některé studie dokonce zdůrazňují, že díky složitým interakcím mezi jednotlivými skupinami mikroorganismů je nanejvýš vhodné studovat společenstvo a jeho působení na povrch monumentu jako celek (GOMÉZ-ALARCÓN et al. 1995). Biofilm mikroorganismů se od počátku svého vzniku vyvíjí a až po určité době se druhové složení a síť vzájemných vztahů ustálí (LAMENTI et al. 2000).

Mikroorganismy obývající povrch kamene můžeme rozdělit na epilitické, žijící přímo na povrchu substrátu a endolitické, které se usidlují pod jeho povrchem. Organismy druhé skupiny pak lze ještě dělit na chasmoendolity, kteří nacházejí vhodné životní podmínky v různých puklinách a prohlubních v substrátu, kryptoendolity, kteří žijí pod jeho povrchem bez přímého spojení s vnějším prostředím a euendolity, aktivně narušující substrát a pronikající pod jeho povrch (GOLUBIĆ et al. 1981).

Fototrofové se na povrchu kamene zpravidla vyskytují v biofilmech, obsahujících také heterotrofní mikroorganismy (viz výše). Zdá se, že trofické propojení heterotrofů s autotrofy (tzv. mikrobiální smyčka) je pro fungování biofilmu zásadním předpokladem (MCNAMARA & MITCHELL 2005).

Na přirozených skalních stanovištích je výskyt fototrofních epilitů silně vázán na vlhkost stanoviště, proto je nejčastěji nacházíme u pat skalních stěn (NOVÁKOVÁ & POULÍČKOVÁ 2004), nebo v pruzích stékající vody. Přítomnost fotosyntetizujících mikroorganismů v těchto vlhčích pásích na skalním povrchu se často projevuje zbarvením, které je nejzřetelnější na světlých substrátech (vápenec). Tento jev byl výstižně popsán jako tzv. Tintenstriche, tedy společenstva „inkoustových pásů“ (JAAG 1945; LÜTTGE 1997).

Jakožto jednu z dominantních složek epilitických společenstev lze sinice a řasy nalézt také v interiérech kamenných budov i na jejich na venkovním zdivu. V interiérech bývá méně světla a většinou zde dominují sinice, na venkovních stěnách je obvykle větší diverzita a především eukaryotní zelené řasy (MCNAMARA & MITCHELL 2005). Rozšíření mikroorganismů je také silně vázáno na přítomnost vody na stanovišti. Na vlhčích místech, tj. tak jako na skalách u pat stěn, zpravidla dominují zelené řasy, zatímco sinice jsou schopny obývat i stěny vystavené přímému slunečnímu záření (ORTEGA-CALVO et al. 1993).

1.1.1 Osidlování aerických stanovišť fototrofními mikroorganismy

Aerická společenstva sinic a řas jsou hojně rozšířena po celém světě. Vyskytují se v různých stupních rozvoje a na jejich konkrétním složení se podílí souhra abiotických podmínek stanoviště a zároveň vzájemné interakce, stáří biotopu i náhodné faktory (CASAMATTA et al. 2002; NOVÁČEK 1934). Pokaždé vzniká unikátní komunita, ale druhy schopné obývat tyto specifické lokality bývají kosmopolitní (SIGLER et al. 2003). Je zajímavé, že primárními kolonizátory nově vzniklých aerických stanovišť mohou být nejen sinice (JOHANSEN et al. 1981), ale i eukaryotní zelené řasy, přičemž v tomto případě sinice přichází až do stabilnějšího prostředí, ve kterém většinou postupně převládnu. Tento jev byl pozorován u fototrofních biofilmů nástěnných maleb v subtropích Latinské Ameriky (GAYLARDE & GAYLARDE 2000) i na periodicky restaurovaných mramorových sochách ve Florencii. V druhém případě bylo pozorováno, že prvním kolonizátorem po roce od očištění sochy byla *Coccomyxa*, která po dvou letech vytvořila tenký zelený biofilm (hustota buněk $3 \times 10^2/\text{cm}^2$). Na biofilm se pak postupně zachytily sinice, které se po 4 letech staly dominantními. Po šesti letech se hustota buněk ustálila ($3 \times 10^4/\text{cm}^2$) a složení biofilmu se velmi podobalo druhové skladbě obyvatelů nerestaurovaných soch (LAMENTI et al. 2000).

1.1.2 Role fototrofních mikroorganismů pro další kolonizaci skalních substrátů

Fototrofní mikroorganismy hrají zásadní roli v osidlování nově vzniklých skalních povrchů. Jsou prvním článkem sukcese na tomto biotopu, jelikož jejich diaspory, rozšiřované větrem, vodou, která po stěnách vzlíná až metr vysoko a trusem zvířat (hlavně ptáků, netopýrů a veverek) (HIRSCH et al. 1995), jsou schopny zachytit se na hladkém povrchu skal. S tvorbou biomasy pak postupně dochází k obohacování substrátu o organické látky, které umožňují růst dalších organismů na skalní stěně. Uhlík a další látky se do substrátu dostávají fotosyntetickou aktivitou sinic a řas a navíc i zachycováním prachu a částeczek půdy na biofilm (HIRSCH et al. 1995; GOMÉZ-ALARCÓN et al. 1995; SOUZA-EGIPSY et al. 2004). Některé sinice přispívají k obohacení substrátu fixací dusíku (ORTEGA-CALVO et al. 1995). Rozrušováním substrátu se uvolňují minerální živiny, mění pH i struktura jeho povrchu (WELTON 2003). Biofilm navíc hraje zásadní roli v uchycení spor a semen mechů a vyšších rostlin, které by jinak na hladkém povrchu kamene neulpěly (GOMÉZ-ALARCÓN et al. 1995).

1.1.3 Typy zkoumaných biotopů

Studie týkající se aerických sinic a řas jsou velmi různorodé. Mállokteré se pokouší o shrnutí problematiky těchto nárostů na různých substrátech a zároveň v různých zeměpisných šířkách (LÜTTGE et al. 1995). Je zřejmé, že kompletní zhodnocení všech možných kombinací těchto faktorů není možné, proto se většinou práce zaměřují pouze na určitou oblast, či zkoumaný substrát.

Autoři některých průzkumů dospěli k názoru, že organismy v tropech a temperátní zóně jsou si velmi podobné (CRISPIM et al. 2003). Obnažené skály na různých kontinentech a v různých klimatických podmínkách jsou obývány kosmopolitními, dobře adaptovanými, málo divezifikovanými mikrobiálními společenstvy s dominancí sinic a sinicových lišejníků (BÜDEL 1999) a odlišnosti jednotlivých míst spočívají vždy ve vzniku unikátní komunity (SIGLER et al. 2003). Naopak z analýzy biomasy 230 biofilmů z budov Latinské Ameriky a Evropy vyplývá, že v Latinské Americe většinou dominují sinice, hlavně kokální, a v Evropě jako hlavní složka biofilmů převládají zelené řasy. Za možnou příčinu rozdílnosti těchto dvou oblastí jsou považovány jejich klimatické odlišnosti (GAYLARDE & GAYLARDE 2005). V temperátní zóně dokládá dominanci skupiny Chlorophyta na evropských monumentech například práce zkoumající mikroflóru řeckého Parthenonu (ANAGNOSTIDIS et al. 1983).

1.1.3.1 Temperátní zóna

Důkladný průzkum epilitických mikroorganismů v temperátní zóně přinesla už v roce 1945 práce Jaaga (JAAG 1945), který se zabýval sinicemi na silikátech, vápencích a dolomitech. Údaje o nalezených druzích jsou doplněny o záznamy abiotických faktorů zkoumaných míst a meteorologické záznamy. Část tohoto díla je věnována také systematice sinic (taxonomie rodu *Gloeocapsa*).

Z temperátní zóny je možno dohledat poměrně velké množství dalších různorodých výzkumů druhového složení na vápencových substrátech. Jde například o dolomity v USA (SMITH & PICCIN 2004), Kanadě (GERRATH et al. 1995) a ve švýcarských Alpách (SIGLER et al. 2003), travertinové stěny hráze řeky Tibery v Římě (BELLINZONI et al. 2003), mramorové sochy ve Florencii (LAMENTI et al. 2000), Dinárský kras v Chorvatsku (GOLUBIĆ 1967a) nebo krasové oblasti v provincii Yunnan v Číně (TIAN et al. 2004).

Méně prací se zabývá průzkumem druhového složení na pískovcích. Například na pískovcových stěnách Hocking Hills v Ohiu bylo zjištěno, že dominantními fototrofy z hlediska tvorby biomasy byly sinice, zatímco rozsivky dosahovaly mnohem větší diverzity (80 taxonů Bacillariophyceae, 43 Cyanophyta). Obecně zde převládaly kokální formy nad vláknitými (CASAMATTA et al. 2002). Také v národního parku Zion v Utahu byla zjištěna dominance rozsivek (Bacillariophyceae), vzorky však byly sebrány nejen ze skalních stěn, ale i z půdy a vodopádů (JOHANSEN et al. 1983).

Z České republiky pochází poměrně specializovaný průzkum epifytických rozsivek na mechovém rodu *Sphagnum* v pískových Adršpašsko-teplických skalách. Mimo druhovou skladbu byl kladen důraz také na sledování prostorové distribuce druhů v závislosti na vybraných biotických faktorech (vlhkost, pH). Byla zjištěna poměrně nízká druhová diverzita (NOVÁKOVÁ & POULÍČKOVÁ 2004).

1.1.3.2 Tropy a subtropy

Většina prací z tropických a subtropických oblastí se týká jižní Ameriky a jižní Afriky (BÜDEL & WESSELS 1991; BÜDEL et al. 1994; BÜDEL et al. 1997; BÜDEL et al. 2002; DE MIGUEL et al. 1995; GOLUBIĆ 1967b), méně studií pochází z ostatních oblastí, například z Indie (PATTANAIK & ADHIKARY 2002) nebo Evropy (SOUZA-EGIPSY et al. 2004). Zkoumané biotopy lze v tropech a subtropích rozdělit na stolové hory a skalní výchozy („inselbergs“) ve vlhkých oblastech a tzv. okrové skály v suchých savanách (BÜDEL 1999). V těchto klimatických zónách bývají na aerických biotopech nacházeny zejména sinice, které jsou zde dominantními fototrofními mikroorganismy. Dalšími skupinami, které se zde často vyskytují jsou rozsivky

(Bacillariophyceae), které mohou obývat mechové nárosty na skalních stanovištích (RUSHFORTH et al. 1984) a krásivky (Desmidiaceae), zkoumané například na smáčených stěnách vrcholu stolové hory Roraima (FUČÍKOVÁ 2004).

1.1.3.3 Chladné oblasti

Společenstvy chladných oblastí se zabývá například studie kryptoendolitických mikroorganismů z Antarktických pískovců, zvláště jejich fyziologickou diverzitou a přizpůsobením (SIEBERT et al. 1996).

1.1.3.4 Jeskyně

Zcela specifickým skalním stanovištěm jsou jeskyně a podzemní prostory. Limitujícím faktorem je zde na prvním místě jednoznačně světlo (DAYNER & JOHANSEN 1991) a převládají sinice nad zelenými řasami (ALBERTANO & URZI 1999).

V případě přírodních jeskyní je možno sledovat zřetelný gradient měnících se světelných podmínek od vchodu do nitra jeskyně a s tím také změny ve složení mikroorganismů. Organismy obývající stěny poblíž vchodu do jeskyně v krasovém Garraf masivu ve Španělsku byly ovlivněny venkovními podmínkami, tvořily bohatě vyvinuté kolonie se silnými slizovými obaly a šlo o typické aerofytní druhy. V další zóně směrem do nitra jeskyně již ubývalo světla, ale ještě se výrazně neprojevoval stres, žily zde převážně sinice, ale i zástupci ze skupin Chlorophyceae a Bacillariophyceae. Nejtemnější zóna v samotném nitru jeskyně se ukázala být stabilním prostředím, ale život zde výrazně limitoval světelný stres. Žilo zde několik málo sinicových druhů a převaha heterotrofů (ROLDÁN et al. 2004). Fotosyntetizující mikroorganismy v jeskyních nejen žijí, ale pravděpodobně mohou také přispívat k jejich formaci, což vyplývá z průzkumu kryptoendolitických sinicových společenstev na pískovcových útesech (WESSELS & BÜDEL 1995).

Mikroflóra obývající uměle vytvořené podzemní prostory (například katakomby), je zkoumána především za účelem odhadnutí jejího vlivu na rozklad kamene a tedy i možností ochrany tohoto kulturního dědictví (ALBERTANO et al. 2000; ALBERTANO & URZI 1999; UHER & KOVÁČIK 2004).

1.1.5 Adaptace na extrémní podmínky

Jak už bylo výše zmíněno, skalní výchozy jsou stanoviště se specifickými ekologickými podmínkami (HOFFMANN 1986), charakterizované především extrémními teplotami a slunečním zářením a vodním stresem (BÜDEL 1999). Velká část mikroorganismů obývající skály je

endolitických, což může být vysvětleno jako strategie přežití extrémních podmínek tohoto biotopu (GARCIA-VALLÉS 1998).

1.1.2.1 Teplota

Teplota skalního povrchu bývá značně proměnlivá. Při slunečném počasí může přes den vystoupat velmi vysoko, za klidných letních dnů v temperátní zóně běžně přes 50°C (NOVÁČEK 1934), i 60°C (HOFFMANN 1986), přičemž zároveň může přes noc klesnout k nule. Největší výkyvy teplot pak byly pozorovány v teplých i mrazových pouštích (WYNN-WILLIAMS et al. 1999).

1.1.2.2 Intenzita světelného záření

Světelného záření na skalních stěnách je zpravidla nadbytek nebo v případě jeskynních nik naopak nedostatek (ROLDÁN et al. 2004). Většina studií přizpůsobení fototrofních mikroorganismů extrémním podmínkám života na skále se věnuje sinicím. Jako ochrana fotosyntetického aparátu sinic před nadměrným zářením slouží různé mechanismy (GARCIA-PICHEL & CASTENHOLZ 1993; EHLING-SCHULZ & SCHERER 1999; LAKATOS et al. 2001; DILLON et al. 2002). Tatáž problematika u zelených řas není příliš prostudována. Jedna z mála publikovaných studií například uvádí, že ochranu fotosystémů eukaryotních zelených řas zajišťují tetraterpenoidní pigmenty xanthofylového cyklu (zeaxanthin, violaxanthin a anteraxanthin) (DEMMING-ADAMS 1990).

1.1.2.3 Voda

S vysokou intenzitou slunečního záření a teplotou souvisí také rychlé ztrácení vody, kterému jsou lépe přizpůsobeny sinice, které dokáží přežívat cyklické vysychání a rehydrataci (LÜTTGE et al. 1995; POTTS 1999), popřípadě zmrznutí a rozmrznutí. Často také vytvářejí silné pochvy bránící vysychání (HOFFMANN 1986). Sinice však pro metabolismus potřebují vodu v tekutém skupenství (LANGE et al. 1993), ne-li přímo tekoucí, pak alespoň kondenzovanou ze vzdušné vlhkosti (JAAG 1945; GOLUBIĆ 1967a). Oproti tomu eukaryotní zelené řasy mohou pro své metabolické procesy využívat přímo vodní páru, což lze nepřímo vyčíst z některých průzkumů v oblastech s vysokou vzdušnou vlhkostí, kde eukaryota výrazně převládají (RIFÓN-LASTRA & NOGUEROL-SEOANE 2001; NOVÁKOVÁ & POULÍČKOVÁ 2004). Častou strategií přežití zelených řas v suchozemských ekosystémech je produkce hygroskopických, extracelulárních polymerických látek jako rezervoáru vody, které navíc díky vysychání a bobtnání také napomáhají rozrušování substrátu (ORTEGA-CALVO et al. 1995). Vodní stres na skalní stěně neznamena pouze nedostatek vody, ale její celkově nerovnoměrnou distribuci, jelikož na skalní stěně buď chybí v době sucha, nebo jí naopak bývá nevyužitelný přebytek při dešti.

1.1.2.4 Znečištění a další faktory

Zejména v městských lokalitách může být významným faktorem také vliv znečištění ovzduší. Například zvýšená koncentrace siřičitanů působí tzv. oxidativní stres („sulphite stress“), vůči němuž jsou prokazatelně odolnější sinice než zelené řasy (MISZALSKI et al. 1995).

Z dalších fyziologických přizpůsobení extrémním podmínkám života na kameni je zajímavá například syntéza funkčních biomolekul litobiontními sinicemi. Tyto funkční biomolekuly sinice chrání před nepříznivými abiotickými podmínkami a optimalizují jejich růstové podmínky, což je pravděpodobně hlavním důvodem jejich bezkonkurenční úspěšnosti v antarktických pouštích, kde jsou hlavními primárními producenty (WYNN-WILLIAMS et al. 1999). Důvodem úspěšnosti sinic v extrémních podmínkách na skalách může být také schopnost snížení metabolismu při stresu (zjištěno sledováním výměny plynů) a zároveň schopnost rychlé obnovy (LÜTTGE et al. 1995).

Dalšími více či méně významnými faktory ovlivňujícími růst mikroorganismů na skalním povrchu mohou být pH a typ substrátu (JOHANSEN 1999), jeho zrnitost, nadmořská výška, makroklima a mikroklima.

1.1.6 Biogenní rozklad

Biofilmy mikroorganismů obsazují stěny budov a jiných památek bez ohledu na to, jak moc si vážíme jejich historického odkazu a jak moc nám záleží na tom, abychom je zachovali i pro budoucí generace. Proto se poměrně velká část studií aerických epilitických fototrofů zabývá obyvateli stěn všemožných staveb a jiných uměleckých děl po celém světě (CRISPIM et al. 2003; FLORES et al. 1997; GARCIA-VALLÉS 1998; RINDI & GUIRY 2003; UHER et al. 2004; PATTANAİK & ADHIKARY 2002). Biofilmy totiž kazí estetický vzhled povrchu monumentu a navíc také vždy určitou měrou narušují podklad. Toto biogenní zvětrávání se podle některých průzkumů v posledních letech nápadně zrychluje, proto je důležité správné pochopení působení faktorů ovlivňujících rychlost růstu mikroorganismů (HIRSCH et al. 1995). K vyvinutí účinné ochrany památky je třeba také zjištění druhového složení, ekologie jednotlivých druhů a mechanismů jejich působení na substrát (KRUMBEIN 2004; TOMASELLI et al. 2000; YOUNG & URQUHART 1998).

1.1.6.1 Mechanismy biogenního rozkladu

Zvětrávání kamene je způsobeno nejen abiotickými podmínkami, ale také biologickými činiteli. Mikroorganismy pozměňují povrch substrátu zprvu chemicky a později také mechanicky. Zpravidla dochází nejdříve alkalizaci (u fototrofů indukované fotosyntézou), což vede k rozpouštění a fragmentaci substrátu (KRUMBEIN 2004; ORTEGA-MORALES et al. 2000), na substrátu

může dojít ke zvýšení jeho pH až o 2 jednotky a uvolnění Ca^{2+} a Mg^{2+} iontů (WELTON 2003), a jejich vysrážení, zvláště na vápenatých substrátech (ALBERTANO et al. 2000). Následný průnik organismů do substrátu způsobuje vznik systému puklin pod povrchem (GARCIA-VALLÉS 1998; GARTHY et al. 1992), endoliti navíc narušují horninu samotným svým růstem (KRUMBEIN 2004). Vysychání a bobtnání extracelulárních polymerů (EPS) sinic i zelených řas v pórech horniny také mechanicky napomáhá rozrušování substrátu (CRISPIM & GAYLARDE 2004; ORTEGA-CALVO et al. 1995).

Vysokou degradační schopnost mikroorganismů lze vysvětlit především dvěma faktory – genetickou a metabolickou diverzitou (jejich diverzita není morfologická jako u živočichů nebo rostlin) a schopností tvořit biofilmy (MCNAMARA & MITCHELL 2005).

Soudí se, že fototrofní biofilmy podporují biodegradaci také poskytnutím živin houbám a bakteriím, jejichž vliv na změny chemismu substrátu bývá zřetelnější (ORTEGA-MORALES et al. 2000). V poslední fázi vývoje epilithického společenstva se naopak může rozkladné působení biofilmu změnit na ochranné, protože vrstva z extracelulárních polymerů zpomaluje difuzi chemických rozkladných činitelů (CRISPIM & GAYLARDE 2004; DE MIGUEL et al. 1995; KRUMBEIN 2004).

Nakonec je třeba ještě dodat, že biorozklad kamene není problémem pouze historických objektů, ale týká se i nových budov (LÜTTGE 1997; RINDI & GUIRY 2003).

1.2 Lokalita - CHKO Broumovsko

Chráněná krajinná oblast Broumovsko byla zřízena 27. 3. 1991 Ministerstvem životního prostředí vyhláškou č. 157/1991 Sb. Území se rozkládá na ploše 410 km² a zahrnuje severní část okresu Náchod a východní okraj okresu Trutnov v Královéhradeckém kraji a vyplňuje podstatnou část geomorfologického celku Broumovská vrchovina, který je budován kontinentálními sedimenty a vulkanity svrchního karbonu a permu, dále kontinentálními uloženinami spodního triasu a mořskými uloženinami svrchní křídly.

Severní, východní a jihovýchodní hranici tvoří státní hranice s Polskem. Vnitrostátní hranice vede od obce Žďárky, přes Hronov, Horní Kostelec, Odolov, kolem vrchu Žaltman a dále pak poblíž Radvanic k státní hranici u Chalče. Území se nachází mezi 50° 40' 19" a 50° 27' 52" severní šířky a 16° 02' 25" a 16° 26' 48" východní délky.

Na území CHKO se nachází 6 maloplošných chráněných území, 2 národní přírodní rezervace, 2 přírodní rezervace a 2 přírodní památky s přísnějším ochranným režimem.

Klimaticky náleží Broumovsko do dvou odlišných regionů. Místa s nejnižší nadmořskou výškou (Broumovská a Polická kotlina) spadají do mírně teplé klimatické oblasti, zbývající části patří do chladné (FALTYSOVÁ et al. 2002; ANONYMUS 2002).

1.2.1 NPR Broumovské stěny

Národní přírodní rezervace Broumovské stěny (ZCHÚ 30) (viz obr.1) byla vyhlášena dne 5.3. 1956. Leží v katastrálním území obcí: Bělý, Božanov, Hlavňov, Hony, Křinice, Martínkovice, Slavný a Suchý Důl. Celková výměra NPR je 1247,3 ha, z toho na lesní pozemky připadá 1246,3 ha a ostatní plochy zabírají zbylý 1 hektar (ANONYMUS 2002).

1.2.1.1 Reliéf

Hřbet Broumovských stěn se táhne přibližně 12 km ve směru SZ – JV a tvoří přirozený předěl mezi Broumovskou a Polickou kotlinou. Má podobu tzv. kuesty, jednoduchého a úzkého hřbetu, jehož jihozápadní svahy klesají směrem do Polické kotliny mírně, zatímco severovýchodně, do rovinaté kotliny Broumovské, spadá hřbet příkrými skalními stěnami a prudkými svahy s převýšením i přes 300 metrů. Výškové rozpětí území NPR mezi nejvyšším vrcholem (Božanovský Špičák 772,7 m) a nejnižší částí rezervace (na lokalitě „U buku“ v Božanově – Na veverce 486,0 m) činí 286,7 m.

Broumovské stěny jsou rozvodím dvou moří. Broumovskou kotlinu odvodňuje řeka Stěnavá a kotlinu Polickou Metuje (FALTYSOVÁ et al. 2002; ANONYMUS 2002).

1.2.1.2 Geologie

Z geologického hlediska je území NPR součástí svrchněkřídové polické pánve, která patří k hejšovinské oblasti české křídové pánve. Sedimenty svrchní křídvy v Polické pánvi dosahují mocnosti 400 až 500 metrů, ukládaly se přibližně před 97 až 88 milióny let a nyní tvoří geologické podloží. Broumovské stěny, tvořené převážně kvádrovými pískovci středního turonu jsou denudačními zbytky vystupující z Polické pánve po ústupu křídového moře. Obnažený skalní masiv byl postupem času převážně erodován a vlivem tektonických poruch rozčleněn v pestrý pseudokrasový reliéf skalních hřbetů, roklí, soutěsek, skalních stěn a věží, kaňonů, propastí, plošin a jeskyní. Skalní bloky jsou tvořeny křemennými, jemnozrnnými až hrubozrnnými pískovci (FALTYSOVÁ et al. 2002; ANONYMUS 2002).

1.2.1.3 Půdy

V podmínkách pískovcových skalních měst a balvanitých sutí vznikají chudé, mělké a velmi mladé půdy, tzv. litozemě. V méně skalnatých částech převládají kambizemě, ve vyšších polohách pak kryptopodzoly a ojediněle i podzoly. V plošším terénu a širších roklích mezi skalami (Kovářova rokle) se nacházejí vrstvy organozemě, v prameništích a podél potoků gleje a pseudogleje. Z hlediska půdních druhů převládají na území NPR půdy lehké, písčité a hlinitopísčité (FALTYSOVÁ et al. 2002; ANONYMUS 2002).

1.2.1.4 Vegetace

Díky oligotrofnímu a kyselému substrátu je flóra cévnatých rostlin NPR Broumovské stěny vcelku chudá a jednotvárná a naopak bohatá na mechorosty (ZITTOVÁ-KURKOVÁ 1984). Převážnou většinu území (1246 ha z celkové výměry 1247 ha) pokrývá les jedlobukového až smrkobukového vegetačního stupně, který až na výjimky přerůstá skalní útvary. Vlhkostní podmínky a členění reliéfu nejlépe vyhovují nárokům převažujícího smrku (82%), buku (7,5%) a místy i jedli (0,2% - správa CHKO plánuje do budoucna zvýšení jejího zastoupení až na 23%, což je zastoupení odpovídající přirozenému stavu), borovice je přítomna na nejextrémnějších skalních stanovištích (reliktní bor). Jde především o formace acidofilních bučin, smrkových bučin a jedlin, smrkových borů a podmáčených smrčín.

Po kůrovcové kalamitě (80. léta 20. století) a následném odtěžení lesa z celé skalnaté plošiny byly všechny skály odkryty a z velké části došlo k erozi mechovo-humusové vrstvy ze skal a změnilo se mezoklima. Přibyly světlomilnější, ale i kyselomilnější druhy vyšších rostlin (např. brusinka, vřes) a změna se odrazila i na stanovištích obývaných lišejníky, mechy i řasami.

Podle fytogeografického členění patří Broumovské stěny do mezofytika, ale pro inverzní stanoviště (většina v hlubších roklích a skalních měst) je příznačný výskyt některých druhů vyšších poloh, charakterizujících chladnější oreofytikum. Inverze často způsobuje výrazně extrémnější teplotní poměry a zvraty pásem horských druhů se smrkovými porosty. Například Kapradinovou rokli každoročně zarůstá arkticko-alpínská papratka horská (*Athyrium distentifolium*). Ve střední Evropě se tato kapradina vyskytuje většinou v polohách nad 900 m n. m. (KREMER & MUHLE 1998), zatímco Kapradinová rokle leží v nadmořské výšce zhruba 600 metrů.

Mimo podnebné podmínky je rozšíření rostlinstva značně závislé na rozmanitosti reliéfu a tedy i konkrétním stanovišti výskytu jednotlivého druhu. (FALTYSOVÁ et al. 2002; ANONYMUS 2002)

1.2.1.5 Klimatické poměry

Klimaticky patří NPR a její ochranné pásmo do velmi vlhkého nebo vlhkého okrsku a do dvou klimatických oblastí. Převážná část hřebene a jihozápadní svahy, s divokým skalním reliéfem krytým lesními porosty, jsou řazeny do chladné oblasti, nejnižší svahy a úpatí spadající k SV - JV (do Broumovské kotliny) náleží do oblasti mírně teplé.

Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje okolo 6°C, v inverzních polohách skalních měst i kolem 4°C. Vegetační doba kolísá v rozpětí 145 – 80 dnů. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje kolem 685 mm. V oblasti převažují západní až severní větry. Ve vyšších polohách se často vyskytují mlhy, což je poměrně významný faktor z hlediska výskytu epilitických řasových společenstev na suchých skalních stěnách. Sněhová pokrývka dosahuje průměrně 45 cm a trvá 100 – 130 dní v roce, v některých stinných skalních roklích leží až 7 měsíců. (FALTYSOVÁ et al. 2002; ANONYMUS 2002)

1.2.1.6 Ekosystémy

1.2.1.6.1 Skály

Převážná většina skalních ekosystémů na území NPR má relativně přirozený charakter. Oproti ostatním pískovcovým oblastem na území České republiky jsou Broumovské stěny jedinečné v množství mokřích a smáčených skalních stěn, což souvisí s nadmořskou výškou rezervace, inverzními teplotními zvraty, reliéfem rozbrázděným do hlubokých roklí a zastíněním skalních bloků dospělým lesem. Tato stanoviště jsou bohatá na mocné epilitické řasové nárosty.

1.2.1.6.2 Voda

Tekoucí vody v rezervaci, reprezentované několika drobnými potoky, mají přirozený až polopřirozený charakter. Koryta toků jsou téměř v přirozeném stavu, s meandrující linií břehů, různou hloubkou vody a rychlostí proudu i tomu úměrnou mocností sedimentů. Při průchodu potoka skalními soutěskami voda často stéká přímo po skále a tvoří vodopády (viz tab.2/5,6), někdy i kaskádovitě uspořádané. Běžnější jsou ovšem více či méně nestálé a periodicky se objevující pruhy vody stékající po skalních stěnách v důsledku dešťových srážek. Specifickým stanovištěm je pramen na žluté turistické značce od Koruny směrem k Zaječí rokli, protože teplota pramenité vody je velmi nízká a podklad pro řasové nárosty zde tvoří glazovaná keramická trubka. K stojatým vodám v rezervaci patří dočasné vodní nádržky, kaluže a rašelinná jezírka (viz tab.2/2,3,4), jejichž charakter je značně proměnlivý a nelze dobře definovat přirozený stav takového biotopu.

1.3 Cíle práce

Hlavním cílem této práce bylo prozkoumat druhové složení řasových a sinicových společenstev na pískovcových skalních stěnách a vodních biotopech v NPR Broumovské stěny. Součástí tohoto cíle bylo také zvládnutí problematiky určování epilithických sinic a řas.

K vedlejším cílům patřil pokus o kultivaci a izolaci nalezených aerofytních mikroorganismů pro lepší poznání jejich životních cyklů a projevů a měření vybraných abiotických faktorů skalních stanovišť (ozářenost, vlhkost, teplota) zařízením pro sběr dat M 4016-G firmy Fiedler-Mágr České Budějovice. Měření a záznam údajů vybraných parametrů byl naplánován na dobu jednoho roku, během kterého také byla odzkoušena funkčnost přístroje v terénních podmínkách a vhodnost jeho využití pro další sběr dat.

Součástí práce je také literární rešerše týkající se přizpůsobení fototrofních mikroorganismů životu na skalních stěnách a shrnutí dosavadních poznatků o jejich vlivu na zvětrávání a rozklad kamene.

2. Materiál a metody

Terénní odběry a laboratorní práce byly prováděny dle Komárka (in HINDÁK 1978).

2.1 Terénní odběry vzorků

Vzorky byly odebírány na vhodných lokalitách na území NPR v letech 2003 - 2005. Vzhledem k povaze lokality byl kladen důraz především na skalní stanoviště s makroskopickými nárosty (viz tab.2/1), dále byly sbírány vzorky z většiny nalezených vodních stanovišť (viz tab.2/2,3,4,5,6). Materiál byl pro doplnění odebrán též z dalších míst, například z písku na dně Liščí rokle nebo z nárostů na vyšších a nižších rostlinách (perifyton). Sběry byly prováděny na jaře (duben), v létě (červen a srpen) a na podzim (listopad).

Na skalních stěnách a dalších skalních útvarech (kamenech, v jeskyních apod.) byla řasová biomasa odebrána seškrabem nárostů pomocí čepele kapesního nože. U vlhkých stanovišť je možno oškrab (který zůstane na noži) rovnou uložit do plastových mikrozkušavek (1,5 ml). Na suchých stanovištích je třeba biomasu odrolit ze skalního povrchu nejprve na list čistého papíru, nastaveného pod seškrabované místo, a teprve posléze jej přemístit do připravených nádobek.

Z vodních stanovišť byla odebrána biomasa spolu s vodou, popřípadě byly sebrány nárosty na kamenech a ponořených kusech dřeva, v prameništi na žluté značce od Koruny směrem k Zaječí roklí z kameninové trubky. Takto získané vzorky byly opět uloženy ve mikrozkušavkách nebo ve větších nádobkách (50 ml).

Zvláštním případem jsou nárostové řasy na rašelinících v rašeliníštích a rašelinných jezírkách, kde bylo do větších nádobek odebráno několik celých rašeliníkových rostlinek spolu s vodou pro následné laboratorní zpracování (viz 2.2.2). Z vodopádků v Hruškově a Liščí roklí byl odebrán oškrab řasových nárostů ze skalního povrchu spolu se stékající vodou.

Vzorky byly očíslovány a zaznamenán popis odběrové lokality.

2.1.1 Odběrová místa

2.1.1.1 Lokalizace

Označení místa	GPS [WGS 84]	Přesnost [m]	Odebrané vzorky
1	N50°31,5297' E016°18,9859'	7	13
2	N50°31,5189' E016°19,0068'	6	14-22
3	N50°30,9201' E016°19,3527'	13	23-24

4	N50°30,6573' E016°19,2418'	8	25-27
5	N50°30,3989' E016°19,5332'	8	28
6	N50°30,3592' E016°19,6586'	8	29, 30
7	N50°31,3943' E016°18,5393'	10	31-34
8	N50°31,4219' E016°18,5854'	10	35
9	N50°31,4110' E016°18,6881'	7	36
10	N50°31,4275' E016°18,8540'	11	37-39
11	N50°31,4738' E016°19,0772'	8	40-42
12	N50°31,6390' E016°18, 7940'	N/A	43
13	N50°31,6680' E016°18,7572'	10	44
14	N50°31,6852' E016°18,7046'	10	45-46
15	N50°31, 7490' E016°18,6550'	N/A	47
16	N50°31,8915' E016°18,4376'	21	48-50
17	N50°32,1880' E016°17,9757'	9	51
18	N50°32,6022' E016°17,8214'	8	52
19	N50°32,7582' E016°17,5901'	9	53-58
20	N50°32,7499' E016°17,5365'	8	59
21	N50°32,7299' E016°17,4918'	10	60
22	N50°32,7025' E016°17,4489'	10	61-64
23	N50°32,6671' E016°17,4129'	12	65-72
24	N50°33,8024' E016°16,2638'	24	73-75
25	N50°33,7963' E016°16,2595'	18	76-77
26	N50°33,7679' E016°16,2236'	8	78
27	N50°33,3760' E016°16,1240'	N/A	79
28	N50°33,2274' E016°16,4929'	31	80-86
29	N50°33,3257' E016°16,8786	30	87-89
30	N50°33,8415' E016°16,3400'	6	90-93
31	N50°33,9149' E016°16,3886'	11	94-95
32	N50°33,9280' E016°16,3640'	N/A	96
33	N50°34,0277' E016°16,0031'	7	97-98
34	N50°34,1273' E016°15,9166'	10	99
35	N50°34,1449' E016°15,8568	5	100-103
36	N50°34,4260' E016°15,3560'	N/A	104-105
37	N50°33,0000' E016°16,8000'	N/A	106-115
38	N50°31,6152' E016°18,9114'	10	1-12

2.1.1.2 Odebírané biotopy

Vzorek	Část NPR/makroskopická charakteristika biotopu
KAPRADINOVÁ ROKLE	
01	stružka u zastíněné stěny
02	hnědý pásek stékající vody
03	zelený pásek hned vedle, pod převisem, cca 0,5 m nad zemí
04	pod převisem, tmavozelené bochánky
05	sliz na balvanu
06	pás pod rýhou ve skále v zužující se části rokle
07	Dtto o 2m dál
08	Sliz v „jeskyňce“
09	jeskyňka – na zemi na písku
10	Dtto, „mechovitá“ hmota
11	světlezelené slizovité nárosty na stěně ve vchodu jeskyňky
12	zelené fleky na stěně
ŽLUTÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD KAPRADINOVÉ ROKLE NA JIH, PO ROZCESTÍ S MODROU CYKLOSTEZKOU	
13	napravo od cesty – plochý kvádr obrostlý smrkem, tmavozelený vrásčitý sliz
14	rašelinné kaluže, rašeliník
15	tmavý tvrdý sliz na stěně vlevo od kaluží, přímo proti první lávce z kulatin
16	měkký tmavozelený sliz tamtéž
17	kalužka pod převisem skály, opaleskující povrch hladiny
18	„obrovi z nosu“ poblíž 17, černý sliz
19	hnědý flek na balvanu u „obra“
20	světlezelený vysoký povlak – měkký, krupičky
21	sliz na dřevě – kořeny nad rašelinným jezírkem
22	seškraby z vody tamtéž
MODRÁ CYKLOSTEZKA OD ROZCESTÍ SE ŽLUTOU TURISTICKOU ZNAČKOU SMĚREM NA JIH	
23	opuková strážka vpravo, světlý povlak
24	totéž stanoviště, tmavý flek
MODRÁ TURISTICKÁ ZNAČKA JIŽNĚ OD KÓTY 605,8 PO ROZCESTÍ S ČERVENOU TURISTICKOU ZNAČKOU	
25	vlákna z kaliště
26	červený písek – potůček (výtok vody z kaliště)
27	rašeliník
KŘÍŽOVATKA LESNÍCH CEST, CCA 300 M JIŽNĚ OD VRCHOLU SUCHÉHO VRCHU	
28	kámen na cestě
29	vláknité slizovité chuchvalce ze dna rozježděných rašelinných jezírek
30	seškrab z klacku ve vodě tamtéž
ZELENÁ TURISTICKÁ ZNAČKA NA VÝCHOD OD PELOVKY PO ROZCESTÍ SE ŽLUTOU TURISTICKOU ZNAČKOU	
31	potůček – hráškově zelená slizká visící vlákna
32	sytě zelený povlak na kameni (čedič) v potůčku, rozcestí zelené a cyklostezky
33	rašeliník tamtéž
34	černý povlak na betonovém kameni v potůčku

35	voda stékající po písku na cestě – zelená značka
36	stále ještě na zelené – slizký zelený „pudink“ v blátivé koleji od traktoru
37	jílovitá kaluž na cestě, slizké vznášející se chuchvalce, nevláknité
38	jílovitá kaluž na cestě, sinicově zbarvený povlak
39	povrchová blanka na kaluži
40	na žluté zn. u rozc. na Korunu, zelený tmavý sliz na nízké stěně lemující cestu
41	tamtéž, sušší nižší povlak mezi mechy
42	světlejší sliz o 10 m dále
ŽLUTÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD KAPRADINOVÉ ROKLE SEVEROZÁPADNĚ PO ZAJEČÍ ROKLI	
43	mokřina s jehličím, zelená slizká vlákna
44	kaluže se sítinami, tmavá voda – perifyton
45	vláknitý sliz, tmavozelený, na kameni (pískovec) u cesty
46	černý nárost na skále vlevo - expanduje do mechu a lišejníku
47	skalnatá část cesty, černozeleň matný povlak
48	pramen – hnědé nárosty na betonovém obezdění
49	sytě zelený povlak v ústí glazované keramické trubky tamtéž
50	skála napravo od cesty, mokřý povlak - krupičky
51	mokrý stěna skály nalevo od žluté stezky
52	červená od Slavného na Hvězdu – světlezelený „špenát“ v kaluži, voda barvy čaje
LIŠČÍ ROKLE (ODSHORA)	
53	sametový sliz, s mechem, u potůčku mezi balvany
54	tmavý sliz z téhož balvanu
55	mokrý dřevěný povlak z vody potoka
56	tmavé fleky na kamenech ve vodě
57	tuhá biomasa pod dopadající vodou
58	oškrab zeleného povlaku ze dřeva ponořeného ve vodě
59	slizovité chuchvalce v louži + povrch písku
60	sliz s bublinkami v kaluži
61	zelený povrch písku pod vodou
62	písek na mokré mělčině
63	vláknité tmavozelené trsy v proudu potůčku (podél skal)
64	rašeliník u vodopádku
65	povlak z vodopádku – tmavozelená krusta
66	vodopád - povlak
67	tmavý povlak na stěně
68	světlý povlak tamtéž – sliz
69	vodopád v průrvě – povlak na omývané stěně
70	jedlový pařízek
71	měkký povlak vodopádu
72	jeskyně s vodopádem – opalescentní povrch slizu
ZELENÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD PARKOVIŠTĚ U HVĚZDY DO KOVÁŘOVY ROKLE A KOVÁŘOVA ROKLE	
73	kámen se stékající vodou u schůdků – slizovatý povlak
74	mech tamtéž
75	sliz pod převisem
76	vchod do Kovářovy jeskyně – písek v potoce
77	zelenožlutá vlákna na kameni u potůčku
78	sliz nad schody ve skalním průchodu

79	oškrab s pískovcového kamene v potoce – křižovatka žluté a červené značky
ŽLUTÁ TURISTICKÁ ZNAČKA A ZELENÁ CYKLOZNAČKA OD KÓTY 535,6 PO KŘÍŽOVATKU U SVATÉHO VÁCLAVA (PANOVA CESTA)	
80	potůček - hnědé sinicové povlaky
81	převis nad potokem, zelenohnědý nesliský pás
82	světlezelený povlak na stěně
83	zelený sliz
84	opalescentní blanka na stojící vodě
85	opalescentní fleky na skále
86	skála naproti přes cestu
PANOVA CESTA OD KŘÍŽOVATKY U SVATÉHO VÁCLAVA PO ROZCESTÍ S ČERVENOU TURISTICKOU ZNAČKOU	
87	černé fleky na skále v rokli
88	černý povlak na kameni u cesty
89	u stoupání na Supí hnízdo, světlezelený povlak na skále
ČERVENÁ TURISTICKÁ ZNAČKA NA JIH OD SKALNÍHO DIVADLA PO ROZCESTÍ SE ZELENOU TURISTICKOU ZNAČKOU	
90	pás po stékající vodě na převislé stěně
91	vlákna z vody – křižovatka červené a zelené značky nad Kovářovou roklí
92	sametový povlak ze stěny
93	bentos, blátivá cesta
ČERVENÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD SKALNÍHO DIVADLA NA HVĚZDU	
94	červená necelý kilometr od Hvězdy, sliz ve skalnatém průlezu
95	uschlé krupičky nad ním
96	černý povlak na povrchu větších kamínků – za „Skalním divadlem“
97	mostek ku kapli na Hvězdě, tmavozelený povlak na betonu
98	tmavé mokré fleky pod mostkem
MODRÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD HVĚZDY K HONSKÉMU ŠPIČÁKU	
99	kousek balvanu bez mechu
ŽLUTÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD HVĚZDY PO STRÁŽNOU HORU	
100	voda z louže
101	vodní mech s epifyty
102	bentos
103	hustá zelená hmota z hladiny
ZELENÁ TURISTICKÁ ZNAČKA OD ROZCESTÍ SE ŽLUTOU TURISTICKOU ZNAČKOU POD STRÁŽNOU HOROU PO HVĚZDU	
104	meandrující pomalu tekoucí potůček, plný organické hmoty – hnědé chuchvalce
105	zelený vláknitý sliz
SPODNÍ ČÁST HRUŠKOVY ROKLE – VODOPÁD	
106	pod převisem nalevo od vodopádu – hnědočerný lesklý povlak
107	šedozelený povlak
108	kupičky tamtéž
109	mechy ve vodopádu
110	zelený sliz na stěně ve vodopádu
111	tmavozelený povlak pod převisem
112	vedle vodopádu – polštářovitý vláknitý nárost
113	znečištěný odtok z vodopádu
114	mokrý kámen, velmi vlhký, se zelenými pásy – těžko seškrábnutelný
115	tůňka na potoce poblíž vodopádu, černé chuchvalce + zelený písek

2.2 Laboratorní metody

2.2.1 Fixace a uložení vzorků

Všechny vzorky byly v den návratu z odběrových míst rozděleny do dvou mikroskopavek. Jedna nádobka od každého rozděleného vzorku byla uložena do speciální chladničky s prosklenými dveřmi, umožňujícími průchod denního světla. Tak byly zajištěny nejlepší podmínky pro uchování živé biomasy. Druhá polovina sběrů v mikroskopavkách byla zafixována roztokem formaldehydu (CH₂O). Formaldehyd rychle usmrcuje, poměrně dobře zachovává tvar a vnitřní strukturu protoplastu a chrání materiál před biologickým rozkladem. Pro bezvodé vzorky ze skalních stěn byl použit formaldehyd o 1,5% koncentraci, na vzorky obsahující vodu z odběrového místa 5%, tak aby výsledná koncentrace byla opět 1,5%.

Tyto dva způsoby uchovávání sběrů později umožnily vlastní determinaci druhového složení. Některé druhy se totiž snadno a záhy po odběru rozpadají, a proto je nutné po převozu do laboratorních podmínek určovat tyto druhy z fixovaného materiálu, jiné naopak fixací ztrácejí své charakteristické znaky a je třeba prohlížet jejich živé struktury z vzorků uložených v chladu.

2.2.2 Mikroskopování a determinace

V laboratorních podmínkách byly vzorky prohlíženy a následně determinovány v klasickém světelném mikroskopu OLYMPUS CX40 a OLYMPUS CH30. Pro pořízení mikrofotografií byl použit digitální fotoaparát OLYMPUS Camedia C5050 a digitální kamera OLYMPUS DP10. Jednorázové preparáty byly zkoumány většinou při čtyřsetnásobném zvětšení. Rozsivky (Bacillariophyceae) byly určovány až z trvalých preparátů (viz 2.2.3) při zvětšení 1000x za použití imerzního oleje.

Pro získání perifytických nárostů z rašeliníků, byla použita metoda výtlačku z mechů. Rostlinky rašeliníku byly nejprve důkladně protřepány v původní nádobce obsahující i vodu z odběrového místa a poté vyjmuty a důkladně vyždímány do téže nádoby. Z takto připraveného vzorku již bylo možno připravit klasický mikroskopický preparát.

2.2.2.1 Zdroje použité nomenklatury

ETTL & GÄRTNER (1995);
GEITLER (1932);
HINDÁK (ed.) (1978);
HINDÁK (1996);
HOEK (1995);

HOUK (2003);
KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1998);
KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (2005);
KOMÁREK & FOTT (1983);
KOSTIKOV et al. (2002);
KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991a);
KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991b);
KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997a);
KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1997b);
KRAMMER & LANGE-BERTALOT (2000);
LENZENWEGER (1996);
LENZENWEGER (1997);
LENZENWEGER (1999).

2.2.3 Metody preparace

Pro pozdější determinaci byly vytvořeny trvalé preparáty z vybraných vzorků s dominancí rozsivek (Bacillariophyceae). Většina rozsivek je totiž spolehlivě určitelná jedine podle struktury křemičitých schránek, která je v živých buňkách nejasná díky prosvítajícímu buněčnému obsahu a nebo nevyniká pro malý rozdíl v indexu lomu světla mezi schránkou a vodou.

Při preparaci byly nejprve důkladně odstraněny všechny organické části. Kapka vzorku byla nanášena na krycí sklíčko a vyžihána nad plynovým kahanem. Následně byl na vysušenou vrstvu s rozsivkami nanášen 30% peroxid vodíku (H₂O₂) a sklíčko opět rozpáleno nad kahanem. V případě potřeby byl tento postup zopakován. Pročištěný materiál, tj. tenká bílá vrstvička na krycím skle, byl zalit do umělé pryskyřice pleurax (FOTT 1954).

2.2.4 Kultivace

Vybrané zajímavé, ale obtížně determinovatelné vzorky z prvních dvou sběrů (především zástupci čeledi Radiococcaceae) byly přeneseny na agarové plotny obsahující živné médium BG11. Byl učiněn pokus o izolaci jednotlivých druhů a následnou kultivaci čistých kultur (za stálého světla a teploty 24-27°C) za účelem poznání životních cyklů těchto problematických druhů.

2.3 Měření

2.3.1 Kapradinová rokle

Jako vhodné místo pro umístění měřicího zařízení byla vybrána Kapradinová rokle (viz tab. 1/1,2). Jde totiž o uzavřenou, těžko přístupnou soutěsku mimo turistické cesty. Tvoří ji dvě vysoké

stěny proti sobě - stinná (vlhká) a osluněná (suchá), bohaté na makroskopické řasové nárosty (viz tab.1/5). Rokle má navíc specifický teplotní režim (inverzní podmínky, časté mlhy, celoročně chladno, sníh téměř do léta), horské klima dokládá také zdejší hojný výskyt papratky horské (*Athyrium distentifolium*).

2.3.2 Datalogger

Měření vybraných abiotických faktorů na vybrané lokalitě bylo provedeno zřízením pro sběr dat (dataloggerem) M 4016-G firmy Fiedler-Mágr České Budějovice. Přístroj se skládá z registrační jednotky, přípojné desky a zdroje napětí (zde olověné gelové akumulátory a fotovoltaický článěk), uložených v plastovém boxu a čidel, propojených s přípojnou deskou různě dlouhými vodiči. Součástí výbavy je také GSM modem, pomocí něhož lze činnost zařízení sledovat i na dálku (viz tab.1/4).

Měřeny byly 3 parametry – teplota (°C), vlhkost (%) a ozáření (W/m^2). Pro vlhkost a ozáření bylo na každou ze stěn umístěno po jednom čidle, pro teplotu na každou stěnu 4 čidla a jedno doprostřed rokly pro teplotu vzduchu (viz tab.1/4). Čidla, speciálně navržená pro měření abiotických hodnot na skalním povrchu (malá a plochá), byla na stěnu připevněna pomocí silikonového tmelu.

Přístroj zaznamenával údaje nepřetržitě každých 15 minut, přičemž měření ozáření probíhalo kontinuálně a v časovém intervalu byla zaznamenána průměrná hodnota za 15 minut uplynulých od posledního záznamu. U ostatních dvou parametrů se v daném čase zaznamenávala vždy aktuální hodnota.

3. Výsledky

Mikroflóra NPR Broumovské stěny je do značné míry ovlivněna typem převládajícího substrátu. Tím je pískovec, který má nízké pH, což také dokládá výskyt kyselomilných druhů. Nezanedbatelný vliv má také geomorfologie lokality, ze které vyplývá její specifický vodní a teplotní režim.

3.1 Nalezené taxony

Na území NPR bylo nalezeno celkem 110 taxonů sinic a řas, Cyanophyphyta v počtu 11 zástupců, Rhodophyta s jedním, Heterokonthophyta s 43, Euglenophyta 5 a Chlorophyta s 51 zástupci.

V aerických biotopech převládají zástupci třídy Bacillariophyceae a čeledi Radiococcaceae ze zelených řas, jejichž společenstva jsou v rezervaci velmi dobře rozeznatelná (makroskopické nárosty a povlaky na skalních stěnách). Další významně zastoupenou skupinou je třída Conjugatophyceae, zvláště v rašeliništích a vodních biotopech. Sinice se na lokalitě vyskytují jen zřídka.

V následujícím přehledu jsou všechny morfotypy sinic a řas taxony zařazeny do taxonomického systému (HOEK 1995) spolu s čísly příslušných odběrových míst.

CYANOPHYTA

CHROOCOCALES

Chroococcus sp.; 32

Cyanothece aeruginosa (NÄGELI) KOMÁREK; 111

Geitleribactron periphyticum KOMÁREK; 111,49,48

Gloeothece sp.; 98

Pleurocapsa sp.; 49

OSCILLATORIALES

Heteroleibleinia sp.; 105,48,47,20

Leptolyngbya sp.; 105

Phormidium vulgare KÜTZING ex ANAGNOSTIDIS; 105,13

Phormidium sp.; 115,105,98,84,80,06,04

Pseudanabaena cf. *speleaea*; 93,80,52,49,48

Trichormus sp.; 80,38,16

RHODOPHYTA

Audouinella sp.; 48

HETEROKONTOPHYTA

XANTHOPHYCEAE

Xanthonema sp.; 06,05

BACILLARIOPHYCEAE

Achnanthes sp.; 81,72

Achnanthes minutissima var. *minutissima* KÜTZING; 107,106,72,27,02

Caloneis aerophila BOCK (viz tab.4/1); 02

Caloneis hyalina HUSTEDT; 110,107,106,02

Cocconeis cf. *neodiminuta*; 110,92,80,08,02

Cymatopleura solea (BRÉBISSON) W. SMITH; 110

Cymbella cf. *affinis*; 103,80

Diatoma vulgare BORY; 84,80

Eunotia arcus EHRENBERG; 113,110,106,91,72,66,25,27

Eunotia bilunaris (EHRENBERG) MILLS; 98,84,82,44,33,27,25

Eunotia exigua (BRÉBISSON) CLEVE (viz tab.4/2); 107,106,100,92,91,76,74,73,65,52,33,31,30,27,25,08

Eunotia fallax A. CLEVE; 64

Eunotia glacialis MEISTER (viz tab.4/3); 114,111,110,108,106,102,101,92,91,86,82,80,72,67,33,32,31,29,25,08,02

Eunotia meisteri HUSTEDT; 76,66

Eunotia paludosa GRUNOW (viz tab.4/4); 111,110,107,92,91,69,51,31,08,02

Eunotia praerupta EHRENBERG; 110,107,106,104,91,72,65,63,62,55,49,06,02,01

Eunotia praerupta var. *bigibba* (KÜTZING) GRUNOW (viz tab.4/5); 112,111,110,92,86,85,82,72,61,58,56,29,08,06,04,03,02

Fragilaria sp.; 111,107,106,86,81,80,73,72,52,51,02

Fragilaria cf. *construens*; 110,86

Fragilaria cf. *capucina*; 108

Fragillaria ulna (NITZSCH) LANGE-BERTALOT; 110,33,27

Frustulia rhomboides (EHRENBERG) de TONI; 108,107,106,92,86,80,65,62,52,27

Hantzschia amphioxys (EHRENBERG) GRUNOW in CLEVE et GRUNOW; 07

Melosira varians AGARDH (viz tab.3/6); 98

Microcostatus krasskei JOHANSEN & SRAY (viz tab.4/6); 107,106,82,80,72,52,02

Navicula contenta GRUNOW (viz tab.4/7); 110,107,92,80,79,73,72,52,51,33,02

Navicula gallica var. *laevissima* (CLEVE) LANGE-BERTALOT (viz tab.4/8); 107,106,98,86,85,82,80,72,51,33,02

Navicula oblonga KÜTZING; 110

Navicula soehrensii KRASSKE; 02

Navicula cf. *radiosa*; 107,80

Navicula cf. *trivialis*; 82,80,25

Orthoseira cf. *roseana*; 106,98,80,27

Neidium ampliatum (EHRENBERG) KRAMMER; 80,27

Pinnularia appendiculata (AGHARDH) CLEVE; 98,64,27

Pinnularia borealis EHRENBERG (viz tab.4/9); 111,110,109,108,107,106,102,98,86,85,84,83,82,81,80,78,76,73,72,65,64,62,52,50,35,29,22,09,06,04,03,02,01

Pinnularia gibba EHRENBERG (viz tab.4/10); 114,113,110,107,100,84,76,61,27,08

Pinnularia interrupta EHRENBERG; 112,93,91,66,43,33,30,25

Pinnularia rupestris HANTZSCH (viz tab.4/11); 114,110,62,43,08

Pinnularia subcapitata GREGORY (viz tab.4/12); 110,107,106,92,91,84,80,79,65,62,52,30,27,25,08

Pinnularia viridis (NITZSCH) EHRENBERG; 93,64,43,35

Surirella minuta BRÉBISSON in KÜTZING; 80

Tabellaria flocculosa (ROTH) KÜTZING; 100,93,80,25

EUGLENOPHYTA

Euglena cf. *mutabilis*; 76,60

Euglena sp. (viz tab.3/3); 103,62,52,51,43,39,38

Petalomonas sp.; 67

Trachelomonas oblonga LEMMERMANN (viz tab.3/5); 104,36

Trachelomonas cf. *planctonica*; 104,59

CHLOROPHYTA

CHLOROPHYCEAE

Botryosphaerella sp. sensu KORŠIKOV; 107

Characium ensiforme A. BRAUN; 113,110,66,65,63,62,61,60,59,58,57,56,55,49,45,43,35,32,31,22

Chlamydomonas sp.; 100,93,33

Chlamydomonas cf. *ambigua*; 52

Chlorella saccharophilla var. *ellipsoidea* (GERN.) FOTT et NOVÁK, 01

Chlorolobion lunulatum HINDÁK; 51

Coccomyxa sp.; 21,14

Coenobotrys sp.; 99,67,04

Coenochloris sp.; 78,67

Dactylothece braunii LAGERHEIM (viz tab.3/2); 99,08,08,07,05

Desmococcus cf. *olivaceus*; 111,83,29

Dictyosphaerium cf. *tetrachotomum*; 102,101,100,33,31

Gleocystis vesiculosa NÄGELI; 111,108,107,99,83,78,67,03

Gleocystis polydermatica (KÜTZING) HINDÁK; 19

Oedogonium echinospermum A. BRAUN; 111,83,61

Pseudococcomyxa simplex (MAINX) FOTT; 02

Radiococcaceae; 111,108,107,99,95,94,90,89,88,87,85,83,46,42,40,34,32,28,21,18,16,15,11,08,05

Podohedra sp.; 51

Scotiellopsis terrestris (REISIGL) PUNČOCHÁŘOVÁ et KALINA; 111,108,51,30

Stigeoclonium sp.; 101

ULVOPHYCEAE

Microspora cf. *abbreviata*; 111, 103,45

Microspora floccosa (VAUCHER) THURET; 91

Microspora cf. *pachyderma*; 101,60,44

Microspora palustris var. *minor* WICHMANN; 69,66,48

Microspora palustris var. *palustris* WICHMANN, 66,35

Microspora cf. *quadrata*; 114,113,101

Microspora cf. *tumidula*; 112,107,104,63,55,43,25

Ulothrix cf. *variabilis*; 110,53,31

Ulothrix zonata (WEBER et MOHR) KÜTZING; 100,84,66,65,64,62,52

PLEURASTROPHYCEAE

Microthamnion kützingianum NÄGELI (viz tab.3/4); 114,103,102,101,100,91,69,66,61,59,56,52,48,33,22

KLEBSORMIDIOPHYCEAE

Klebsormidium cf. *flaccidum*; 48,47,44,32,25

Klebsormidium cf. *montanum*; 47,45

Klebsormidium cf. *subtile*; 44

ZYGNEMATOPHYCEAE

Closterium sp. (viz tab.3/1); 115,84,80

Closterium didymocotum RALFS; 105

Closterium cf. *costatum*; 37

Closterium kuetzingii BRÉBISSON; 105

Closterium moniliferum (BORY) EHRENBERG; 115,105

Closterium parvulum var. *parvulum* NÄGELI; 25

Closterium rostratum EHRENBERG; 105,25

Closterium cf. *striolatum*; 37

Cosmarium cf. *crenatum*; 25

Cosmarium cf. *reniforme*; 102

Cosmarium cf. *sublaterale*; 84

Cylindrocystis brebissonii MENEGHINI (viz tab.3/7); 110,102,100,93,92,86,83,76,75,68,67,62,59,54,52,47,45,41,37,36,29,18

Mesotaenium cf. *endlicherianum*; 86,76,68

Mesotaenium macrococcum (KÜTZING) ROY & BISSET; 19

Mougeotia sp. 1 steril.; 113,110,105,104,77,65,44,32,31,29

Mougeotia sp. 2 steril.; 77,25

Staurastrum punctulatum BRÉBISSON; 104,102,100,80,37,33,32,31,29

Tetmemorus cf. *granulatus*; 27

3.1.1 Prázdné vzorky

č. 96 – jde o vzorek, které byl odebrán s předpokladem přítomnosti sinic nebo řas, ale v němž žádné sinice ani řasy nepodařilo nalézt.

3.2 Výsledky kultivací

Kultivace a izolace čistých kultur aerofytních druhů řas z vlhkých a smáčených stěn nebyla úspěšná. Na standardním médiu a za standardních kultivačních podmínek nebylo dosaženo smysluplných výsledků. Ve většině případů na miskách převládly konkurenčně agresivní druhy (zejména *Klebsormidium* a *Pseudococcomyxa*), a zcela tak přerostly skalní druhy, přestože v

sebraných vzorcích byly zastoupené pouze několika málo jedinci. V některých případech řasové kultury přerostly houbové hyfy.

3.3 Výsledky měření

Měření abiotických faktorů nebylo zcela úspěšné. Datalogger M 4016-G firmy Fiedler-Mágr České Budějovice neměřil nepřetržitě celý rok, jak bylo původně plánováno, záznamy jsou pouze útržkovité. Vlhkostní čidla nefungovala vůbec. Nejdelší smysluplný záznam údajů o ozáření a teplotách pochází z období od 16.4. 2004, 11:15 SELČ do 12.6. 2004 18:15 SELČ. Z hodnot naměřených v tomto období jsem zpracovala grafy (viz přílohy).

4. Diskuse

4.1 Diverzita

Oblast NPR Broumovské stěny je bohatá především na eukaryotní zelené řasy, zatímco sinice osidlují skalní stanoviště v této lokalitě jen velmi výjimečně a dominantní nárosty netvoří vůbec. Srovnání s podobnými pískovcovými oblastmi, kde sinice jednoznačně dominují (GOLUBIĆ 1967b; SOUZA-EGIPSY et al. 2004) poukazuje na značnou specifitu studované oblasti. Hlavní odlišnost pravděpodobně spočívá ve vysoké vzdušné vlhkosti (časté mlhy) a inverzním charakteru úzkých roklí. Zelené řasy v takovýchto podmínkách pravděpodobně mají kompetiční výhodu oproti sinicím, které pro svůj metabolismus potřebují vodu v tekutém skupenství (LANGE et al. 1993). Dalším faktorem, ovlivňujícím druhové složení je nízké pH pískovcových skal i vodních toků jimi protékajících. Na lokalitě se vyskytuje velké množství kyselomilných druhů (například hojně zastoupené rozsivky *Eunotia exigua* a *Pinnularia gibba*).

Oblast je poměrně druhově bohatá, i když je zřetelně vidět, že některým skupinám se zde daří lépe a jiné se zde vyskytují jen sporadicky nebo vůbec.

4.1.1 Zajímavé nálezy

Nejzajímavějším nálezem je poměrně hojně zastoupená *Dactylothece braunii* (viz tab.3/2) – jediný druh rodu *Dactylothece* popsáný již v roce 1883, přesto velmi málo prozkoumaný. Tvoří výrazné slizové vrstvy, kolonie jsou většinou 2-4 buněčné, buňky výrazně elipsoidní, obsahující pyrenoid. Obývá aerická stanoviště. Na území ČR je *Dactylothece* známá pouze z Krkonoš (BECK-MANNAGETTA 1929). Patří do málo prostudované čeledi Radiococcaceae. Celá tato taxonomicky problematická skupina zelených řas se na zkoumané lokalitě vyskytuje nebývale hojně v makroskopických slizovitých nárostech, pokrývajících především paty skalních stěn.

Z dalších nalezených druhů stojí za zmínku například *Geitleribactron periphyticum*, drobná sinice velmi čistých a chladných vod, zvláště pramenů, *Orthoseira* cf. *roseana* – taxonomicky problematická centrická rozsivka, dosud uváděná pouze z teplých oblastí ČR (HOUK pers. comm.), *Audouinella*, jediný nalezený zástupce ruduch, který indikuje vysokou čistotu vody na lokalitě.

Vzorky byly sbírány na celém území NPR, nejzajímavější a na epilitické řasové nárosty nejbohatší jsou Kapradinová rokle, Kovářova rokle, Liščí rokle a vodopády pod Hruškovou roklí.

4.2 Kultivace

Kultivace se povedla pouze částečně a po zhruba ročním úsilí bez zjevných smysluplných výsledků bylo od snahy o izolaci čistých kultur skalních řas upustila. Po dalších sběrech jsem se zaměřila se na průběžné sledování živých zástupců ve vzorcích, získaných v různých ročních obdobích.

Skalní řasy jsou organismy adaptované na extrémy, z čehož logicky plyne, že přenesením do takřka ideálního prostředí kultivačních podmínek rázem ztrácí veškeré výhody z užívání ostatními opovrhovaného prostředí a lehko podlehnou konkurenčnímu tlaku běžných, rychle se množících druhů. Navíc ve slizových vrstvách Radiococcaceae se často zachycují diaspory všemožných jiných organismů (hub, mechů), které v kulturách snadno vzklíčí a překryjí řasový nárost. Ve slizu žijí také různí živočichové (především háďátka a roztoči), kteří se později na agaru přemnoží a ničí kulturu.

K stejným závěrům dochází například také studie zaměřená na aerofytní sinice, která podotýká, že sinice rostoucí přirozeně v suchých podmínkách neobstojí v kulturách díky aktivitě hub a navíc diverzita takovéto populace může být v silně selektivních kultivačních podmínkách výrazně zmenšena (CRISPIM & GAYLARDE 2004).

4.3 Měření abiotických faktorů

Měření abiotických faktorů dataloggerem M 4016-G nebylo zcela úspěšné, byla získána pouze neúplná data, která nemohla být použita k důkladnějšímu vyhodnocení vlivu těchto faktorů na složení mikroflóry na skalních stěnách na lokalitě Kapradinová rokle.

Problémem dataloggeru byla nedostatečná kapacita zdroje napětí, který vydržel funkční o mnoho kratší dobu, než bylo firmou Fiedler-Mágr původně avizováno. Tato situace se ještě zhoršovala s klesající teplotou během zimního období. Nedostatek nepomohlo vyřešit ani přidání druhého zdroje a vystlání boxu tepelnou izolací.

Druhým slabým místem zařízení byla čidla. Vlhkostní čidla měřila pouze nesmyslné údaje, teplotní se postupně rozpadala (viz tab.1/3). Jelikož se čidla pro měření teploty v přístroji zapojují sériově, při zničení kteréhokoli z čidel došlo k přerušení přívodu elektrického proudu do ostatních čidel, čímž se pozastavilo celé měření. Navíc došlo ke krátkým spojením, které negativně ovlivnily výdrž baterií i ostatní čidla připojená na pulzní kanály přístroje.

Z nejdelšího úseku přístrojem naměřených dat, tedy zhruba 2 měsíců v dubnu až červnu 2004, byly zpracovány grafy (viz přílohy), do nichž byly použity průměrné hodnoty pro každý den (24h) měření.

Teplotní graf (viz graf 1.) obsahuje 3 křivky, z nichž nejvíce kolísající (oranžová) přísluší teplotám vzduchu uprostřed rokle, modrá průměru 2 teplotních čidel na suché stěně a zelená průměru 4 čidel na stěně mokré, zastíněné. Do grafu byla zahrnuta měření pouze ze dvou čidel z původních 4 umístěných na suché stěně. Obě vyřazená čidla totiž měřila teploty na zastíněných místech, velmi podobných podmínkám na mokré stěně. Křivky pro teploty povrchu protilehlých skalních stěn mají podobný průběh, na mokré stěně byly dle původního předpokladu naměřeny nižší teploty (maximální rozdíl v sledovaném období je v denním průměru cca 1,5°C). Na křivce pro suchou stěnu nejsou v porovnání s křivkou pro stěnu mokrou patrné výraznější výkyvy ve směru maximálních hodnot, což by poukazovalo na její větší prohřívání během slunečných dnů. Křivka pro teploty vzduchu, měřené uprostřed rokle se od křivek teplot skalního povrchu zřetelně liší, dosahuje extrémních hodnot grafu.

Graf 2. obsahuje hodnoty naměřené 4 teplotními čidly na mokré stěně v časovém úseku od 25.4. do 9.5. 2004. Přestože byla všechna čidla umístěna na stěně v přibližně stejné výšce nad zemí a subjektivně mezi těmito místy nebyly žádné výraznější rozdíly v působení abiotických podmínek, z grafu lze odečíst, že se průměrné teploty v některých dnech lišily i více než o 3°C. Pravděpodobně zde má vliv mikroklima jednotlivých míst. Na suché stěně se hodnoty naměřené čidly ve zdánlivě stejných podmínkách téměř nelišily.

Z teplotních měření vyplývá, že se skalní povrch prohřívá i chladne pomaleji než okolní vzduch a zároveň tepelná kapacita kamene nedovoluje dosažení přílišných teplotních výkyvů na tomto biotopu. Podmínky života na skále tedy pravděpodobně nejsou až tak extrémní, jak se původně zdálo. Specifický charakter studované lokality dokládají celkově nízké naměřené teploty. Pozoruhodný je prudký pokles teploty dne 24.5.2004, kdy byla pouze na jediném z čidel naměřena průměrná denní teplota vyšší než 4°C.

V grafu pro hodnoty ozáření (graf 3.) jsou patrné výrazné rozdíly mezi oběma stěnami. Na mokré stěně (oranžová linie) byly naměřeny hodnoty řádově nižší. Radiace dopadající na suchou stěnu (zelená linie) mnohem více kolísá než v případě křivky pro mokrou stěnu. Důvodem je zřejmě vliv počasí (pravděpodobně zejména oblačnosti), který se projeví výrazněji na stěně vystavené přímým slunečním paprskům.

5. Závěr

1. Na území NPR Broumovské stěny bylo na smáčených stěnách i akvatických biotopech nalezeno 110 taxonů sinic a řas - z toho 11 zástupců oddělení Cyanophyta, 1 Rhodophyta, 43 Heterokonthophyta, 5 Euglenophyta a 51 Chlorophyta. Na aerických stanovištích převládaly skupiny Radiococcaceae a Bacillariophyceae, ve vodních biotopech především Conjugatophyceae a vláknité nevětvené Chlorophyceae.

Výsledky studie byly použity jako základ pro inventarizační průzkum mikrovegetace NPR Broumovské stěny na objednávku Správy ochrany přírody ČR.

2. Kultivace druhů ze skalních stěn za běžných kultivačních podmínek nebyla úspěšná. Pro další pokusy je třeba vymyslet a použít nové typy kultivací, které by alespoň částečně simulovaly specifické podmínky života na povrchu kamene v pískovcovém skalním městě.

3. Sběr environmentálních dat pomocí dataloggeru M 4016-G firmy Fiedler-Mágr České Budějovice byl úspěšný pouze částečně, protože zařízení nesneslo extrémní terénní podmínky. Před použitím pro další výzkum musí projít zásadními technickými úpravami. V současné době dochází k vývoji nových, odolných čidel a vyhovujícího zdroje napětí.

6. Seznam literatury

- ALBERTANO, P.; BRUNO, L.; D'OTTAVI, D.; MOSCONE, D. & PALLESCHI, G. (2000): Effect of photosynthesis on pH variation in cyanobacterial biofilms from Roman catacombs. – *Journal of Applied Phycology* 12: 379-384.
- ALBERTANO, P. & URZI, C. (1999): Structural interactions among epilithic cyanobacteria and heterotrophic microorganisms in Roman hypogea. - *Microbial Ecology* 38 (3): 244-252.
- ANAGNOSTIDIS, K.; ECONOMU-AMILI, A.; ROUSSOMOUSTAKAKI, M. (1983): Epilithic and chasmolithic microflora (Cyanophyta, Bacillariophyta) from marbles of the Parthenon (Acropolis – Athens, Greece). – *Nova Hedwigia* 38: 227 – 287.
- ANONYMUS (2002): Plán péče o národní přírodní rezervaci Broumovské stěny na období 2003 – 2016. - 101 pp., VÚLHM VS Opočno.
- BECK-MANNAGETTA, G. (1929): Algenfunde im Riesengebirge. - Ein zweiter Beitrag zur Kenntnis der Algenflora des Riesengebirges. - *Lotos, Praha*, 77:93-100.
- BELLINZONI, A. M.; CANEVA, G. & RICCI, S. (2003): Ecological trends in travertine colonisation by pioneer algae and plant communities. – *International Biodeterioration & Biodegradation* 51: 203-210.
- BÜDEL, B. (1999): Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. – *European Journal of Phycology* 34: 361-370.
- BÜDEL, B.; BECKER, U.; POREMBSKI S. & BARTHLOTT, W. (1997): Cyanobacteria and cyanobacterial lichens from Inselbergs of the Ivory Coast, Africa. – *Botanica Acta* 110 (6): 458-465.
- BÜDEL, B.; LÜTTGE, U.; STELZER, R.; HUBER, O. & MEDINA, E. (1994): Cyanobacteria of Rocks and Soils of the Orinoco Lowlands and the Guyana Uplands, Venezuela. – *Botanica Acta* 107 (6): 422-431.
- BÜDEL, B. & WESSELS, D. J. C. (1991): Rock inhabiting blue-green algae/cyanobacteria from hot arid regions. – *Algological Studies* 64: 1-14.
- BÜDEL, B.; WEBER, H. M.; POREMBSKI S. & BARTHLOTT, W. (2002): Cyanobacteria of inselbergs in the Atlantic rainforest zone of eastern Brazil. – *Phycologia* 41 (5): 498-506.
- CRISPIM, C. A.; GAYLARDE, P. M. & GAYLARDE, C. C. (2003): Algal and Cyanobacterial Biofilms on Calcareous Historic Buildings. - *Current Microbiology* Vol. 46: 79-82.
- CRISPIM, C. A. & GAYLARDE, C. C. (2004): Cyanobacteria and Biodeterioration of Cultural Heritage: A Review. – *Microbial Ecology* 49: 1-9.

- CASAMATTA, D.A.; VERB, R. G.; BEAVER, J. R. & VIS, M. L. (2002): An Investigation of the Cryptobiotic Community from Sandstone Cliffs in Southeast Ohio. – *International Journal of Plant Sciences* 163 (5): 837-845.
- DAYNER, D. M. & JOHANSEN, J. R. (1991): Observations on the algal flora of Seneca Cavern, Seneca County, Ohio. - *Ohio Journal of Science* 91 (3): 118-121.
- DE MIGUEL, J. M.G; SANCHEZ-CASTILO, L.; ORTEGA-CALVO, J. J.; GIL, J. A.; SAIZ-JIMENEZ, C. (1995): Deterioration of Building material from Great Jaguar Pyramid at Tikal, Guatemala. – *Building and Environment* 30 (4): 591 – 598.
- DEMING-ADAMS, B. (1990): Carotenoids and photoprotection: A role for the xanthophyll zeaxanthin cycle. – *Biochimica et Biophysica Acta* 1020: 1-24.
- DILLON, J. G.; TATSUMI, C. M.; TANDINGAN, P. G. & CASTENHOLZ, R. W. (2002): Effect of environmental factors on the synthesis of scytonemin, a UV-screening pigment, in cyanobacterium (*Chroococcidiopsis* sp.). – *Archives of Microbiology* 177: 322-321.
- EHLING-SCHULZ, M. & SCHERER, S. (1999): UV protection in cyanobacteria. – *European Journal of Phycology* 34: 329-338.
- ETTL, H. & GÄRTNER, G. (1995): *Syllabus der Boden-, Luft-, und Flechtenalgen.* – 721 pp., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- FLORES, M.; LORENZO, J. & GOMEZ-ALARCON, G. (1997): Algae and bacteria on historic monuments at Alcala de Henares, Spain. – *International Biodeterioration & Biodegradation* 40 (2-4): 2041-246.
- FOTT, B. (1954): Pleurax, syntetická pryskyřice pro preparaci rozsivek. – *Preslia (Praha)* 26: 163 – 194.
- FALTYSOVÁ, H. MACKOVČIN, P.; SEDLÁČEK, M. et al. (2002): Královéhradecko. - In: Mackovčín P. & Sedláček, M. (eds.): *Chráněná území ČR, svazek V.*, – 410 pp., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha.
- FUČÍKOVÁ, K. (2004): Mikrovegetace vrcholu Roraima Tepui se zřetelem na řád Desmidiáles. – 25 pp., bakalářská práce, Biologická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice (manuscript).
- GARCIA-PICHEL, F. & CASTENHOLZ, R. W. (1993): Occurrence of UV-absorbing mycosporine-like compounds among cyanobacterial isolates and an estimate of their screening capacity. – *Applied and Environmental Microbiology* 59: 163-169.
- GARCIA-VALLÉS, M.; VENDRELL-SAZ, M.; MOLERA, J. & BLAZQUEZ (1998): Interaction of rock and atmosphere: patinas on Mediterranean monuments. – *Environmental Geology* 36 (1-2): 137-149.

- GARTHY, J. (1992): The postfire recovery of rock-inhabiting algae, microfungi and lichens. – Canadian Journal of Botany – Revue Canadienne de Botanique 70 (2): 301-312.
- GAYLARDE C. C. & GAYLARDE, P. M. (2005): A comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Latin America. - International Biodeterioration & Biodegradation 55 (2): 131-139.
- GAYLARDE, P. M. & GAYLARDE C. C. (2000): Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. - International Biodeterioration & Biodegradation 46: 93-97.
- GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. In RABENHORST, L.: Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. – 1196 pp., Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig.
- GERRATH, J. F.; GERRATH, J. A. & LARSON, D. W. (1995): A preliminary account of endolithic algae of limestone cliffs of the Niagara Escarpment. – Canadian Journal of Botany – Revue Canadienne de Botanique 73 (5): 788-793.
- GOLUBIĆ, S. (1967a): Algenvegetation der Felsen – Eine ökologische Algenstudie im dinarischen Karstgebiet. – In: Elster, H. J. & Ohle, W. (1967): Die Binnengewässer XXIII. – 183 pp., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart.
- GOLUBIĆ, S. (1967b): Die Algenvegetation an Sandsteinfelsen Ost-Venezuelas (Cumaná). – Int. Revue ge. Hydrobiol. 52: 693-699.
- GOLUBIĆ, S. , FRIEDMANN, E. I. & SCHNEIDER, J. (1981): The lithobiontic niche, with special reference to microorganisms. – Journal of Sedimentology and Petrology 51: 475-478.
- GOMÉZ-ALARCÓN, G.; MUÑOZ, M.; ARIÑO, X. & ORTEGA-CALVO, J. J. (1995): Microbial communities in weathered sandstone: the case of Carrascosa del Campo church, Spain. – The Science of the Total Environment 167: 249-254.
- HINDÁK, F. (ed.) (1978): Sladkovodné riasy. – 724 pp., Slovenské pedagogické nakladateľ'stvo, Bratislava.
- HINDÁK, F. (1996): K'ľuč na určovanie nerozkonárených vláknitých zelených rias (Ulotrichineae, Ulotrichales, Chlorophyceae), Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti pri SAV. – 77 pp., Slovenská botanická spoločnosť pri SAV, Bratislava.
- HIRSCH, P.; ECKHARDT, F. E. W. & PALMER JR., R. J. (1995): Methods for the study of rock-inhabiting microorganisms – A mini review. – Journal of Microbiological Methods 23: 143-167.
- HOEK, C. VAN DEN; MANN, D. G. & JAHNS, H. M. (1995): Algae: An introduction to phycology. - 623 pp, Cambridge university press, Cambridge.

- HOFFMANN, L. (1986): Cyanophycées aériennes et subaériennes du Grand-Duché de Luxembourg. – Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 56 (1-2): 77-125.
- HOUK, V. (2003): Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part 1. – Czech Phycology Supplement 1.
- JAAG, O. (1945): Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Mittelland. – In: Jaag, O. (1945): Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz IX, Heft 3. - 560 pp., Kommissionsverlag Buchdruckerei Böhler & Co., Bern.
- JOHANSEN, J.R. (1999): Diatoms of aerial habitats. Pages 264-273 in: Stoermer, E.F. & J.P. Smol (eds.), The diatoms: applications for the environmental and earth sciences. - Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- JOHANSEN, J. R.; RUSHFORTH, S. R. & BROTHERTON, J. D. (1981): Subaerial algae of Navajo National Monument, Arizona. – The Great Basin Naturalist, 41 (4): 433-439.
- JOHANSEN, J. R.; RUSHFORTH, S. R.; ORBENDORFER, R. FUNGLADDA, N. & GRIMES, J. A. (1983): The Algal Flora of Selected Wet Walls in Zion National Park, Utah, USA. – Nova Hedwigia 38: 765-808.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1999): Cyanoprokaryota, 1. Teil: Chroococcales. – In: Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H. & Mollenhauer, D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1. – 548 pp., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (2005): Cyanoprokaryota, 2. Teil: Oscillatoriales. – In: Büdel, B.; Gärtner, G.; Krienitz, L. & Schagerl, M.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2. - 759 pp., Elsevier GmbH, München.
- KOMÁREK, J. & FOTT, B. (1983): Das Phytoplankton des Süßwassers. In Elster, H. – J. & Ohle, W. (1983): Die Binnengewässer, 7. Teil, 1. Hälfte. – 1044 pp., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart.
- KOSTIKOV, I.; DARIENKO, T.; LUKEŠOVÁ, A. & HOFFMANN, L. (2002): Revision of the classification system of Radiococcales FOTT ex KOMÁREK (except the subfamily Dictiochloralloideae) (Chlorophyta). – Algological Studies 104: 23-58.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1997a): Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3. – 876 pp., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1997b): Bacillariophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2. – 610 pp., Gustav Fischer Verlag, Jena.

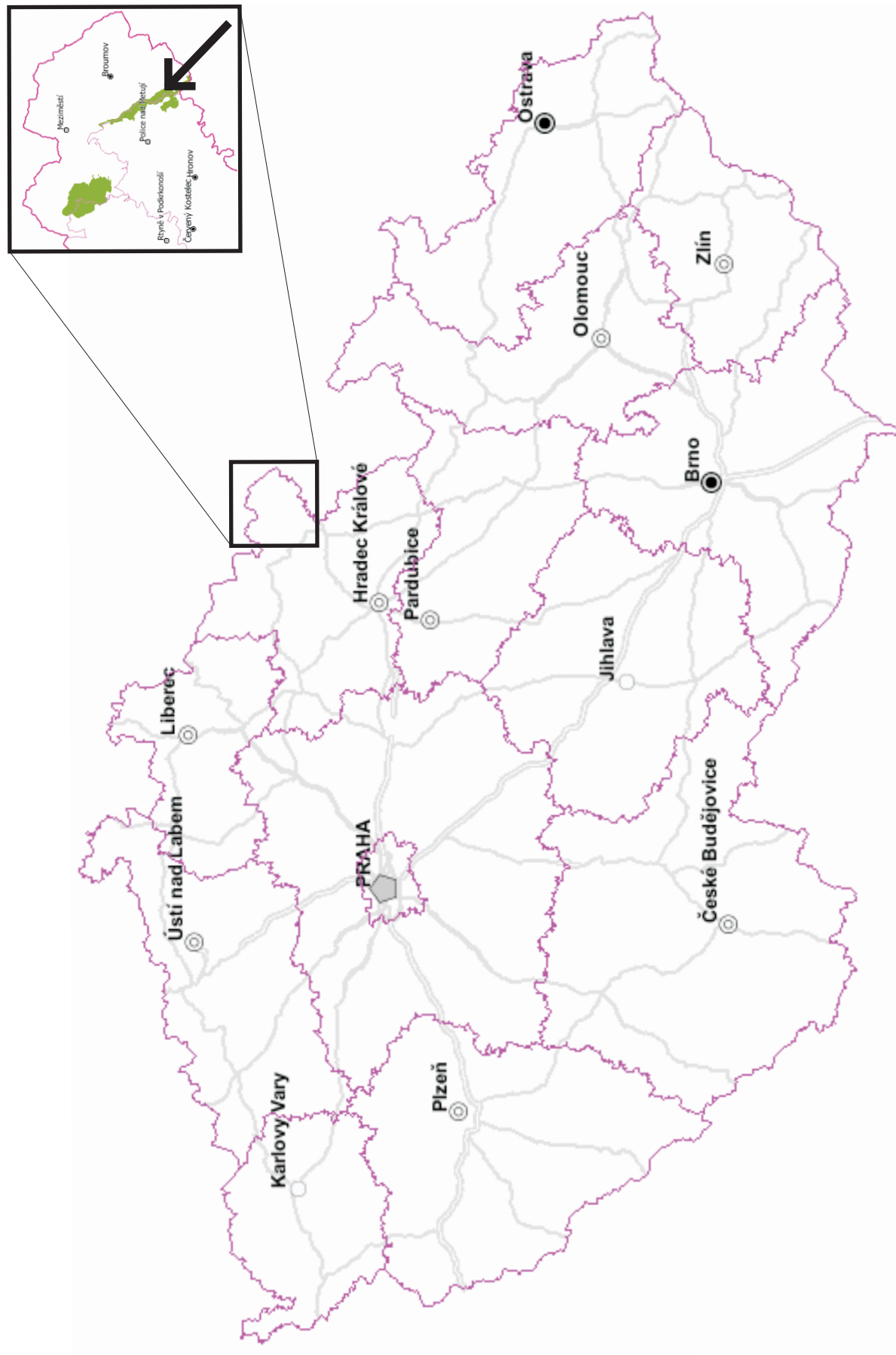
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991a): Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3. – 576 pp., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991b): Bacillariophyceae, 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: Ettl, H.; Gärtner, G.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4. - 437 pp., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (2000): Bacillariophyceae, Part 5: English and French translation of the keys. – In: Büdel, B.; Gärtner, G.; Krienitz, L. & Lokhorst, G. M.: Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/5. – 311 pp., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- KRUMBEIN, W. E. (2004): Life on and in stone - an endless story?. – In: M. Klingspor Rotstein (ed.): Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Stockholm, in press.
- LAKATOS, M.; Bilger, W. & Büdel, B. (2001): Carotenoid composition of terrestrial Cyanobacteria: response to natural light conditions in open rock habitats in Venezuela. – European Journal of Phycology 36: 367-375.
- LAMENTI, G.; TIANO, P. & TOMASELLI, L. (2000): Biodeterioration of ornamental marble statues in the Boboli Gardens (Florence, Italy). – Journal of Applied Phycology 12:427-433.
- LANGE, O. L.; Büdel, B.; Meyer, A. & Kilian, E. (1993): Further evidence, that activation of net photosynthesis by dry cyanobacterial lichens requires liquid water. – Lichenologist 25: 367-375.
- LENZENWEGER, R. (1996): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1. - 162 pp., J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin/Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. (1997): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 2. - 216 pp., J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin/Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. (1999): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 3. - 218 pp., J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin/Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. (2003): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 4. – 87 pp., J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin/Stuttgart.
- LÜTTGE, U. (1997): Cyanobacterial Tintenstrich Communities and their Ecology. – Naturwissenschaften 84: 526-534.

- LÜTTGE, U.; BÜDEL, B.; BALL, E.; STRUBE, F. & WEBER, P. (1995): Photosynthesis of terrestrial cyanobacteria under light and dessication stress as expressed by chlorophyll fluorescence and gas-exchange. – *Journal of Experimental Botany* 46 (284): 309-319.
- MCNAMARA, C. J. & MITCHELL, R. (2005): Microbial deterioration of historic stone. – *Frontiers in Ecology and the Environment* 3 (8): 445-451.
- MISZALSKI, Z.; BÜDEL, B. & LÜTTGE, U. (1995): Aktivität von Terrestrischen Cyanobakterien unter Licht- und Sulfid-Stress. – *Polish Journal of Environmental Studies* 4(4): 55-59.
- NOVÁČEK, F. (1934): Epilithické sinice serpentinů mohelenských. Pars I.: Chroococcales. - In: PODPĚRA, J. (ed.): Mohelno. – 178 pp., Svaz pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, Brno.
- NOVÁKOVÁ, J. & POULÍČKOVÁ, A. (2004): Moss diatom (Bacillariophyceae) flora of the Nature Reserve Adršpašsko-Teplické Rocks (Czech Republic).- *Czech Phycology* 4: 75-86.
- ORTEGA-CALVO, J. J.; ARIÑO, X.; HERNANDEZ-MARINE, M. & SAIZ-JIMENEZ, C. (1995): Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. – *The Science of the Total Environment* 167: 329-341.
- ORTEGA-CALVO, J. J.; SANCHEZ-CASTILLIO, P. M. & HERNANDEZ-MARINE, M. (1993): Isolation and characterization of epilithic Chlorophytes and Cyanobacteria from two Spanish Cathedrals (Salamanca and Toledo). – *Nova Hedwigia* 57 (1-2): 239-253.
- ORTEGA-MORALES, O.; GUEZENNEC, J.; HERNANDEZ-DUQUE, G.; GAYLARDE, C. C. & GAYLARDE, P. M. (2000): Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Buildings in Yucatan, Mexico. – *Current Microbiology* Vol. 40: 81-85
- PATTANAIK, B. & ADHIKARY, S. P. (2002): Blue-green algal flora at some archaeological sites and monuments of India. – *Feddes Repertorium* 113 (3-4): 289-300.
- POTTS, M. (1999): Mechanisms of desiccation tolerance in cyanobacteria (Minireview). – *European Journal of Phycology* 34: 319-328.
- RIFÓN-LASTRA, A. & NOGUEROL-SEOANE, Á. (2001): Green algae associated with the granite walls of monuments in Galicia (NW Spain). – *Cryptogamie, Algologie* 22: 305-326.
- RINDI, F. & GUIRY, M. D. (2003): Composition and distribution of subaerial algal assemblages in Galway City, western Ireland. – *Cryptogamie, Algologie* 24 (3): 245-267.
- ROLDÁN, M.; CLAVERO, E.; CANALS, T.; GOMEZ-BOLEA, A.; ARIÑO, X. & HERNANDEZ-MARINE, M. (2004): Distribution of phototrophic biofilms in cavities (Garraf, Spain). - *Nova Hedwigia* 78 (3-4): 329-351.
- RUSHFORTH, S. R.; KACZMARSKA, I. & JOHANSEN, J. R. (1984): The Subaerial Diatom Flora of Thurson Lava Tube, Hawaii. – *Bacillaria* 7: 135-157.

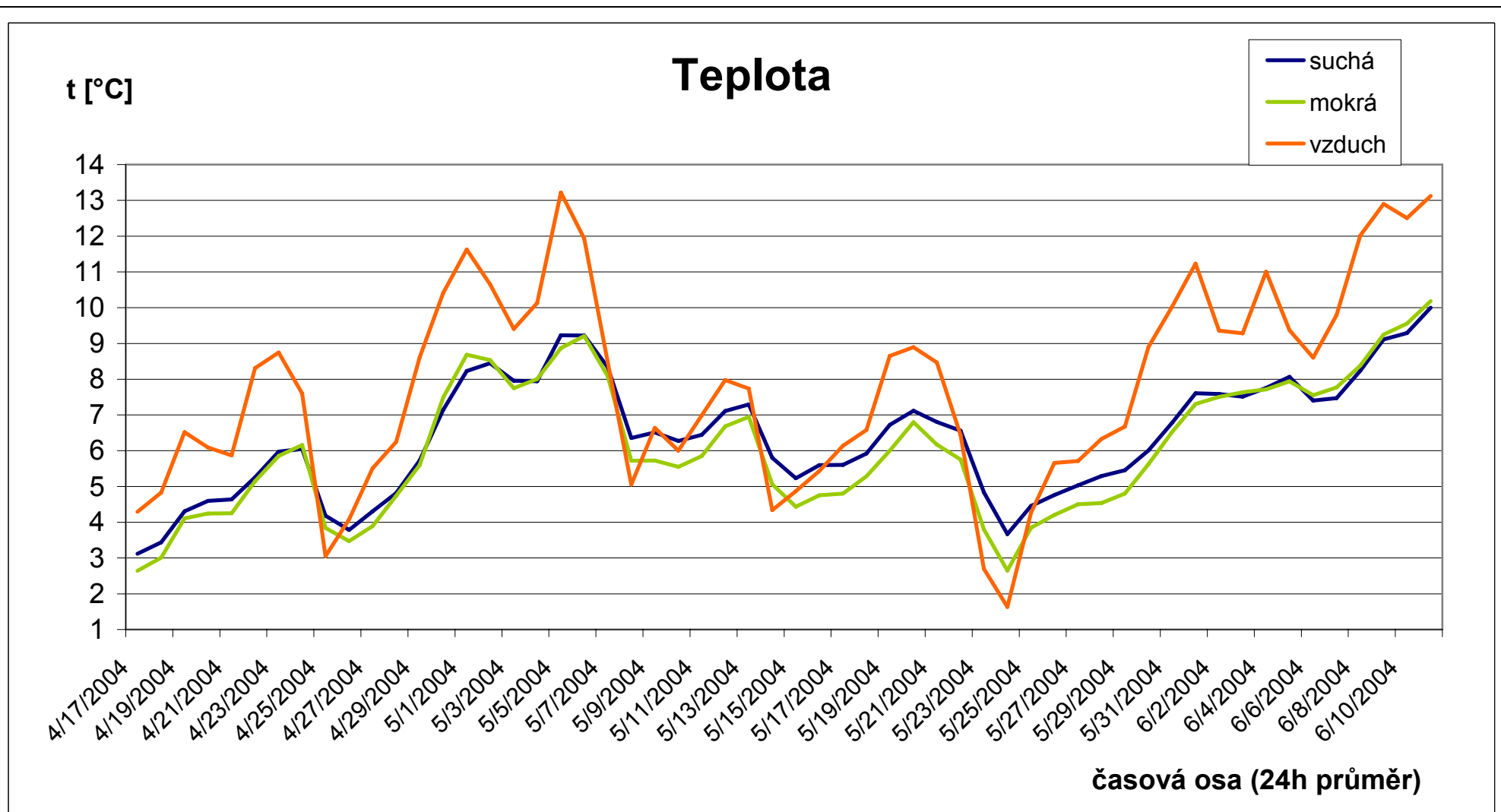
- SAIZ-JIMENEZ, C. (1997): Biodeterioration vs. Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. – *International Biodeterioration & Biodegradation* 40 (1-2): 225-232.
- SIEBERT, J.; HIRSCH, P.; HOFFMANN, B.; GLIESCHE, C. G.; PREISSL, K. & JENDRACH, M. (1996): Cryptoendolithic microorganisms from Antarctic sandstone of linnaeus terrace (Asgard range): Diversity, properties and interactions. – *Biodiversity and Conservation* 5 (11): 1337-1363.
- SIGLER, W. V.; BACHOREM R. & ZEYER, J. (2003): Molecular characterization of endolithic cyanobacteria inhabiting exposed dolomite in central Switzerland. - *Environmental Mikrobiology* 5 (7):618-627.
- SMITH, T.& PICCIN, T. (2004): Algal taxonomic survey of Zion National Park and Cedar Breaks National Monument, Utah, and Pipe Spring National Monument, Arizona. – *The Southwestern Naturalist* 49 (3): 395-417.
- SOUZA-EGIPSY, V.; WIERZCHOS, J.; SANCHO, C.; BELMONTE, A. & ASCASO, C. (2004): Role of biological soil crust cover in bioweathering and protection of sandstone in semi-arid landscape (Torrollones de Gabarda, Huesca, Spain). – *Earth Surface Process and Landforms* 29 (13): 1651-1661.
- TIAN, Y.; ZHANG J.; SONG, L. & BAO, H. (2004): The role of aerial algae in formation of the landscape of the Yunnan Stone Forest, Yunnan Province, China. – *Science in China* 47 (9): 846-864.
- TOMASELLI, L.; LAMENTI, G.; BOSCO, M. RINDI, F. & GUIRY, M. D. (2003): TIANO, P. (2000): Biodiversity of photosynthetic micro-organisms dwelling on stone monuments. – *International Biodeterioration & Biodegradation* 46: 251-258.
- UHER, B.; ABOAL, M. & KOVÁČIK, E. (2004): Cyanobaktérie a riasy an monumentoch a budovách v regióne Murcia (Španielsko).- *Bulletin Slovenskej Botanickej Spoločnosti* 10: 77-82.
- UHER, B. & KOVÁČIK, E. (2004): Epilitické cyanobaktérie a riasy v podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer.- *Bulletin Slovenskej Botanickej Spoločnosti* 10: 82-86.
- WELTON, R. G.; CUTHBERT, S. J.; MCLEAN R.; HURSTHOUSE A. & HUGHES, J. (2003): A preliminary study of the phycological degradation of natural stone masonry. – *Environmental Geochemistry and Health* 25: 139-145.
- WESSELS, D. C. J. & BÜDEL, B. (1995): Epilithic and Cryptoendolithic Cyanobacteria of Clarens Sandstone Cliffs in the Golden Gate Highlands National Park, South Africa. – *Botanica Acta* 108 (3): 220-226.

- WYNN-WILLIAMS, D. D.; EDWARDS, H. G. M. & GARCIA-PICHEL, F. (1999): Functional biomolecules of Antarctic stromatolitic and endolithic cyanobacterial communities. – *European Journal of Phycology* 34: 381-391.
- YOUNG, M. E. & URQUHART, D. C. M. (1998): Algal growth on building sandstone: effects of chemical stone cleaning methods. – *Quarterly Journal of Engineering Geology* 31: 315-324 Part 4.
- ZITTOVÁ-KURKOVÁ, J. (1984): Bryophyte communities in sandstone rocks in Bohemia. – *Preslia* 56: 125-152.

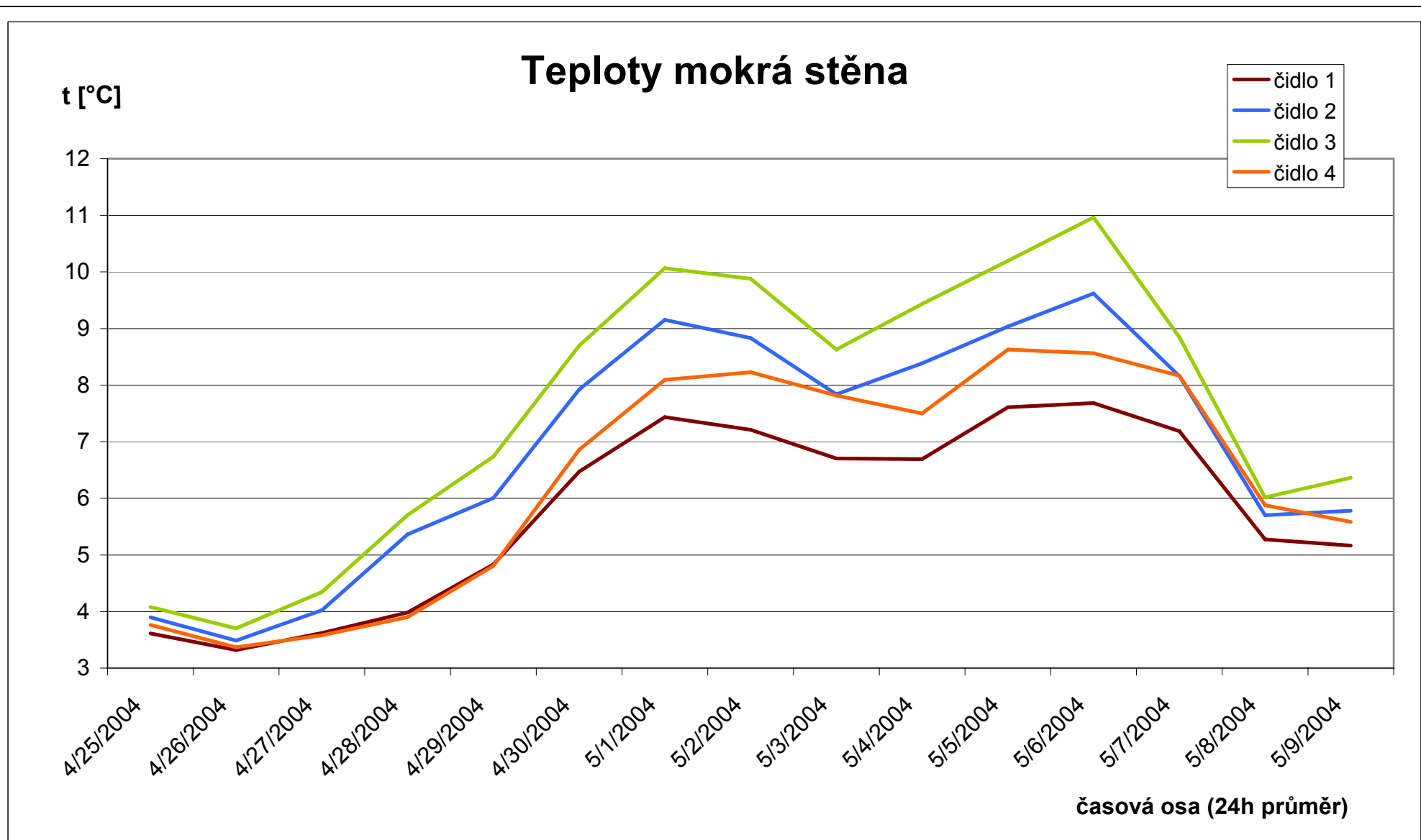
7. Přílohy



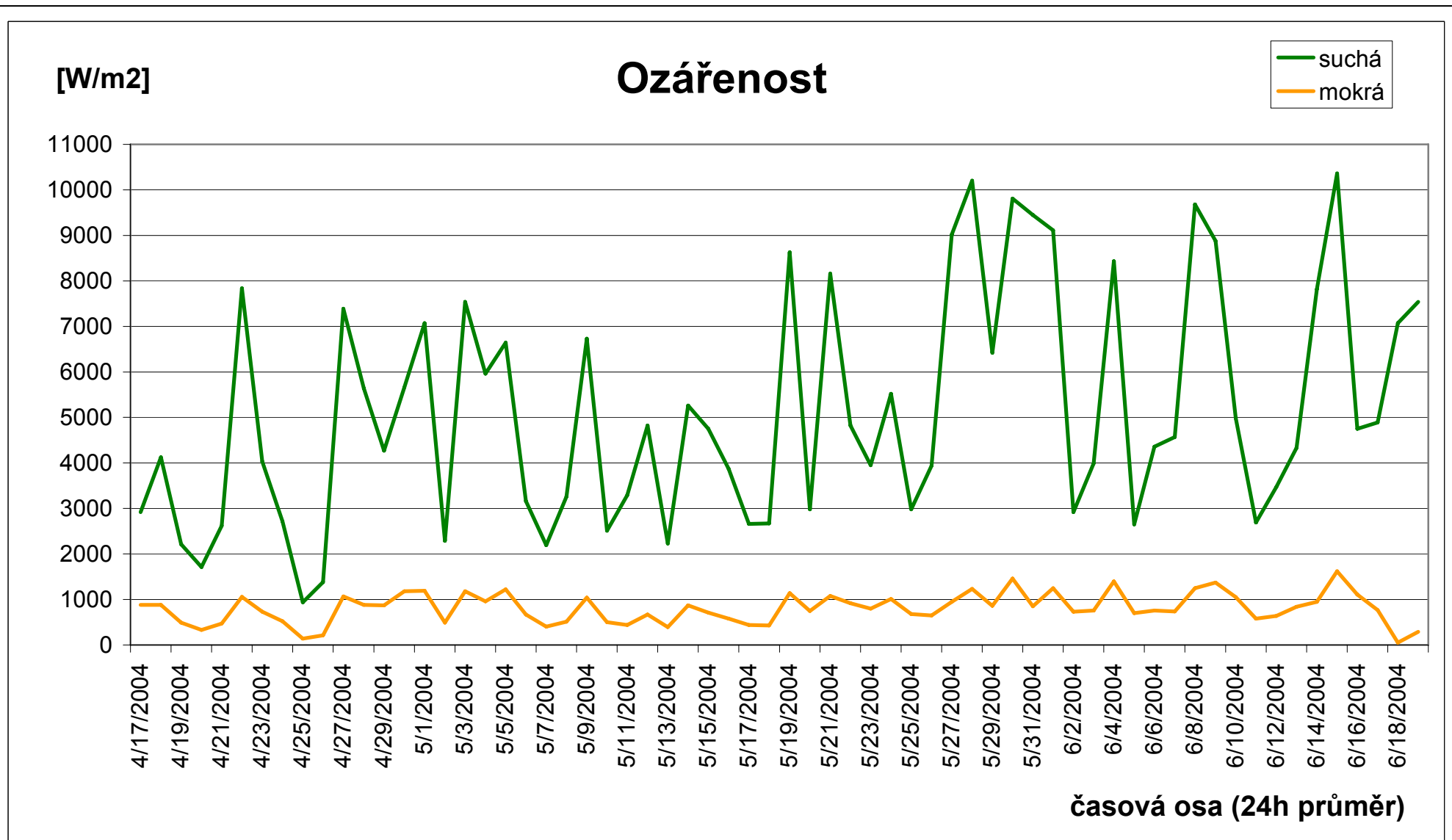
Obr. 1.
Poloha NPR Broumovské stěny



Graf 1. Teploty. Oranžová, nejvíce kolísající křivka přísluší teplotám vzduchu uprostřed rokle, modrá průměru 2 teplotních čidel na suché stěně a zelená průměru 4 čidel na mokré stěně. Křivky pro teploty povrchu protilehlých skalních stěn mají podobný průběh, na mokré stěně byly dle původního předpokladu naměřeny o něco nižší teploty (maximální rozdíl v sledovaném období je v denním průměru cca 1,5°C). Na křivce pro suchou stěnu nejsou v porovnání s křivkou pro stěnu mokrou patrné výraznější výkyvy ve směru maximálních hodnot, což by poukazovalo na její větší prohřívání během slunečných dnů. Křivka pro teploty vzduchu, měřené uprostřed rokle se od křivek teplot skalního povrchu zřetelně liší, dosahuje extrémních hodnot grafu.

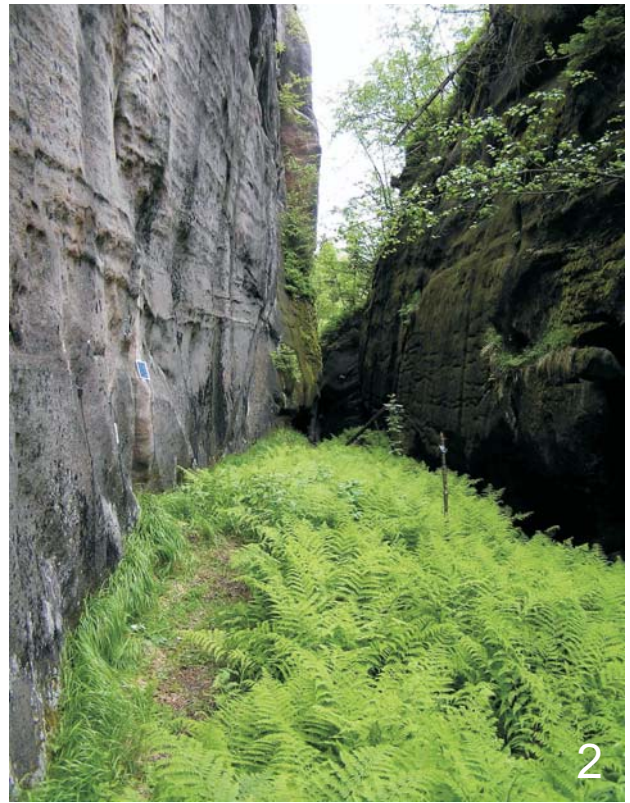


Graf 2. Teploty mokrá stěna. Hodnoty naměřené 4 teplotními čidly, umístěnými ve shodné výšce nad zemí a zdánlivě stejných abiotických podmínkách na mokré stěně, v časovém úseku od 25.4. do 9.5. 2004. Z grafu je patrné, že se průměrné teploty v některých dnech lišily i více než o 3°C. Pravděpodobně zde má vliv mikroklima jednotlivých míst.



Graf 3. Ozáření (radiace).

Oranžová linie přísluší hodnotám ozáření naměřeným na mokré stěně, zelená řádově vyšším hodnotám pro suchou stěnu. Zelená křivka mnohem více kolísá než křivka oranžová, což je způsobeno pravděpodobně vlivem počasí (zejména oblačnosti), který se projeví výrazněji na stěně vystavené přímým slunečním paprskům.



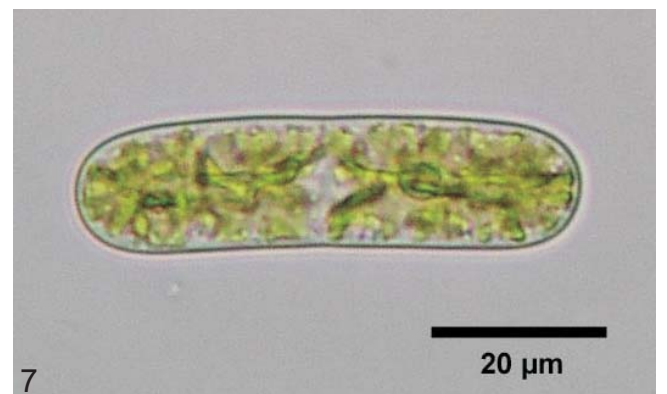
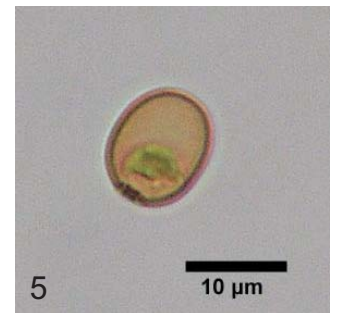
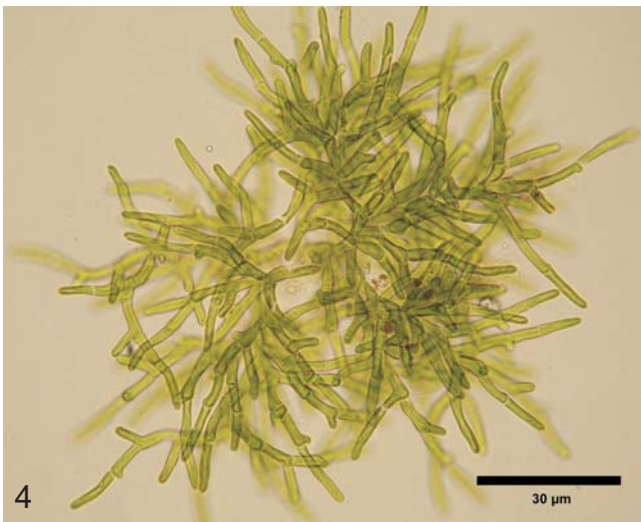
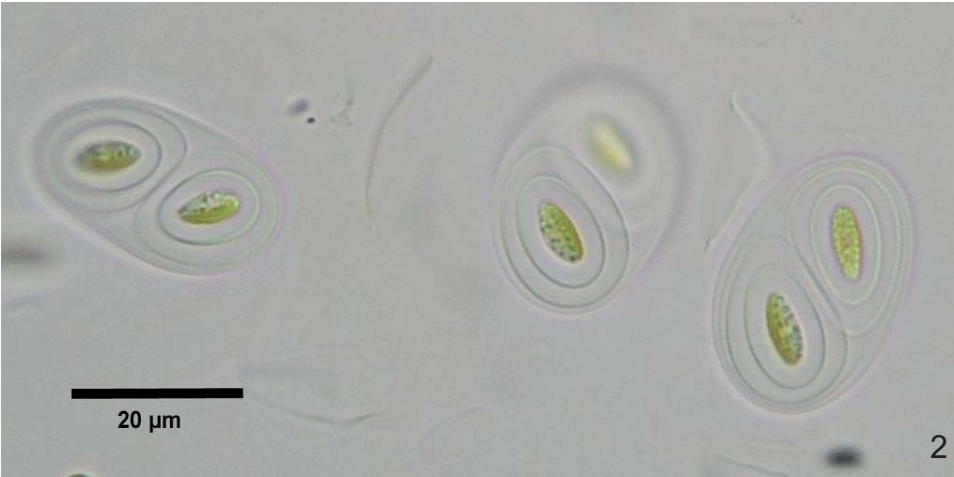
Tab.1.

1. Kapradinová rokle, duben 2005; 2. Kapradinová rokle, červen 2004; 3. Rozbité teplotní čidlo, červen 2004; 4. Umístění dataloggeru v Kapradinové rokli, zleva světelné čidlo, vlhkostní čidlo, anténa ke GSM modulu, box s dataloggerem, solární panel; 5. Makroskopické nárosty, Kapradinová rokle.



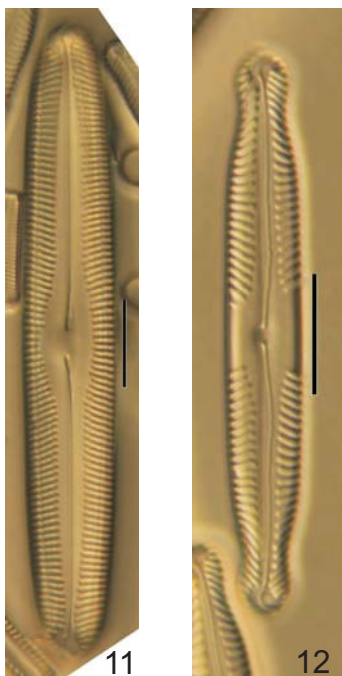
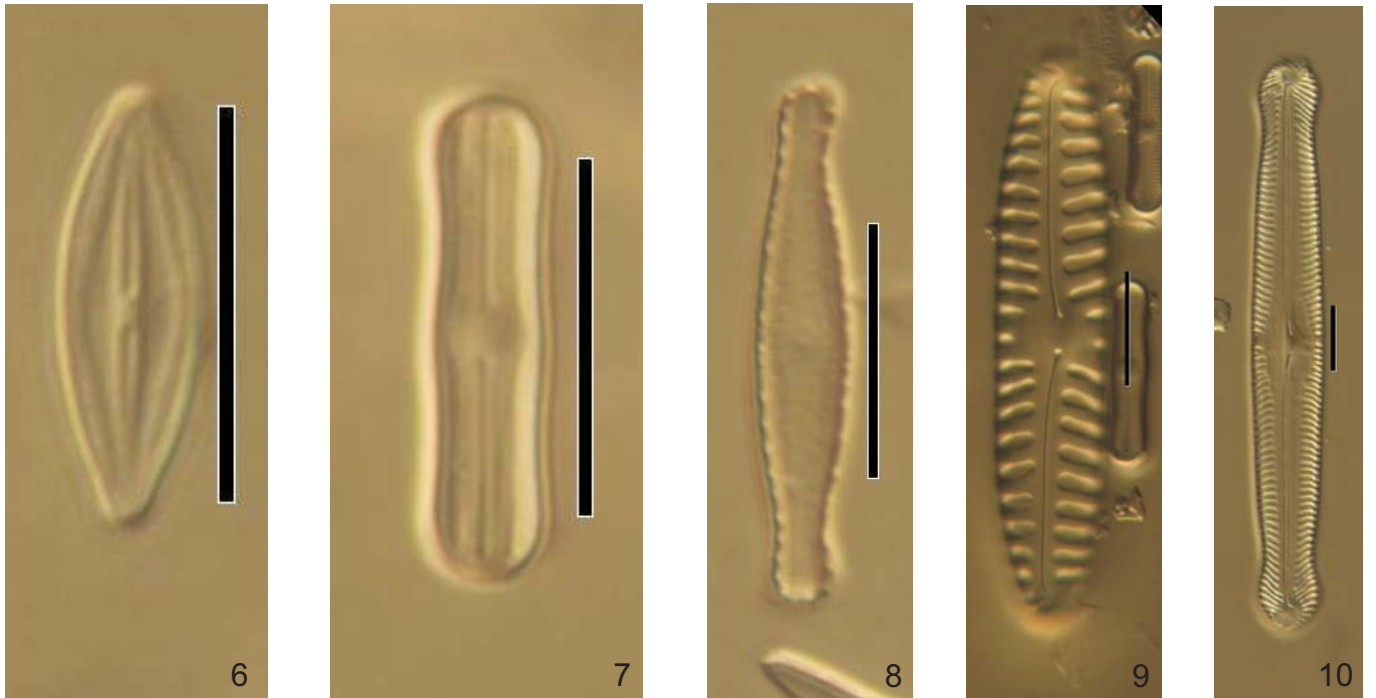
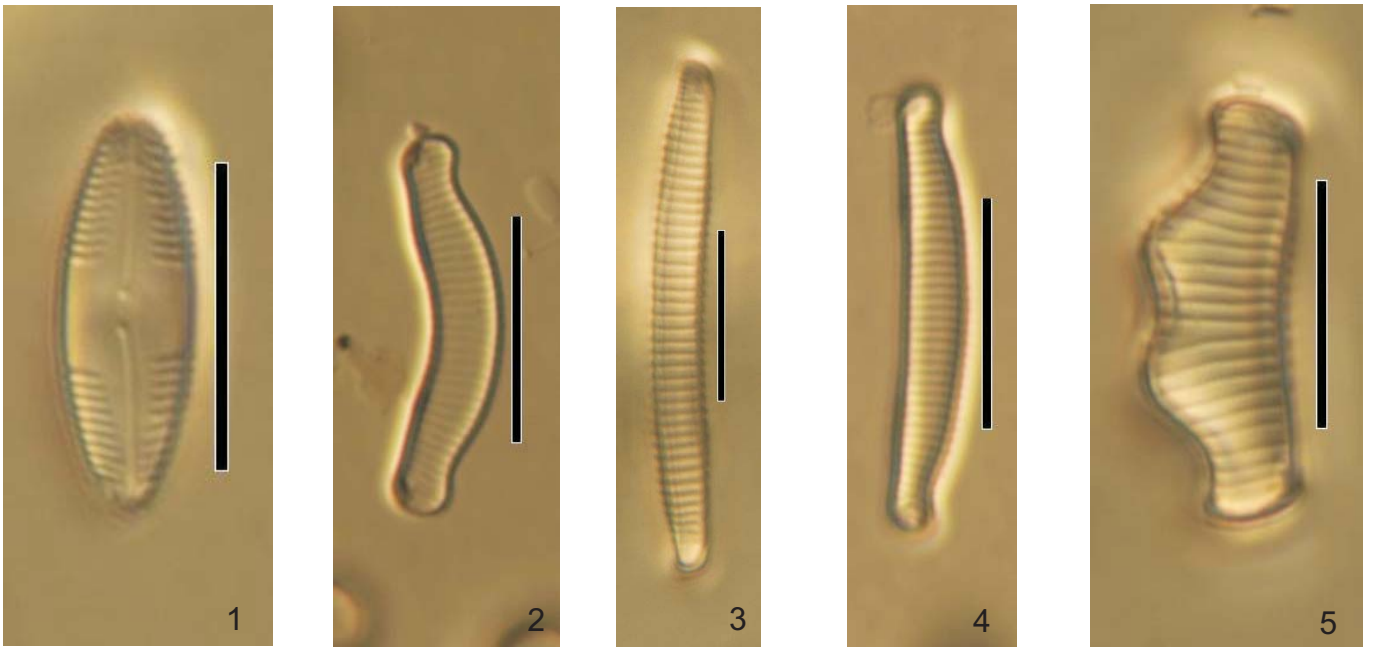
Tab. 2.

1. Mokrá stěna nad potokem, GPS 28; 2. Rašelinné kaluže, GPS 2; 3. Mokřina mezi skalami, GPS 35; 4. Rašelinná jezírka, GPS 6; 5. Vodopád, Hruškova rokle; 6. Vodopád, Hruškova rokle, detail.



Tab. 3.

1. *Closterium* sp., 2. *Dactylothece braunii*, 3. *Euglena* sp., 4. *Microthamnion strictissimum*, 5. *Trachelomonas oblonga*, 6. *Melosira varians*, 7. *Cylindrocystis brebissoni*.



Tab.4.

1. *Caloneis aerophila*. 2. *Eunotia exigua*, 3. *E. Glacialis*, 4. *E. paludosa*, 5. *E. praerupta* var. *bigibba*, 6. *Microcostatus krasskei*, 7. *Navicula contenta*, 8. *N. gallica* var. *laevissima*, 9. *Pinnularia borealis*, 10. *P. gibba*, 11. *P. rupestris*, 12. *P. Subcapitata* (foto. J.R. Johansen), úsečka představuje 10 μ m.