

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

Řasy a sinice Chýnovské a Koněpruských jeskyní

Bakalářská práce

Michaela Wipplingerová

Školitel: prof. RNDr. Jan Kaštovský, Ph. D.

České Budějovice 2023

Wipplingerová, M., 2023: Řasy a sinice Chýnovské a Koněpruských jeskyní. [Algae and cyanobacteria from Chýnov and Koněprusy caves. Bc. Thesis, in Czech.] – 55 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation

Algae and cyanobacteria were studied in two show caves (Chýnov cave, Koněprusy cave) in the Czech republic. Taxa were identified morphologically using cultivation and subsequent light microscopy. The study includes a checklist of taxa formerly found in caves and checklist of taxa found in the current survey.

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích, 11. 4. 2023

Michaela Wipplingerová

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat Správě jeskyní České republiky za umožnění výzkumu v jeskyních, neboť bez toho by tato práce nikdy nemohla vzniknout. Děkuji tedy konkrétně panu Františkovi Krejčovi ze správy Chýnovské jeskyně a panu Alexandrovi Komaškovi ze správy Koněpruských jeskyní za ochotu spolupracovat a za vstřícnost při odběrech vzorků. Dále bych chtěla poděkovat Pavlovi Škaloudovi za pomoc s determinací nalezených organismů.

Děkuji svému školiteli Hanysovi Kaštovskému za cenné rady a připomínky k mojí bakalářské práci, pomoc s determinací a za to, že mě podpořil v mojí obsesi jeskyněmi.

Dík patří i dalším lidem z algologické laboratoře – Pepovi Juráňovi za rady s kultivacemi, Tomášovi Hauerovi za podnětné připomínky na seminářích a také za rady ohledně studijních povinností. Všem ostatním za to, že tvoříte laborku takovou, jaká je. Děkuji také Járovi Kubínovi a Klárce Bečkové za velkou morální podporu při dopisování této práce.

V neposlední řadě děkuji rodině a přátelům za to, že vydrželi moje neustálé žvanění o malých zelených kuličkách a za trpělivost, když jsem se sebrala a prostě zmizela do podzemí.

Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Kras	1
1.2	Jeskyně jako geologický fenomén.....	1
1.2.1	Jeskyně v České republice	2
1.3	Podmínky v jeskyních a jejich dopad na fototrofní organismy	2
1.3.1	Teplota.....	2
1.3.2	Voda	2
1.3.3	Světlo	3
1.4	Lampenflóra	3
2	Metodika	19
2.1	Lokality	19
2.1.1	Chýnovská jeskyně	19
2.1.2	Koněpruské jeskyně	19
2.2	Odběr vzorků	20
2.3	Kultivace	23
2.4	Determinace.....	23
3	Výsledky	24
3.1	Chýnovská jeskyně.....	24
3.2	Koněpruské jeskyně	24
3.3	Sukcese v průběhu sezóny	28
3.4	Porovnání Chýnovské a Koněpruských jeskyní	29
3.5	Morfologické popisy jednotlivých určovaných taxonů	29
3.5.1	Cyanobacteria.....	29
3.5.2	Ochrophyta – Bacillariophyceae	31
3.5.3	Ochrophyta – Xanthophyceae	32
3.5.4	Chlorophyta – Chlorophyceae	32
3.5.5	Chlorophyta – Trebouxioophyceae	33
3.5.6	Streptophyta – Klebsormidiaceae	34
3.5.7	Euglenida.....	35
4	Diskuse.....	40
4.1	Řasové a sinicové taxony nalezené v jeskyních	40
4.2	Porovnání flóry Chýnovské a Koněpruských jeskyní	43
4.3	Morfotyp nalezených taxonů	44
5	Závěr	45
6	Použité zdroje.....	46

1 Úvod

1.1 Kras

Kras je oblast, kde je geologické podloží rozpustné ve vodě – jedná se o podloží z vápenců, mramorů nebo sádrovce. Díky rozpouštění a následnému srážení těchto hornin vzniká krajina se škrapy, propady a závrtty, a hlavně vznikají velké podzemní prostory – jeskyně, obsahující speleotémy – to jest znovu vysrážené horniny obvykle v podobě stalaktitů a stalagmitů či krystalů (Ford a Williams, 2007).

Ačkoliv krasové území pokrývá asi 20 % suchozemského nezaledněného povrchu Země, jednotlivá krasová území mohou být velmi různého rozsahu, přičemž více těchto území je na severní polokouli (Ford a Williams, 2007). Goldscheider et al. (2020) ve své práci zmiňují, že asi 133 467 000 km² suchozemského povrchu Země je tvořeno uhličitánovými horninami, tudíž potenciálním krasovým územím, z toho asi 10 milionů km² je v Evropě. Zemí s největším krasovým územím (2,54 milionů km²) je Čína (Goldscheider et al., 2020). Největší krasová oblast na světě je pravděpodobně australský Nullarbor Plain s rozlohou 200 000 km² (Jennings, 1971).

1.2 Jeskyně jako geologický fenomén

Jeskyně vznikají jako jeden z krasových jevů. Zpravidla jsou modelovány vodou, která, když vtéká do krasového území, rozpouští horninu a mizí do podzemí. Zde se tvoří podzemní prostory – hlavním principem jejich vzniku je rozpouštění hornin ve vodě. Jak se voda dostává hlouběji a hlouběji do podzemí, vznikají spodnější patra jeskynních systémů a ta horní se ocitají bez vody. Vzniká tak senilní úroveň jeskyní. Tudíž patra nejbližší povrchu jsou nejstarší, spodní, kde často stále najdeme aktivní tok, bývají naopak geologicky nejmladší. I pokud se v jeskyni aktivní tok již nenachází, je jisté (až na některé výjimky), že zde kdysi vodní tok byl (Stehlík a Kinský, 1953).

Některé jeskyně jsou však tvořeny pseudokrasovými jevy, což znamená, že vznikají nikoliv rozpouštěním a srážením horniny, ale mechanicky (převážně erozí), protože jsou tvořeny ve vodě nerozpustnými horninami, např. pískovcem, břidlicí, rulami, sprašemi a dalšími. Mezi pseudokrasové jeskyně také řadíme ledové nebo lávové jeskyně (Zajíček, 2010; Ford a Williams, 2007; Kosznik-Kwaśnicka et al., 2022).

Jeskyně různého rozsahu můžeme nalézt v každém krasovém území, tudíž po celém světě. Celkový počet jeskyní je těžké určit, tato hodnota se mění každým rokem, a zároveň je

problematické určit parametry vymezující jeskyni kvůli odlišným definicím různých autorů (Ford a Williams, 2007; Goldscheider et al., 2020).

Nejdéle jsou zkoumané evropské jeskyně, především ty v oblasti Středozevního moře. Zkoumali je již starověcí Asyřané (ca 1000 let př. n. l.) a dnes se jedná o patrně nejlépe prozkoumanou krasovou oblast na světě (Ford a Williams, 2007).

1.2.1 Jeskyně v České republice

V České republice je okolo 4 000 jeskyní, z toho 14 jeskynních systémů je zpřístupněno veřejnosti. Největším krasovým územím v České republice je Český kras ve Středočeském kraji, avšak nejbohatší, co se krasových jevů týče, je Moravský kras v Jihomoravském kraji. Po celé republice pak jsou různé drobné krasové oblasti spíše menšího rozsahu (Zajíček, 2010).

Jeskynní systémy v České republice jsou obvykle tvořeny devonskými vápenci, ojediněle pak vápenci jurskými (Morava a Slezsko). Některá území prošla metamorfózou hornin, a nalezneme v nich proto krystalické vápence neboli mramory (Zajíček, 2010).

Všechny podzemní prostory v České republice jsou chráněny Zákonem o ochraně přírody a krajiny (114/1992 Sb.).

1.3 Podmínky v jeskyních a jejich dopad na fototrofní organismy

1.3.1 Teplota

V jeskyních je teplota obvykle stálá po celý rok, případně s mírnými výkyvy způsobenými různým prouděním vzduchu v jeskynních komplexech. Teplota ve většině jeskyní v České republice se pohybuje mezi 5-10 °C, teplejší jsou Zbrašovské aragonitové jeskyně, které dosahují teploty až 15 °C díky teplým minerálním pramenům, které tyto jeskyně vytváří (Zajíček, 2010).

Jaký vliv má konstantní teplota na mikroorganismy, není dosud zcela známo, lze však předpokládat, že absence extrémních teplot má za následek menší působení stresorů na organismy (Zhu et al., 2022). O to větší je pak vliv turistiky ve zpřístupněných jeskyních a s ním souvisejících změn teplot (Fernandez-Cortes et al., 2011).

1.3.2 Voda

Obecně je v českých jeskyních vysoká vzdušná vlhkost, pohybuje se mezi 90 a 100 %. Takto vysoká vlhkost je způsobena všudypřítomností vody v jeskyních – jsou zde jak podzemní toky, tak i voda prosakující horninami od povrchu. Hydrologie jeskyní je velmi důležitá,

je to hlavní síla formující jeskyně. Některé jeskyně nebo jejich části (obvykle horní patra) jsou však již bez vodního toku, a tedy suchá a neaktivní. Tyto jeskyně se již nemohou dále rozšiřovat, dokud se vodní tok neobnoví (Ford a Williams, 2007; Zajíček, 2010).

Vysoká vzdušná vlhkost je jedním z faktorů, které jsou pro sinice a řasy výhodné až nezbytné při osidlování jeskyní (Zhu et al., 2022). V některých jeskyních se nacházejí i přímo vodní biotopy, které představují další potenciální habitat pro organismy – mohou tak zde žít jiné druhy sinic a řas, než půdní nebo aerické (Külköylüoğlu et al., 2014).

1.3.3 Světlo

Světelný režim má velký vliv na jeskynní prostředí. Rozlišujeme tři hlavní světelné zóny – portál jeskyně, zóna přitímní/šera a zóna úplné tmy. Portál jeskyně je na denním světle a fungují zde procesy jako střídání dne a noci, střídání ročních období, kolísání teploty a přímý kontakt s organismy z okolního prostředí. Zóna šera je přechodná oblast, která je, obdobně jako portál, ovlivňována vnějším prostředím (Lee et al., 2012).

Zóna úplné tmy je pak zcela odlišná od předchozích. Je zde stálá teplota a kvůli nedostatku světla zde neprobíhá fotosyntéza. Primární produkce je tak omezena na chemolitotrofní organismy. Spolu s limitovaným allochtonním přísunem živin to činí z těchto míst oligotrofní prostředí (Lee et al., 2012; Kosznik-Kwaśnicka et al., 2022).

Tmě se musely přizpůsobit organismy, které jeskyně trvale obývají – troglobionti. Největší výzva je to však pro fototrofní organismy – bez světla mohou jen obtížně přežít. V přirozených jeskynních systémech se fotosyntetické organismy nacházejí pouze v zóně portálu a šera (Lamprinou et al., 2014). Přestože některé druhy byly nalezeny ve velice hlubokých částech jeskyní, patrně dosud nebyly nikdy nalezeny ve zcela tmavých částech, protože pro přežití potřebují alespoň minimální přísun světla (Friedmann, 1979; Mulec a Kosi, 2009).

1.4 Lampenflóra

Pokud se jedná o veřejnosti zpřístupněné části jeskyně, temná zóna zde v podstatě zaniká. Důvodem je umělé osvětlení, které je instalováno na návštěvnické trase a které dělá návštěvu jeskyně pro turisty atraktivnější a bezpečnější (Mulec a Kosi, 2009). Tyto poměrně intenzivní zdroje světla mění jeskynní prostředí – v okolí lamp kromě radikální změny světelného režimu zvyšují i teplotu a snižují jinak vysokou vzdušnou vlhkost (Vegh, 1989; Mulec 2005). Světlo dává šanci fototrofům – hlavně řasám a sinicím, často ale také mechům či kapradinám – tzv. „lampenflóre” (Dobát, 1963).

Ačkoliv termín lampenflóra pochází z němčiny („die Lampe” a „die Flora”), stal se z něj v průběhu času všeobecně používaný termín, a to jak v češtině, tak v angličtině (Mulec, 2019).

Tito fototrofové žijící v blízkosti lamp jsou primárními producenty, na jejichž produkci je založen celý ekosystém s druhy, které mohou, ale nemusí, být do jeskyně dovečeny z povrchu. Zpřístupnění jeskyně turistům má za následek vznik nového distribučního vektoru, a to jak mikroorganismů, tak živin. Kromě tohoto vlivu na biodiverzitu jeskyně má intenzivní turistika za následek také kolísání teploty, vlhkosti a koncentrace CO₂, které jsou jinak – bez návštěv turistů – velice stabilní (Dobát 1970; Lee et al., 2012; Lamprinou et al., 2014; Mais, 2004; Mulec, 2014; Vegh, 1989).

Lampenflóra se objevuje nejen v přímém okolí světla na chodnících, stěnách jeskyní a dalším technickém vybavení jeskyně, ale také ve větší vzdálenosti na speleotémech. Tyto estetické objekty jsou totiž často nasvíceny reflektory, aby byly pro návštěvníky jeskyní dobře viditelné. Zásadním problémem nárůstů je jejich metabolismus – vypouštějí do svého okolí organické kyseliny, které reagují s vápencem a tím poškozují substrát, na kterém rostou. Dochází tak k nevratnému poškození speleotémů či jeskynních maleb (Lamprinou et al., 2014; Mulec, 2014). Některé jeskyně, např. Altamira ve Španělsku či Lascaux ve Francii, se musely pro veřejnost zcela uzavřít, aby se zabránilo růstu lampenflóry, která ničila nejen speleotémy, ale v tomto případě i staré kulturně významné jeskynní malby (Bastian et al., 2010; Mulec, 2014).

Nárostová společenstva je tedy potřeba odstraňovat, a to nejrozličnějšími chemickými či mechanickými postupy (Mulec a Kosi, 2009). Jejich účinnost se liší v různých jeskyních a v různých provedeních, nejvíce používaný postup je aplikace peroxidu vodíku (Mulec, 2014). Jako prevence byly zkoušeny různé typy osvětlení s omezeným světelným spektrem, avšak jako účinná prevence se ukázalo pouze zelené či modré monochromatické světlo (Roldán et al., 2006; Albertano et al., 2005; Mulec a Kosi, 2009).

Lampenflóra byla poprvé studována v rakouských jeskyních na začátku 20. století (Kyrle, 1923; Morton a Gams, 1925). Jeskynní biota se začala intenzivněji zkoumat na konci dvacátého století, kdy došlo k rozvoji speleologické techniky a zároveň začalo být možné používat molekulární metody a odhalit tak i organismy, které nelze zachytit přímým pozorováním či kultivací. Díky tomu se zvýšil zájem o zkoumání organismů žijících v jeskyních, neboť se to stalo snáze proveditelným (Lee et al., 2012). Výzkumy se často zabývají bezobratlými živočichy či mikrobiálními společenstvy (Arroyo et al., 1997; Tuf et al., 2008; Bastian et al., 2010; Rooney et al., 2010; Saiz-Jimenez, 2012; Moldovan et al., 2020). Pokud jde o fototrofy,

tak se výzkum zabývá především floristikou jeskyní či jednotlivými izoláty jeskynních řas a sinic, které pak slouží k dalším, především fyziologickým, studiím. Zajímavé je pak porovnání různých typů substrátů jeskyní, které očividně ovlivňuje složení mikrobiálního společenstva nárostů (Krumbein, 1987; Kováčik, 2000).

Biodiverzita lampenflóry je odlišná od biodiverzity jeskynních portálů. Zatímco převážnou složkou portálové bioty jsou sinice, v lampenflóře uvnitř jeskyní to bývají zelené řasy, sinice, rozsivky a mechy, jejichž poměr a přesné složení se v různých jeskyních může lišit (Aley, 2004; Grobbelar, 2000; Mulec et al., 2008; Mulec a Kosi, 2009). Tato odlišnost není až tolik překvapivá, vezmeme-li v potaz rozdílnost prostředí portálů jeskyní a samotných temných (byť antropogenně osvětlených) částí jeskyní (viz výše).

Probádanost lampenflóry jeskyní není příliš vysoká, ač poslední dobou roste o toto společenstvo vědecký i praktický zájem – především kvůli potřebě likvidovat nevzhledné nárosty, které poškozují speleotémy, či kvůli objevování nových druhů (Popović et al., 2019). Nejvíce jsou prozkoumány evropské jeskyně (Mason-Williams, 1966; Komáromy et al., 1985; Hernández-Mariné a Canals, 1994; Kaštovský, 1995; Dvornyk a Nevo, 2004; Fiamon et al., 2003; Šramková a Kováčik, 2005; Pouličková a Hašler, 2007; Mulec a Kosi, 2008; Mulec et al., 2008; Pouličková, 2008; Martínez a Asenico, 2010; Czerwick a Mrozinska, 2011; Zucconi et al., 2012; Falasco et al., 2015; Popović et al., 2015; Popović et al., 2017; Popović et al., 2019; Nikolic et al., 2020), především pak jeskyně v oblasti mediteránu, které jsou početné a dlouho známé (Friedmann, 1964; Friedmann, 1978; Hernández-Mariné et al., 1999; Antonopolou et al., 2002; Hoffmann a Gugger, 2003; Roldán et al., 2004; Lamprinou et al., 2009; Roldán a Hernández-Mariné, 2009; Urzi et al., 2010; Asencio a Aboal, 2011; Lamprinou et al., 2011; Lamprinou et al., 2012a; Lamprinou et al., 2012b; Lamprinou et al., 2013a; Lamprinou et al., 2013b; Roldán et al., 2013; Lamprinou et al., 2016; Borrego-Ramos et al., 2019). Několik studií je i z Ameriky (Friedmann, 1979; Lauriol et al., 2006; Azua-Bustos et al., 2009; Lundberg et al., 2010) či Asie (Külköylüoğlu et al., 2014; Abdullin a Bagmet, 2015). V následujících tabulkách jsou uvedeny výše zmíněné studie spolu s místem výzkumu (tab. 1) a dále konkrétní nalezené taxony ve výše zmíněných pracích (tab. 2).

Tab. 1: Seznam prací zabývajících se jeskynnými sinicemi a řasami. Uvedená čísla odpovídají číslům v tabulce 2. Zároveň jsou uvedeny i lokality, kde byl výzkum prováděn.

	citace článku	lokality
EVROPA		
1	Czerwick-Marcinkowska a Mrozińska, 2011	Polsko, jeskyně polské jury
2	Czerwick-Marcinkowska et al., 2015	Polsko, Ojców NP
3	Dvornyk a Nevo, 2003	Izrael, Arubotaim Cave
4	Fiamon et al., 2003	CZ, Kateřinská jeskyně
5	Falasco et al., 2015	Itálie, jeskyně Bossea
6	Hernandez-Mariné a Canals, 1994	Španělsko, pits in Garraf
7	Hůlková, 2018	CZ, Moravský kras
8	Kaštovský, 1995	CZ, Javoříčská jeskyně, Mladečské jeskyně
9	Komáromy et al., 1985	Maďarsko, Anna-barlang
10	Martínez a Asenico, 2010	Španělsko, Gelada cave
11	Mason-Williams, 1966	Wales, jeskyně jižního Walesu
12	Mulec a Kosi, 2008	Slovinsko, jeskyně Račiške ponikve
13	Mulec et al., 2008	Slovinsko, 8 veřejnosti přístupných jeskyní
14	Nikolic et al., 2020	Srbsko
15	Popović et al., 2015	Srbsko, jeskyně Bozana
16	Popović et al., 2017	Srbsko, jeskyně Ribnička, Hadži Prodanova, Rčanska
17	Popović et al., 2019	Srbsko, jeskyně Degurić
18		Srbsko, jeskyně Vernjikica
19	Pouličková, 2008	CZ, jeskyně Podkova (Mladečský kras)
20	Pouličková a Hašler, 2007	CZ, Mladečská jeskyně
21		CZ, Javoříčská jeskyně
22		CZ, Zbrašovské aragonitové jeskyně
23		Slovensko, 6 veřejnosti zpřístupněných jeskyní
24	Zucconi et al., 2012	Itálie, jeskyně Holy Saviour
MEDITERÁN		
25	Antonopolou et al., 2002	Řecko, jeskyně Koutouki
26	Asencio a Aboal, 2011	Španělsko, jeskyně Vapor
27	Borrego-Ramos et al., 2019	Španělsko, jeskyně Valporquero
28	Friedmann, 1964	Izrael, Arubotaim Cave
29	Friedmann, 1978	Izrael, Florida
30	Hernández-Mariné et al., 1999	Španělsko, jeskyně El Vapor
31	Hoffmann a Gugger, 2003	Španělsko, jeskyně El Vapor
32	Lamprinou et al., 2009	Řecko, jeskyně Leontari, Attica
33	Lamprinou et al., 2011	Řecko – jeskyně Koutouki, Španělsko – jeskyně Kastria
34	Lamprinou et al., 2012 a	Řecko – Kastria, Selinita, Franchi caves
35	Lamprinou et al., 2012 b	Řecko, jeskyně Franchi
36	Lamprinou et al., 2013 a	Řecko, veřejnosti přístupná jeskyně Diktaion Andron
37	Lamprinou et al., 2013 b	Řecko, jeskyně Franchi, Argolis, Selinita
38	Lamprinou et al., 2016	Řecko, jeskyně Vlychada
39	Roldán et al., 2004	Španělsko, jeskyně Papellona
40		Španělsko, jeskyně Corral Nou
41		Španělsko, jeskyně Puigmoltó
42	Roldán et al., 2013	Španělsko, veřejnosti zpřístupněná jeskyně Collbató
43	Roldán a Hernández-Mariné, 2009	Španělsko, jeskyně Zuheros
44		Španělsko, jeskyně Nejra
45		Španělsko, veřejnosti zpřístupněná jeskyně Collbató
46	Urzi et al., 2010	Španělsko, Cueva de los Murciélagos
ZBYTEK SVĚTA		
47	Azua-Bustos et al., 2009	Chile, poušť Atacama, jeskyně Coastal
48	Lundberg et al., 2010	Venezuela
49	Smith a Olson, 2007	Kentucky, jeskyně Mammoth
50	Trinh et al., 2018	SW Asia, tropické jeskyně
51	Vuuren et al., 2019	Jižní Afrika, jeskyně Skilpad
52		Jižní Afrika, jeskyně Bushmen
53	Külköylüoğlu et al., 2014	Turecko

Tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

	CENTRÁLNÍ EVROPA	MEDITERÁN	ZBYTEK SVĚTA
Cyanobacteria			
<i>Amorphonostoc paludosum</i>		40	
<i>Anabaena</i> sp.	9		51, 52
<i>Anabaena inaequalis</i>	11		52
<i>Anabaena oscillarioides</i>	1, 2		
<i>Anathece smithii</i>		41	
<i>Aphanocapsa</i> sp.	12, 15, 16, 17, 18		
<i>Aphanocapsa biformis</i>	13		
<i>Aphanocapsa elachista</i>		34	
<i>Aphanocapsa fuscolutea</i>	12, 13, 15	34	
<i>Aphanocapsa grevillei</i>	11	34	
<i>Aphanocapsa muscicola</i>	7, 12, 13, 15, 16, 17	32, 34	49
<i>Aphanocapsa parietina</i>	1, 2, 7, 13, 16, 20, 21	34, 43, 46	
<i>Aphanocapsa rivularis</i>	16		
<i>Aphanothece</i> sp.	7, 15, 16		51, 52
<i>Aphanothece bullosa</i>	17, 18		
<i>Aphanothece castagnei</i>	7	34	
<i>Aphanothece microscopica</i>		34	
<i>Aphanothece pallida</i>	7	34	
<i>Aphanothece rubra</i>		34	
<i>Aphanothece rufescens</i>		34	
<i>Aphanothece saxicola</i>	10, 12, 15, 16, 18	34, 40	49
<i>Aphanothece stagnina</i>		34	
<i>Asterocapsa</i> sp.	17	32, 34, 40	
<i>Asterocapsa aerophytica</i>		34	
<i>Asterocapsa divina</i>	10	34	
<i>Asterocapsa jilinica</i>		34	
<i>Asterocapsa purpurea</i>	17		
<i>Asterocapsa sinica</i>		34	
<i>Borzia</i> sp.	12		
<i>Borzia trilocularis</i>	12		
<i>Calothrix</i> sp.		34	51, 52
<i>Calothrix fusca</i>	1, 2, 22	34	
<i>Calothrix parietina</i>	1, 2	34, 40	
<i>Coleodesmium</i> sp.		34	
<i>Coleofasciculus chthonoplastes</i>		34	
<i>Cyanobacterium cedrorum</i>	10		
<i>Cyanosaccus</i> sp.	10		
<i>Cyanosaccus aegeus</i>	10		
<i>Cyanosaccus atticus</i>	10		
<i>Cyanosarcina</i> sp.	1	34	
<i>Cyanosarcina burmensis</i>		34	
<i>Cyanosarcina parthenonensis</i>	7	34, 39, 40, 43, 46	
<i>Cyanosarcina spectabilis</i>		34	
<i>Cyanostylon microcystoides</i>	10		
<i>Cyanothece aeruginosa</i>	7, 11, 16, 17	34	49
<i>Desmonostoc muscorum</i>	11		49
<i>Droutiella lurida</i>		32, 34, 43, 46	
<i>Eucapsis</i> sp.	16, 17, 18	34	
<i>Eucapsis aphanocapsoides</i>		34	
<i>Eucapsis minor</i>		34	

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Eucapsis parallelepipedon</i>		34	
<i>Eucapsis terrestris</i>		34	
<i>Geitleria calcarea</i>		28, 29, 39, 40, 41	
<i>Geitleria floridana</i>		29	
<i>Gloeobacter violaceus</i>	11, 16, 17	34, 40	
<i>Gloeocapsa</i> sp.	1, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 22	43, 46	51, 52
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>	7, 16, 20, 21, 22		49
<i>Gloeocapsa alpina</i>	1, 2, 7, 16, 17, 21	46	
<i>Gloeocapsa arenaria</i>	9		
<i>Gloeocapsa atrata</i>	7, 12, 13, 15, 16, 17, 18	34	
<i>Gloeocapsa biformis</i>	1, 2, 7, 10, 15, 16, 17, 18	32, 34	
<i>Gloeocapsa bituminosa</i>	7, 13	34	
<i>Gloeocapsa caldariorum</i>		34	
<i>Gloeocapsa compacta</i>	15, 16, 17		
<i>Gloeocapsa decorticans</i>	1, 2	34	
<i>Gloeocapsa gelatinosa</i>		40	
<i>Gloeocapsa haematodes</i>	16		
<i>Gloeocapsa keutzingiana</i>	18	34	
<i>Gloeocapsa nigrescens</i>	7, 10, 17, 18		
<i>Gloeocapsa novacekii</i>	7, 10, 16	40	
<i>Gloeocapsa punctata</i>	2, 9, 12, 13, 15, 17, 18	34	
<i>Gloeocapsa reicheltii</i>	16, 17, 18		
<i>Gloeocapsa rupestris</i>	12, 13, 16		
<i>Gloeocapsa rupicola</i>	1, 2, 15		
<i>Gloeocapsa sanguinea</i>	2, 16, 17		
<i>Gloeocapsa violacea</i>	7, 15, 16		
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.	12	34, 46	
<i>Gloeocapsopsis chroococcoides</i>	7		
<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i>		34	
<i>Gloeocapsopsis cyanea</i>		34	
<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i>	7, 15		
<i>Gloeocapsopsis magma</i>	1, 2, 11	43, 45	
<i>Gloeocapsopsis pleurocapsoides</i>	7	34	
<i>Gloeotheca</i> sp.	1, 9, 21		
<i>Gloeotheca confluens</i>	9, 17		
<i>Gloeotheca cyanochroa</i>	15		
<i>Gloeotheca fuscolutea</i>	7, 17	34	
<i>Gloeotheca palea</i>	2, 12, 15, 20	32, 34	
<i>Gloeotheca rupestris</i>	7, 16	34, 39, 40, 41	
<i>Gloeotrichia</i> sp.			53
<i>Hapalosiphon</i> sp.	1		
<i>Hassalia byssoidea</i>	15	32, 34	
<i>Herpyzonema pulverulentum</i>	6	34, 39	
<i>Heteroleibleinia</i> sp.			53
<i>Heteroscytonema crispum</i>		39	
<i>Hydrocoleum homeotrichum</i>		34	
<i>Hydrocoleum stankovicii</i>		34	
<i>Chalicogloea cavernicola</i>		42	
<i>Chlorogloea</i> sp.		32	53
<i>Chlorogloea microcystoides</i>		34	
<i>Chlorogloea novacekii</i>	1, 2	34	
<i>Chondrocystis dermochroa</i>	12, 13, 15		

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Chroococcidiopsis</i> sp.	12, 15, 16, 17, 18, 22		
<i>Chroococcidiopsis doonensis</i>		32, 34	
<i>Chroococcidiopsis kashayi</i>	15, 16, 20	34	
<i>Chroococcidium</i> sp.	10		
<i>Chroococcus</i> sp.	12, 15, 16, 17, 18, 24	34	51, 52
<i>Chroococcus cohaerens</i>	7, 17	32, 34	49
<i>Chroococcus ercegovicii</i>	1, 2, 7, 15, 16, 17	40	
<i>Chroococcus giganteus</i>	11		
<i>Chroococcus helveticus</i>	7		49
<i>Chroococcus lithophilus</i>	12, 13	34	
<i>Chroococcus minor</i>	2	32, 34	49
<i>Chroococcus minutus</i>	12, 13, 21, 22	32, 34	
<i>Chroococcus pallidus</i>	7, 15		
<i>Chroococcus schizodermaticus</i>	13		
<i>Chroococcus spelaeus</i>	7, 10, 20, 21	32, 34	
<i>Chroococcus subnudus</i>		34	
<i>Chroococcus subsphaericus</i>		34	
<i>Chroococcus tenax</i>	1, 2, 7	32, 34	
<i>Chroococcus turgidus</i>	2, 7, 11, 16	32, 34	
<i>Chroococcus turicensis</i>		34	
<i>Chroococcus varius</i>	7, 12, 13, 17, 22		
<i>Chroococcus westii</i>	10, 13	34	
<i>Iphinoe spelaeobios</i>		33, 34, 36	
<i>Jaaginema angustissimum</i>			53
<i>Jaaginema mauchanum</i>		34	
<i>Kamptonema animale</i>		34	
<i>Kamptonema formosum</i>	2		
<i>Komvophoron</i> sp.			51, 52
<i>Komvophoron minutum</i>	7		
<i>Leptolyngbya</i> sp.	1, 4, 7, 10, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23	39, 40, 41, 43, 45, 46	53
<i>Leptolyngbya angustissima</i>	9		
<i>Leptolyngbya boryana</i>	8, 22	32, 34	
<i>Leptolyngbya carnea</i>	10	34	
<i>Leptolyngbya cebennensis</i>		34	
<i>Leptolyngbya compacta</i>	7	34	
<i>Leptolyngbya ercegovicii</i>		34	
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	2, 9, 12, 13, 16, 17, 18	34	
<i>Leptolyngbya fragilis</i>	12, 13		
<i>Leptolyngbya gracillima</i>		32, 34	
<i>Leptolyngbya lagerheimii</i>		34	
<i>Leptolyngbya leptotrichoformis</i>	10		
<i>Leptolyngbya nana</i>		34	
<i>Leptolyngbya palikiana</i>		34	
<i>Leptolyngbya perforans</i>	17, 18		
<i>Leptolyngbya perelegans</i>	12, 13	34, 39, 40	
<i>Leptolyngbya purpurascens</i>		34	
<i>Leptolyngbya schmidlei</i>	9		
<i>Leptolyngbya scytonematicola</i>	13		
<i>Leptolyngbya subtilissima</i>			49
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	11, 17	32, 34, 43, 46	49, 53

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Leptolyngbya truncata</i>		34	
<i>Leptolyngbya undosa</i>		34	
<i>Loriella</i> sp.		31	
<i>Loriella osteophila</i>		30, 39, 40	
<i>Loriellopsis cavernicola</i>		33	
<i>Lyngbya</i> sp.	12, 13		51, 52
<i>Lyngbya martensiana</i>	11		49
<i>Lyngbya truncicola</i>			49
<i>Microchaete tenera</i>		34	
<i>Microcoleus</i> sp.	7		51, 52
<i>Microcoleus amoenus</i>	1		
<i>Microcoleus autumnalis</i>	11	34, 39, 40	
<i>Microcoleus steenstrupii</i>		34	
<i>Microcoleus vulgaris</i>	2	34	
<i>Microcrocis</i> sp.	1		
<i>Microcystis</i> sp.	1		
<i>Microcystis aeruginosa</i>	11		
<i>Myxosarcina</i> sp.		34, 39, 40	
<i>Nodularia</i> sp.	1		
<i>Nodularia harveyana</i>	1, 2		
<i>Nodularia spumigena</i>	3		
<i>Nostoc</i> sp.	1, 4, 9, 12, 17, 18, 22, 23, 24	34, 43, 44	51, 52, 53
<i>Nostoc commune</i>	1, 2, 15, 16, 17, 20, 21, 22	34	
<i>Nostoc letestui</i>		34	
<i>Nostoc linckia</i>	3	34	
<i>Nostoc microscopicum</i>	1, 2, 7, 12, 17	34, 39, 40, 41	
<i>Nostoc punctiforme</i>	1, 2, 17, 18	34, 45	
<i>Nostoc sphaericum</i>		46	
<i>Oscillatoria</i> sp.	12, 13		50, 51, 52, 53
<i>Oscillatoria rupicola</i>		34	49
<i>Oscillatoria sancta</i>	16		
<i>Petalonema</i> sp.	7		52
<i>Phormidesmis mollis</i>	2	32, 34	
<i>Phormidesmis priestleyi</i>		34	
<i>Phormidiochaete nordstedtii</i>		34	
<i>Phormidium</i> sp.	1, 7, 16, 18	34, 43, 46	51, 52, 53
<i>Phormidium ambiguum</i>	16	34, 41	
<i>Phormidium articulatum</i>		34	
<i>Phormidium breve</i>	1, 2		
<i>Phormidium corium</i>		34	
<i>Phormidium crassivaginatatum</i>	2		
<i>Phormidium griseoviolaceum</i>		34	
<i>Phormidium henningsii</i>		34	
<i>Phormidium interruptum</i>	16	34	
<i>Phormidium inundatum</i>		34	
<i>Phormidium irriguum</i>	7		
<i>Phormidium kuetzingianum</i>		34	
<i>Phormidium lacustre</i>		34	
<i>Phormidium macedonicum</i>		34	
<i>Phormidium melanochroun</i>		34, 37	

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Phormidium puteale</i>	2		
<i>Phormidium retzii</i>	2	34	
<i>Phormidium schoeteri</i>	2		
<i>Phormidium setchellianum</i>		34	
<i>Phormidium tergestinum</i>		34	
<i>Planktolyngbya bipunctata</i>	13		
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	13		
<i>Planktothrix agardhii</i>			53
<i>Plectonema</i> sp.	12		
<i>Plectonema araucanum</i>		34	
<i>Plectonema puteale</i>	1, 12, 13		
<i>Pleurocapsa</i> sp.	12		
<i>Pleurocapsa fuliginosa</i>		34	
<i>Pleurocapsa minor</i>	10, 12		
<i>Pseudanabaena acicularis</i>			53
<i>Pseudanabaena catenata</i>	9, 13	34	
<i>Pseudanabaena galeata</i>		34	
<i>Pseudanabaena mucicola</i>			53
<i>Pseudocapsa</i> sp.	13		
<i>Pseudocapsa dubia</i>	1, 2, 7, 10 16, 17, 20	32, 34	
<i>Pseudophormidium hollerbachianum</i>		32, 34	
<i>Pseudophormidium purpureum</i>		39	
<i>Pseudophormidium spelaeoides</i>		34	
<i>Romeria</i> sp.			53
<i>Scytonema</i> sp.	15, 16	34	51, 52
<i>Scytonema arcangelii</i>		39	
<i>Scytonema drilosiphon</i>	15		
<i>Scytonema hoffmannii</i>	13, 22	34	
<i>Scytonema julianum</i>	2, 10	25, 26, 28, 32, 34, 39, 40, 41, 45	49
<i>Scytonema mirabile</i>	15		
<i>Scytonema myochrous</i>	15		
<i>Scytonema ocellatum</i>		39, 41	
<i>Schizothrix</i> sp.	1, 21	28	
<i>Schizothrix lacustris</i>		34	
<i>Schizothrix lardacea</i>		32, 34	
<i>Spelaeonaias floccida</i>		38	
<i>Spirulina</i> sp.			50
<i>Stigonema</i> sp.	7		
<i>Stigonema minutum</i>	7	40	
<i>Symphyonema cavernicola</i>	10		
<i>Symploca cartilaginea</i>			49
<i>Symploca lacrimans</i>		34	
<i>Symploca muralis</i>		34	
<i>Symploca muscorum</i>	16		
<i>Symploca radians</i>		34	
<i>Synechococcus</i> sp.	12		50
<i>Synechococcus elongatus</i>	1		
<i>Synechocystis</i> sp.	13		
<i>Synechocystis pevalekii</i>		34	
<i>Tapinothrix varians</i>		34	

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Tolypothrix</i> sp.	1, 20	43, 46	
<i>Tolypothrix cavernicola</i>		34	
<i>Tolypothrix distorta</i>	7	34	
<i>Tolypothrix elenkinii</i>	7		
<i>Tolypothrix epilitica</i>	2		
<i>Tolypothrix fragilissima</i>		34	
<i>Tolypothrix rivularis</i>		34	
<i>Tolypothrix tenuis</i>	1		
<i>Toxopsis calypsus</i>		34, 35	
<i>Xenotholos kernerii</i>		34	
zelené řasy – Chlorophyta, Streptophyta			
<i>Actinotaenium curtum</i>	20		
<i>Ankistrodesmus arcuatum</i>			53
<i>Apatococcus</i> sp.	7, 16		
<i>Apatococcus lobatus</i>	4, 13, 20, 21, 22		
<i>Asterochloris glomerata</i>	21		
<i>Asterococcus superbus</i>	11		
<i>Auxenochlorella protothecoides</i>			49
<i>Bracteacoccus</i> sp.	7		
<i>Bracteacoccus minor</i>	2	39	
<i>Coccomyxa</i> sp.	7, 16	46	
<i>Coccomyxa confluens</i>	20, 21, 22		
<i>Coccomyxa subglobosa</i>	1, 2		
<i>Coelastrella striolata</i>	22		
<i>Coelastrella terrestris</i>	1, 2, 9, 20, 23		
<i>Coleochlamys apoda</i>	1, 2		
<i>Cosmarium parvulum</i> var. <i>excavatum</i>	16		
<i>Cosmarium rectangulum</i>	16		
<i>Cosmarium tinctum</i>	12		
<i>Ctenocladus circinnatus</i>		39, 40	
<i>Cylindrocystis brebiissonii</i>			49
<i>Cylindrocystis crassa</i>			49
<i>Desmococcus</i> sp.		43	
<i>Desmococcus spinocystis</i>	7		
<i>Desmococcus olivaceus</i>	1, 2, 9, 15, 16, 17, 18, 22		
<i>Desmodesmus intermedius</i>			53
<i>Deuterostichococcus tetrallantoideus</i>	1, 2		
<i>Diplosphaera</i> sp.	7		
<i>Eremosphaera viridis</i>	11		
<i>Euastrum</i> sp.	7		
<i>Euastrum sublobatum</i>			49
<i>Eubrownia isobilateralis</i>	1, 2		
<i>Gloeocystis vesiculosa</i>	17		49
<i>Graesiella emersonii</i>	23		
<i>Characium strictum</i>	1, 2		
<i>Chlamydocapsa planctonica</i>	11		
<i>Chlamydomonas</i> sp.	1, 9		53
<i>Chlorella</i> sp.	7, 9, 12, 13, 20, 21, 22, 23	43, 45, 46	50
<i>Chlorella fusca</i>	22		
<i>Chlorella miniata</i>			49
<i>Chlorella vulgaris</i>	1, 2, 4, 8, 9, 11, 20, 21, 22		

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Chlorococcum infusionum</i>	11	
<i>Chlorococcum nivale</i>	1, 2	
<i>Chlorochytrium viridis</i>	11	
<i>Chlorosarcinopsis</i> sp.		43, 46
<i>Chlorotetraedron</i> sp.	13	
<i>Choriocystis parasitica</i>	1, 2	
<i>Interfilum paradoxum</i>	1, 2	
<i>Iwanoffia terrestris</i>		49
<i>Kirchneriella</i> sp.	12	
<i>Keriochlamys styriaca</i>	1, 2	
<i>Klebsormidium</i> sp.	7	
<i>Klebsormidium crenulatum</i>	9, 23	
<i>Klebsormidium flaccidum</i>	1, 2, 8, 11, 13, 16, 23	41, 43, 45, 46
<i>Klebsormidium montanum</i>	1, 2	
<i>Klebsormidium subtile</i>	16	
<i>Leptosira</i> sp.	9	46
<i>Leptosira obovata</i>		41
<i>Leptosira vischeri</i>	1	
<i>Lobosphaera incisa</i>	23	
<i>Lobosphaeropsis lobophora</i>	23	
<i>Microthamnion</i> sp.		50
<i>Microthamnion strictissimum</i>	13	
<i>Monactinus simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	16	
<i>Monoraphidium komarkovae</i>		53
<i>Muriella</i> sp.	9, 13, 22, 23	43, 44
<i>Muriella decolor</i>	1, 2, 21, 22	
<i>Mychonastes homosphaera</i>	9	39, 41
<i>Myrmecia</i> sp.	13, 20	
<i>Myrmecia astigmatica</i>	22	
<i>Myrmecia biatorellae</i>		45
<i>Myrmecia bisecta</i>		43, 46
<i>Neglectella solitaria</i>	11	
<i>Neochlorosarcina minor</i>	20	
<i>Nephrocytium lunatum</i>		53
<i>Netrium oblongum</i>		49
<i>Oedocladium</i> sp.		50
<i>Oocystis</i> sp.	20	
<i>Parachlorella kessleri</i>	20, 23	
<i>Pleurastrisarcina brevispinosa</i> var. <i>longispinosa</i>	1, 2	
<i>Pleurastrum terricola</i>	1, 2	
<i>Podohedra bicaudata</i>	1, 2	
<i>Prasiola crispa</i>	11	
<i>Pseudoclonium arthopyreniae</i>	1, 2	
<i>Pseudoclonium basiliense</i>	12, 13	
<i>Pseudochlorella</i> sp.	13	
<i>Pseudochlorococcum</i> sp.	23	
<i>Pseudococcomyxa chodatii</i>		39, 46
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	4, 8, 23	
<i>Pseudopediastrium boryanum</i>	12, 13	
<i>Pseudostichococcus undulatus</i>	13	

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Scenedesmus</i> sp.	22		
<i>Scotiellopsis reticulata</i>	23		
<i>Sphaerococcomyxa</i> sp.	4		
<i>Spirogyra</i> sp.	11		
<i>Spongiococcum</i> sp.	9		
<i>Sporotetras polydermatica</i>	1, 2, 13		
<i>Stichococcus</i> sp.	1, 2, 7		
<i>Stichococcus bacillaris</i>	1, 2, 4, 9, 12, 16, 20, 21, 22, 23, 24	39, 41, 46	
<i>Stichococcus minutus</i>	20, 21, 22		
<i>Stichococcus mirabilis</i>	7		
<i>Stichococcus variabilis</i>	11		
<i>Tetracystis excentrica</i>	21, 22		
<i>Tetracystis intermedia</i>	1, 2		
<i>Tetracystis texensis</i>	1, 2		
<i>Tetrademus obliquus</i>	13, 23		
<i>Tetraedron minimum</i>		53	
<i>Tetraspora gelatinosa</i>	11		
<i>Thelesphaera alpina</i>	1, 2		
<i>Trebouxia</i> sp.	18	43, 46	
<i>Trebouxia decolorans</i>	21		
<i>Trentepohlia</i> sp.	7, 20, 24	39, 40, 46	
<i>Trentepohlia aurea</i>	1, 2, 12, 13, 15, 22		
<i>Trochiscia granulata</i>	9, 16		
<i>Ulothrix tenuissima</i>	11		
<i>Ulothrix tenerrima</i>	12		
<i>Uvulifera verrucariae</i>		39, 45	
Xanthophyceae			
<i>Botryochloris</i> sp.	9		
<i>Ellipsoidion oocystoides</i>	9		
<i>Ellipsoidion perminimum</i>	9		
<i>Heterococcus</i> sp.	13		
<i>Heterococcus caespitosus</i>	1, 2		
<i>Heterococcus furcatus</i>	13		
<i>Chlorocloster simplex</i>	9		
<i>Pleurochloris</i> sp.	9		
<i>Pleurochloris commutata</i>	9		
<i>Trachychloron</i> sp.	2		
<i>Trachychloron biconicum</i>	1		
<i>Trachychloron simplex</i>	1, 2		
<i>Xanthonema montana</i>	9		
Bacillariophyceae			
<i>Adlafia bryophila</i>		27, 40	
<i>Achnanthes</i> sp.		40	50, 52
<i>Achnanthes coarctata</i>	20, 21, 22		
<i>Achnantheidium</i> sp.		27	48, 52
<i>Achnantheidium lineare</i>	4		
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	2, 20	40	49
<i>Achnantheidium rivulare</i>		27	
<i>Amphora</i> sp.	7		52
<i>Amphora pediculus</i>		40	

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Aulacoseira</i> sp.		53
<i>Aulacoseira italica</i>	1, 2	
<i>Aulacoseira subarctica</i>	8	
<i>Asterionella formosa</i>	8	
<i>Brachysira brebissonii</i>	2	
<i>Caloneis silicula</i>	1, 2	
<i>Cocconeis placentula</i>		49
<i>Craticula</i> sp.		52
<i>Craticula halophila</i>	40	
<i>Ctenophora pulchella</i>	11	
<i>Cyclotella</i> sp.		53
<i>Cymbella</i> sp.		52
<i>Cymbopleura inaequalis</i>	13	
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>		53
<i>Cymbopleura rupicola</i>	27	
<i>Cymbopleura similiformis</i>	7	
<i>Cymbopleura yateana</i>	7	
<i>Diadsmis</i> sp.	46	51, 52
<i>Didimosphenia geminata</i>	11	
<i>Diploneis</i> sp.		50
<i>Diploneis krammeri</i>	27	
<i>Diploneis oblongella</i>	40	
<i>Diploneis oculata</i>	27	
<i>Diploneis ovalis</i>	40	
<i>Elipsoidon</i> sp.	13	
<i>Elipsoidon oocystiodes</i>	13	
<i>Encyonema</i> sp.		52
<i>Encyonema leibleinii</i>	8	
<i>Encyonema silesiacum</i>	20	53
<i>Encyonopsis</i> sp.		52
<i>Encyonopsis microcephala</i>	27, 40	
<i>Encyonopsis minuta</i>	27	
<i>Encyonopsis minima</i>	27	
<i>Epithemia</i> sp.		51, 52
<i>Eucocconeis laevis</i>	27	
<i>Eunotia</i> sp.		48
<i>Eunotia bilunaris</i>	8	
<i>Eunotia incisa</i>	7	
<i>Eunotia pectinalis</i>		53
<i>Fallacia insociabilis</i>	27	
<i>Fragilaria</i> sp.	4, 8, 11	
<i>Fistulifera pelliculosa</i>	9	
<i>Geissleria ignota</i>	7	
<i>Geissleria ignota</i> var. <i>palustris</i>	7	
<i>Germainiella legionensis</i>	27	
<i>Gomphonella clavatum</i>	40	
<i>Gomphonella olivaceum</i>		53
<i>Gomphonema</i> sp.		52
<i>Gomphonema angustatum</i>	2	
<i>Gomphonema italicum</i>	1, 2	
<i>Gomphonema parvulum</i>	2	53

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Grunowia solgensis</i>		27	
<i>Grunowia tabellaria</i>	1, 2		
<i>Gyrosigma scalproides</i>			53
<i>Halamphora normanii</i>		27	
<i>Hantzschia</i> sp.			51, 52
<i>Hantzschia abundans</i>	7, 18		
<i>Hantzschia amphyois</i>	1, 2, 9, 16, 20	40, 41	53
<i>Humidophila aerophila</i>	7, 14, 20, 21, 22		
<i>Humidophila brekkaensis</i>	7		
<i>Humidophila brekkaensoides</i>	7, 14		
<i>Humidophila contemnata</i>	14		
<i>Humidophila contenta</i>	1, 2, 7, 9, 14, 20, 21	27, 40, 41, 45	49
<i>Humidophila contenta</i> var. <i>biceps</i>	12, 13		
<i>Humidophila dissimilis</i>		27	
<i>Humidophila gallica</i>	14, 21	27, 43	
<i>Humidophila minuta</i>	7		
<i>Humidophila paracontenta</i>	14	27	
<i>Humidophila perpusilla</i>	7, 12, 13, 14	27	
<i>Humidophila pyrenaica</i>	14		
<i>Humidophila somperei</i>	14		
<i>Humidophila undulocontenta</i>	7		
<i>Humidophila vidalii</i>	7, 14		
<i>Chlorocloster</i> sp.	12, 13		
<i>Iconella tenera</i>			53
<i>Luticola</i> sp.	7		51, 52
<i>Luticola dismutica</i>	19		
<i>Luticola mutica</i>	1, 2, 7, 9, 13, 20, 22		
<i>Luticola nivalis</i>	1, 2, 16, 20, 22	40	
<i>Luticola nivaloides</i>	22		
<i>Luticola parmutica</i> var. <i>binodis</i>	22		
<i>Mayamaea</i> sp.	7		
<i>Mayamaea cavernicola</i>		27	
<i>Melosira</i> sp.			52
<i>Melosira varians</i>	7, 22		
<i>Melosira circulare</i>	8		
<i>Monodus</i> sp.	13		
<i>Navicula</i> sp.	7, 11, 12, 13, 16		50, 51, 52, 53
<i>Navicula cataracta-rheni</i>		27	
<i>Navicula biceps</i>	9		
<i>Navicula lanceolata</i>	20		
<i>Navicula radiosa</i>	4		
<i>Navicula rhynchocephala</i>	8		
<i>Navicula tenelloides</i>	22		
<i>Navicula tripunctata</i>			53
<i>Neidium</i> sp.			53
<i>Nitzschia</i> sp.	7, 11, 13, 16, 18, 22	43, 46	50, 52
<i>Nitzschia acicularis</i>			53
<i>Nitzschia hantzschiana</i>			49
<i>Nitzschia linearis</i>	16		53
<i>Nitzschia litoralis</i>			49
<i>Nitzschia palea</i>	4		53

Pokračování tab. 2: Seznam taxonů sinic a řas nalezených v jeskyních. Čísla odkazují na práce uvedené v tabulce 1.

<i>Nitzschia perminuta</i>		40	
<i>Nitzschia vermicularis</i>			53
<i>Nupea troglorhilla</i>	5		
<i>Orthoseira</i> sp.			51, 52
<i>Orthoseira roseana</i>	1, 2, 7, 18, 20, 21, 22	39, 43, 46	
<i>Paraplaconeis placentula</i>	8		
<i>Pinnularia</i> sp.		27	50, 51, 52
<i>Pinnularia acutobrebissonii</i>			53
<i>Pinnularia bardii</i>		27	
<i>Pinnularia borealis</i>	1, 2, 7, 13, 20		
<i>Pinnularia obscura</i>	7		
<i>Pinnularia paralella</i>	9		
<i>Pinnularia perirrorata</i>	7		
<i>Pinnularia viridis</i>	8		53
<i>Planothidium</i> sp.			51, 52
<i>Planothidium frequentissimum</i>	7		
<i>Planothidium lanceolatum</i>			53
<i>Rhopalodia</i> sp.			52
<i>Sellaphora</i> sp.		27	
<i>Simonsenia delognei</i>		27, 40	
<i>Stauroneis undata</i>	22		
<i>Stauroneis thermicola</i>			
<i>Staurosira construens</i>	8		
<i>Staurosirella pinnata</i>	9, 13		
<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	2, 22		
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>			49
<i>Surirella brebissonii</i>			53
<i>Tabellaria flocculosa</i>	8		
<i>Tryblionella debilis</i>		27	
<i>Tryblionella hungarica</i>		40	
<i>Ulnaria acus</i>	8		
Eustigmatophyceae			
<i>Gloeobotrys piriformis</i>	1, 2, 9		
<i>Chlorobotrys</i> sp.	1		
<i>Chlorobotrys simplex</i>	1, 2		
<i>Chlorobotrys terrestris</i>	1, 2		
<i>Monodopsis subterranea</i>	9		
<i>Monodopsis unipapilla</i>	9		
<i>Vischeria magna</i>	2		
<i>Vischeria stellata</i>	9		
Euglenida			
<i>Euglena</i> sp.			53
<i>Euglena pisciformis</i>			53
Rhodophyta			
<i>Audouinella hermannii</i>			48
<i>Cyanidium</i> sp.		28	47
<i>Phragmonema sordidum</i>		28	
Dinophyta			
<i>Gloeodinium cracoviense</i>	1		
<i>Phytodinium aureum</i>	1		

V Evropě jsou z hlediska lampenflóry nejlépe prozkoumány jeskyně v Řecku a ve Španělsku, kde jsou velká krasová území a poměrně mnoho dlouhou dobu veřejnosti zpřístupněných jeskyní. Z řeckých prací je to zejména řada prací popisujících nové jeskynní taxony (Lamprinou et al., 2009, 2011, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b, 2016). Ve španělských jeskyních byla kromě popisů nových taxonů (Hernández-Mariné et al., 1999; Hoffmann a Gugger, 2003) provedena i řada floristických studií. Komplexní algologická floristika byla provedena v malých jeskyních Papellona, Corral Nou a Puigmoltó (Roldán et al., 2004) a ve zpřístupněných jeskyních Zuheros, Nerja, Collbató (Roldán a Hernández, 2009; Urzi et al., 2010). Pouze na rozsivky pak byla zaměřena studie ve zpřístupněné jeskyni Valporquero na severu Španělska (Borrego-Ramos et al., 2019).

Jinde v Evropě jsou krasová území menšího rozsahu, zato jsou ale poměrně dobře (i algologicky) prozkoumána. Algologický výzkum byl proveden v Polsku na 25 menších jeskyních v oblasti Krakovsko-čenstochovské jury (Czerwick a Mrozinska, 2011), v jeskynním systému Ogof Ffynnon Ddu v jižním Walesu (Mason-Williams, 1966), v několika slovinských jeskyních – veřejnosti zpřístupněných (Mulec et al., 2008) i v portálech (Mulec a Kosi, 2008), v několika srbských jeskyních (Popović et al., 2015; Popović et al., 2017; Popović et al., 2019; Nikolic et al., 2020), a v 6 veřejnosti přístupných jeskyních Slovenska (Šramková a Kováčik, 2005). Komáromy et al. (1985) se v maďarské zpřístupněné jeskyni Anna věnovali pouze lampenflóře. V Itálii byla zkoumána veřejnosti zpřístupněná jeskyně Bossea, odkud byl popsán nový druh rozsivky (Falasco et al., 2015) a jeskyně Holy Saviour's, kde byly zkoumány nárosty na nástěnných malbách (Zucconi et al., 2012).

V České republice byl prováděn algologický výzkum zejména v moravských jeskyních. V Moravském krasu byla pozornost věnována především jeskynním portálům, a tudíž zde bylo nalezeno více druhů (Hůlková, 2018). Z veřejnosti zpřístupněných jeskyní byla zpracována floristika Kateřinské jeskyně v Moravském krasu (Faimon et al., 2003) a na střední Moravě v Javoříčských, Mladečských a Zbrašovských aragonitových jeskyních (Kaštovský, 1995; Pouličková a Hašler, 2007).

2 Metodika

2.1 Lokality

Pro výzkum lampenflóry byly vybrány dva české veřejnosti zpřístupněné jeskynní systémy – Chýnovská jeskyně a Koněpruské jeskyně.

2.1.1 Chýnovská jeskyně

Chýnovská jeskyně se nachází v Jihočeském kraji asi 3 km severovýchodně od obce Chýnov (49.4296N, 14.8334E) na okraji Pacovy hory, 540 m n. m. Co se týče geologické stavby, převládají zde různobarevné mramory z pestré série moldanubika, dále amfibolity a další minerální výplně. Byla vytvořena podzemním tokem protékajícím skrz krasové podloží, který je stále aktivní. Zdroj tohoto podzemního toku však není znám, neboť v okolí nejsou známé propady ani ponory žádného povrchového toku. I proto zde v současné době stále probíhají speleopotápěčské průzkumy. Voda z jeskyně ústí v nedaleké Rutické vyvěrače a slouží jako pitná voda pro Chýnov a jeho okolí (Drbal, 2007).

Jeskynní systém má několik pater v rozsahu 72 výškových metrů, hloubka nezatopených prostor je 32 m, spodní patra (45 m) jsou kompletně zatopena vodou (Agentura ochrany a přírody České republiky, 2023a). Celková délka systému je 1400 m, z toho 260 m ve svrchním patře je zpřístupněno veřejnosti v rámci komentované prohlídky. Teplota v jeskyni se pohybuje mezi 5 a 9 °C a vlhkost vzduchu dosahuje 96-100 % (Správa jeskyní ČR, 2023a).

Jedná se o první zpřístupněnou jeskyni v České republice – byla zpřístupněna roku 1868, pouze pět let po jejím objevení. Prohlídková trasa od té doby prošla několika rekonstrukcemi – zásadní byla v roce 1952, kdy bylo do jeskyně, jako do první jeskyně na území České republiky, nainstalováno elektrické osvětlení. V současné době se návštěvnost pohybuje okolo 40 000 lidí za rok (Drbalová, 2010; Peštová, 2010).

Do jeskyně jsou proraženy dvě umělé štoly – jedna slouží jako východ z návštěvnické trasy, druhá vede do veřejnosti nepřístupných částí jeskyně (Drbal, 2007; Zajíček, 2010).

2.1.2 Koněpruské jeskyně

Koněpruské jeskyně se nachází ve středních Čechách, asi 4 km jižně od Berouna (49.9151N, 14.0673E) pod vrchem Zlatý kůň, 443 m n. m. Geologicky jsou součástí Českého krasu a jsou tvořené suchomastskými a koněpruskými vápenci. Jeskynní systém má tři patra, jejichž rozpětí je 70 výškových metrů, a v současnosti zde není žádný podzemní tok. Délka jeskynního systému je 2050 m, z toho 620 m ve dvou vrchních patrech (hloubkový rozsah

50 m) je zpřístupněno veřejnosti v rámci prohlídky. Teplota v jeskyni se pohybuje mezi 9 a 10,5 °C a vzdušná vlhkost dosahuje 96-100 % (Správa jeskyní ČR, 2023b; Agentura ochrany a přírody České republiky, 2023b).

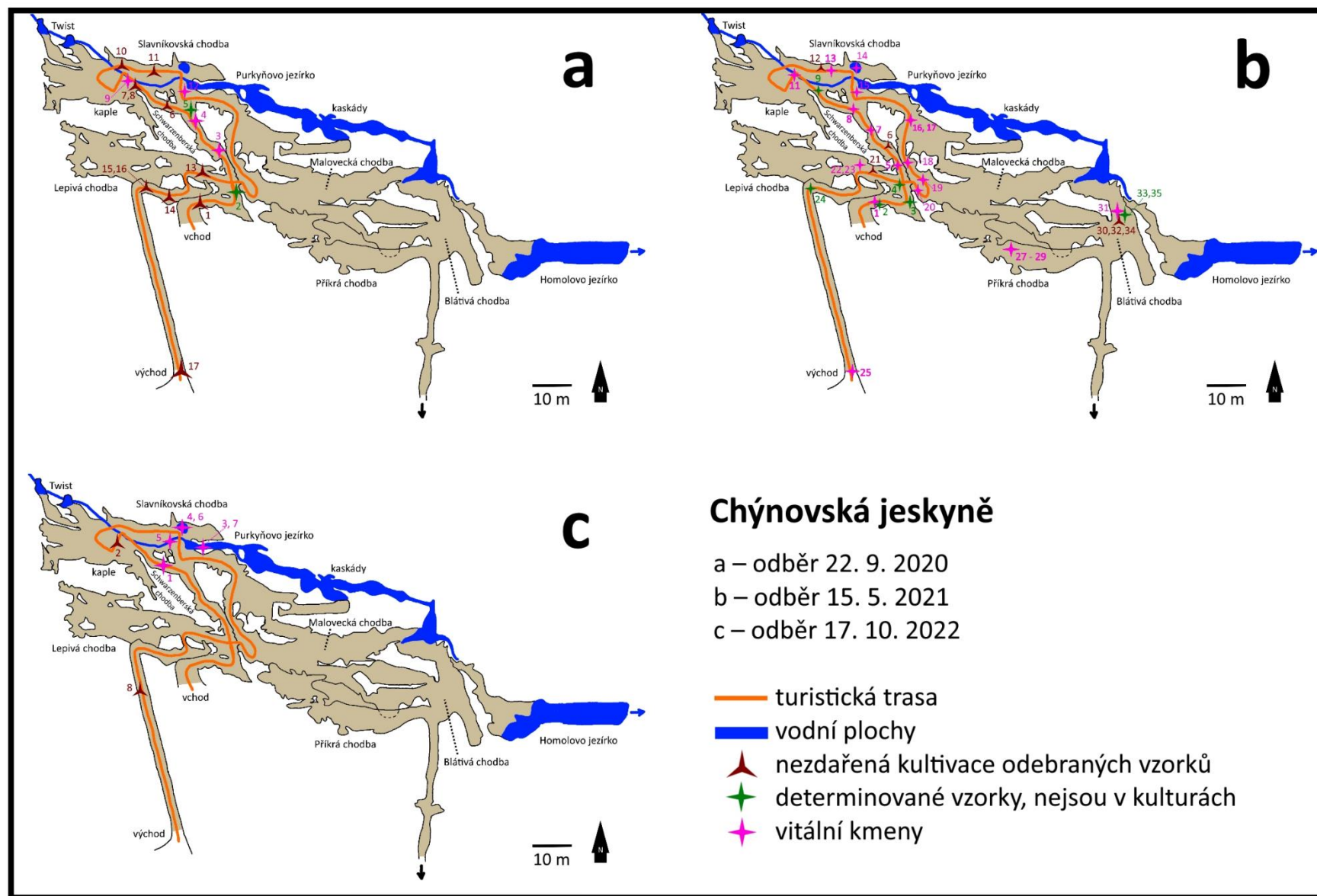
Vrchní patro jeskyně bylo již odedávna osídleno. Byly zde nalezeny početné kosterní pozůstatky jak zvířat, tak lidí, datovaných až do doby před 450 tisíci lety, což odpovídá starší době kamenné. V 15. století pak sloužilo jako penězokazecká dílna. Novodobého objevu se jeskyně dočkala v roce 1950 po odstřelu v Holubově lomu. Roku 1959 pak byly Koněpruské jeskyně zpřístupněny veřejnosti (Zajíček, 2010). V současnosti navštíví Koněpruské jeskyně okolo 100 000 turistů za rok (Drbalová, 2010; Správa jeskyní ČR, 2023b).

2.2 Odběr vzorků

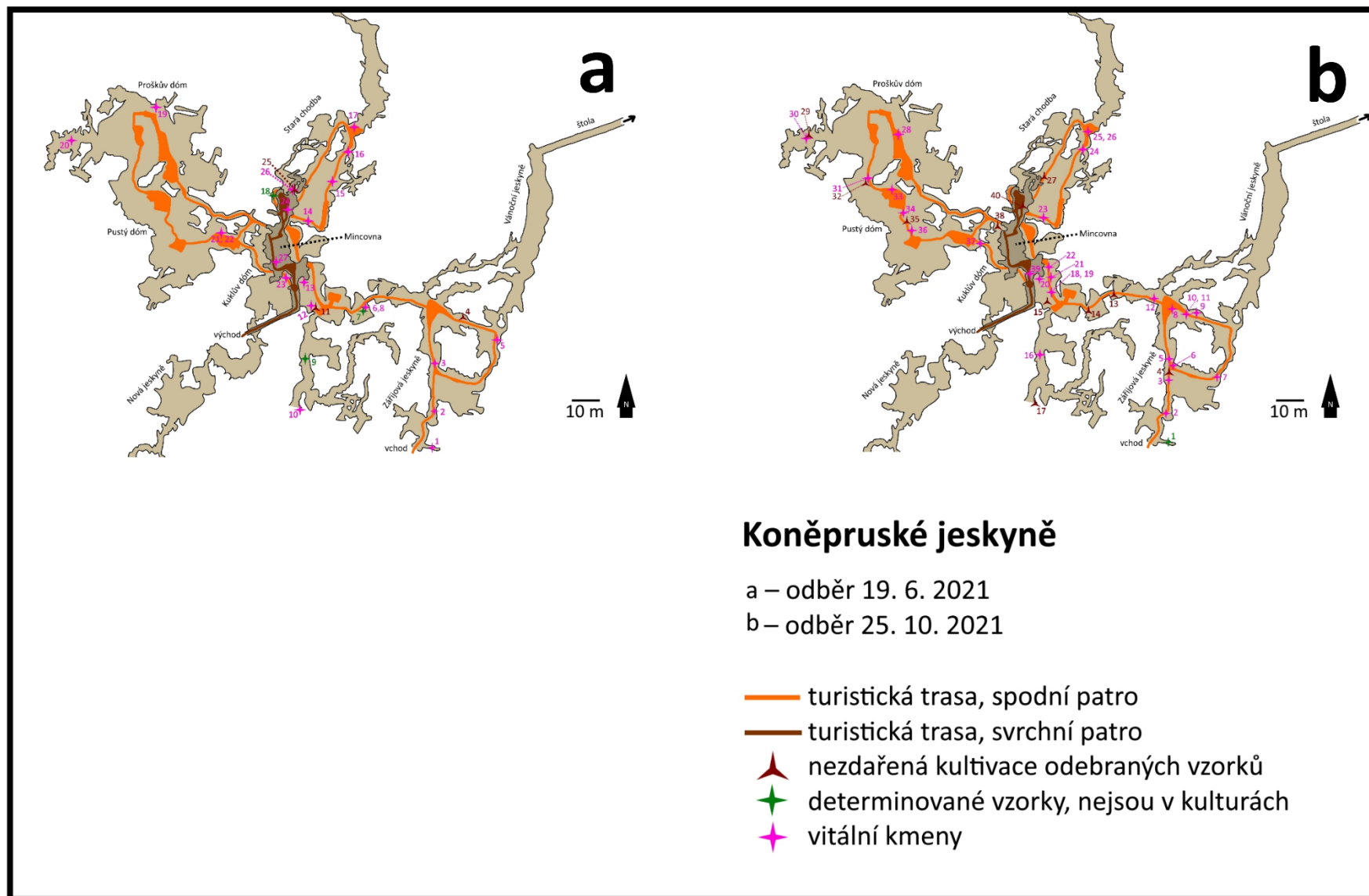
Odběr vzorků byl proveden dvakrát na každé z lokalit, v Chýnovské jeskyni byl navíc uskutečněn ještě odběr podzemních vod. Odběry v Chýnovské jeskyni byly provedeny 22. 9. 2020 a 15. 5. 2021, odběry vody 17. 10. 2022. Odběry vzorků v Koněpruských jeskyních pak 19. 6. 2021 a 25. 10. 2021. Termíny byly zvoleny tak, aby na každé lokalitě byly odebrány vzorky jak na začátku sezóny (na jaře), kdy byly jeskyně vyčištěny od nárostů, tak i ke konci sezóny (na podzim), kdy se na stěnách nacházelo největší množství biomasy, aby bylo možné vyhodnotit případné rozdíly ve složení lampenflóry. Obě jeskyně jsou pravidelně čištěny na podzim, po ukončení turistické sezóny (tj. v listopadu). Čištění probíhá mechanicky, pomocí vysokotlakého čističe.

Odběr vzorků byl prováděn především pomocí lepicí pásky na bankovky, která nijak nepoškozuje jeskynní stěny. Z pásky byl odtržen kousek cca 3-4 cm, páska byla přilepena na stěnu jeskyně, přimáčknuta a poté vložena do připravených zkumavek se sterilním médiem. Zkumavky byly uchovávány v přenosné ledničce. V některých případech byl odebrán i sediment nebo přímo oškrab nárostu, to bylo možné dělat především na betonových chodnících či jiném umělém vybavení jeskyně.

Během odběrů bylo kromě popisu místa a fotodokumentace zaznamenáváno, pokud to bylo možné, také množství světla v mikrohabitatu, kde byl vzorek odebrán. K tomu byl používán mobilní telefon s aplikací Lux Light Meter Pro (Doggo Apps). Jednotlivá místa odběrů jsou znázorněna na pláncích (obr. 1).



Obr. 1: Odběrová místa v Chýnovské jeskyni.



Obr. 2: Odběrová místa v Koněpruských jeskyních.

V Chýnovské jeskyni byly 15. 5. 2021 odebrány i vzorky z veřejnosti nepřístupných částí jeskyně, přístupné uměle vyraženou štolou z druhé strany jeskynního systému, než je turistická trasa. 17. 10. 2022 byl pak v Chýnovské jeskyni uskutečněn odběr podzemní vody – jak makroskopických nárostů, tak planktonu. Plankton byl odebrán planktonní sítí s průměrem ok 10 μm . Voda byla brána jednak z průtočného aktivního toku (doba zdržení cca 40 let), a také z izolované „tůňky“, která s aktivním tokem komunikuje pouze při povodňových stavech.

2.3 Kultivace

Pro kultivace všech vzorků bylo používáno Bold Basal Medium (BBM), které je doporučováno především pro terestrické řasy a sinice. Jedná se o jedno z médií, které má široké uplatnění (Bold, 1949; Bischoff a Bold, 1963).

V iniciálních stádiích bylo používáno BBM v tekuté formě ve zkumavkách. Vzorky byly ponechány při pokojové teplotě přibližně 5 týdnů, dokud nebyla ve zkumavkách okem viditelná biomasa sinic nebo řas.

Následná kultivace probíhala na agarových plotnách v Petriho miskách, opět s využitím BBM média, tentokrát ztuženým 1,5 % agarem. Biomasa ze zkumavek byla rozetřena na agarové plotny, které byly následně kultivovány, dokud na nich opět nenarostla biomasa. Tyto iniciální kultury byly přesunuty do kultivační místnosti se stálou teplotou 21 °C a řízeným osvětlením napodobujícím denní režim (12 h světla).

Purifikace kultur byla prováděna především pasážováním na agarových plotnách a vypichováním jednotlivých kolonií.

Po získání čistých kmenů jsou tyto uchovávány ve zkumavkách na agarovém BBM médiu.

2.4 Determinace

Taxony nalezené v kultivovaných vzorcích byly morfologicky determinovány za využití světelného mikroskopu Olympus BX51, fotodokumentace proběhla s pomocí kamery DP74 a příslušného softwaru Olympus cellSense Entry. Jako určovací literatura bylo použito: John et al., 2011; Ettl a Gärtner, 2014; Kaštovský et al., 2018; Komárek a Anagnostidis, 1999; Komárek a Anagnostidis, 2007; Komárek a Anagnostidis, 2013. Nomenklatura byla sjednocena podle internetové databáze AlgaeBase (Guiry a Guiry, 2023).

3 Výsledky

3.1 Chýnovská jeskyně

V Chýnovské jeskyni bylo odebráno celkem 50 vzorků. Vykultivováno a morfologicky zhodnoceno bylo 32 z nich. Nalezeno bylo celkem 31 taxonů v 15 rodech. Kompletní seznam nalezených taxonů je uveden v tabulce 3. Jednotlivé kmeny mají své kódové označení dle data odběru – odběr v Chýnovské jeskyni 22. 9. 2020 označení CH, 15. 5. 2021 označení CHY a odběr 17. 10. 2022 označení CY. Číslo za zkratkou pak označuje místo odběru, viz obrázek 1.

3.2 Koněpruské jeskyně

V Koněpruských jeskyních bylo odebráno celkem 67 vzorků. Vykultivováno a morfologicky zhodnoceno bylo 47 z nich. Bylo nalezeno celkem 15 taxonů náležících do 13 rodů. Kompletní seznam nalezených taxonů je uveden v tabulce 4. Jednotlivé kmeny mají své kódové označení dle data odběru – odběr v Koněpruských jeskyních 19. 6. 2021 byl označen jako K a 25. 10. 2021 jako KP. Číslo za zkratkou pak označuje místo odběru, viz obrázek 2.

Tab. 3: Seznam taxonů nalezených v Chýnovské jeskyni.

CHÝNOVSKÁ JESKYNĚ	CH 02	CH 03	CH 04	CH 05	CH 09	CH 12	CHY 01	CHY 02	CHY 03	CHY 04	CHY 05	CHY 07	CHY 08	CHY 09	CHY 11	CHY 13	CHY 14	CHY 15	CHY 16	CHY 17	CHY 18	CHY 19	CHY 20	CHY 22	CHY 24	CHY 25	CHY 27	CHY 28	CHY 29	CHY 31	CHY 33	CHY 35	CY 01	CY 02	CY 03	CY 04	CY 05	CY 06	CY 07		
Cyanobacteria																																									
Leptolyngbya sp. 1																							X																		
Leptolyngbya sp. 2																													X	X											
Leptolyngbya sp. 4							X																																		
Leptolyngbya sp. 5																														X											
Bacillariophyceae																																									
Hantzschia abundans							X																																		
Humidophila gallica														X			X				X												X				X	X	X		
Xanthophyceae																																									
Botrydiopsis sp.										X		X										X																			
Xanthonema exile						X																																			
Xanthonema cf. solidum																																			X						
Chlorophyceae																																									
Coelastrella vacuolata						X	X											X					X		X	X											X	X	X		
Desmodesmus communis																																				X		X			
Tetradesmus obliquus																																						X			
Vitreochlamys sp.																	X																								
Trebouxiophyceae																																									
Mychonastes homosphaera														X																					X						
Nannochloris sp.												X																													
Pseudococcomyxa simplex						X	X			X																	X				X										

Pokračování tab. 3: Seznam taxonů nalezených v Chýnovské jeskyni.

	CH 02	CH 03	CH 04	CH 05	CH 09	CH 12	CHY 01	CHY 02	CHY 03	CHY 04	CHY 05	CHY 07	CHY 08	CHY 09	CHY 11	CHY 13	CHY 14	CHY 15	CHY 16	CHY 17	CHY 18	CHY 19	CHY 20	CHY 22	CHY 24	CHY 25	CHY 27	CHY 28	CHY 29	CHY 31	CHY 33	CHY 35	CY 01	CY 02	CY 03	CY 04	CY 05	CY 06	CY 07			
<i>Stichococcus bacillaris</i>	X	X	X	X			X		X		X										X						X			X	X	X	X	X								
„Chlorella-like“ morfotyp						X					X																															
Kokální morfotyp „podkova“													X		X	X				X				X				X														
Klebsormidiaceae																																										
<i>Klebsormidium</i> cf. <i>dissectum</i>							X												X		X	X																				
<i>Klebsormidium</i> <i>dissectum</i>																					X																					
<i>Klebsormidium</i> <i>pseudostichococcus</i>			X																X																							
<i>Klebsormidium</i> <i>scopulinum</i>		X																																								
<i>Klebsormidium</i> <i>subtile</i>					X																																					
<i>Klebsormidium</i> sp. 1		X		X																																						
<i>Klebsormidium</i> sp. 2					X																X																	X				
<i>Klebsormidium</i> sp. 3																					X																		X			
<i>Klebsormidium</i> sp. 4																																					X					
<i>Klebsormidium</i> sp. 5					X																																					
<i>Klebsormidium</i> sp. 6																	X																									
Euglenida																																										
<i>Jenningsia</i> sp.																																								X		X

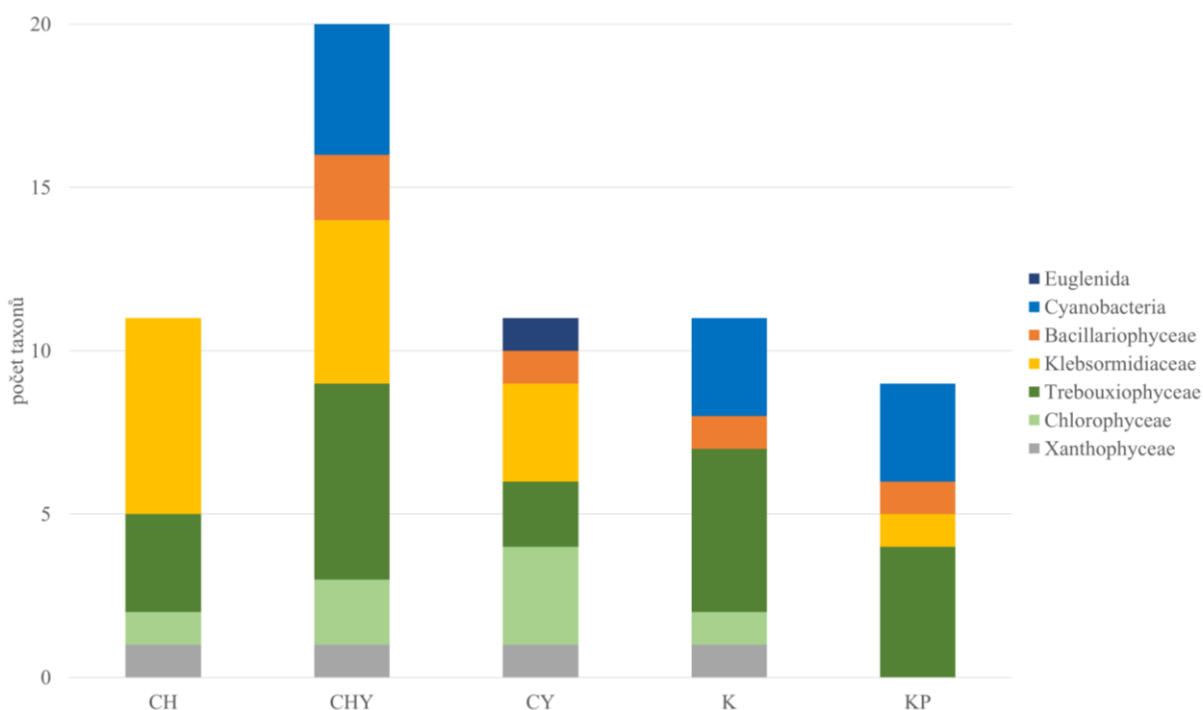
Tab. 4: Seznam taxonů nalezených v Koněpruských jeskyních.

KONĚPRUSKÉ JESKYNĚ	K 02	K 03	K 05	K 07	K 08	K 09	K 10	K 12	K 13	K 14	K 15	K 16	K 17	K 18	K 19	K 20	K 21	K 22	K 26	K 27	KP 03	KP 05	KP 06	KP 07	KP 08	KP 09	KP 10	KP 11	KP 12	KP 16	KP 18	KP 19	KP 20	KP 21	KP 22	KP 23	KP 24	KP 25	KP 26	KP 28	KP 30	KP 31	KP 33	KP 34	KP 36	KP 37	KP 39	
Cyanobacteria																																																
Chroococcus sp.			X									X																																				
Leptolyngbya sp. 3	X																																															
Nostoc cf. punctiforme																																		X														
Nostoc sp.																												X																			X	
Pseudophormidium hollerbachianum																						X																										
Scytonema cf. stuposum														X																																		
Bacillariophyceae																																																
Humidophila gallica				X			X									X		X																														
Xanthophyceae																																																
Botrydiopsis sp.			X											X		X																																
Chlorophyceae																																																
Coelastrella vacuolata						X			X																																							
Trebouxiophyceae																																																
Mychonastes ho- mosphaera				X			X	X				X		X	X	X					X									X																		
Nannochloris sp.																			X																													
Pseudococcomyxa simplex	X	X		X					X										X			X																										
Stichococcus bacillaris		X	X		X											X						X	X	X	X	X		X	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
„Chlorella-like“ morfortyp										X							X		X														X															
Klebsormidiaceae																																																
Klebsormidium sp. 4																																				X												

3.3 Sukcese v průběhu sezóny

V Chýnovské jeskyni nebyla pozorována výrazná změna ve složení společenstva lampenflóry. V jarním odběru bylo nalezeno více druhů, ale to je pravděpodobně způsobeno větším množstvím odběrových míst a také odběry v temné části jeskyně mimo návštěvnickou trasu, kde se nacházelo více sinic (obrázek 3).

V Koněpruské jeskyni byl podzimní odběr chudší, co se týče množství nalezených taxonů a převládal *Stichococcus bacillaris* (Trebouxiophyceae). Zde může být souvislost s vývojem lampenflóry během sezóny, kdy na jaře, po vyčištění a v momentě, kdy do jeskyně nevstoupilo ještě tak velké množství lidí a méně se přes zimu svítilo, převládají spíše sinice a čím vyšší návštěvnost, intenzivnější svícení a postupující čas, tím více převládají zelené řasy (Mullec, 2005). Na druhou stranu se zde může odrazit jen problém v metodice. Vzorky totiž nebyly pozorovány přímo po odběru, neboť kvůli velice malému množství biomasy na lepící pásce by to nebylo ani možné. Byly pozorovány až po kultivaci, která mohla zvýhodňovat právě zelené řasy, navíc během kultivace mohou být omylem přeočkovány pouze některé taxony, např. ty, které rostou rychleji nebo tvoří větší biomasu. Co se týče množství nalezených taxonů, tak ty se v rámci jednotlivých skupin příliš neliší (obrázek 3).



Obr. 3: Zastoupení taxonů jednotlivých skupin během odběrů v Chýnovské (CH, CHY, CY) a Koněpruských jeskyních (K, KP).

3.4 Porovnání Chýnovské a Koněpruských jeskyní

Více taxonů bylo nalezeno v Chýnovské jeskyni. Z části je to však dáno tím, že v Chýnovské jeskyni byly odebírány i vzorky z vody. Pokud pomineme vodní prostředí a budeme tyto dvě jeskyně porovnávat pouze na počet taxonů ze subterestrického prostředí, byl v Koněpruských jeskyních zaznamenán vyšší počet rodů (13 rodů, Chýnovská j. 11 rodů), ale v Chýnovské jeskyni byl zaznamenán celkově vyšší počet taxonů (27 taxonů, Koněpruské j. 15 taxonů). Nalezené taxony se na jednotlivých lokalitách liší, ačkoliv jsou si enviromentálními faktory obě jeskyně velice podobné. Obě mají stejný geologický podklad (vápenec, respektive krystalický vápenec) a obě jsou veřejnosti zpřístupněné jeskyně. Stejně tak teplota, vlhkost i hloubka jeskynních systémů je v podstatě stejná. Obdobná je v obou jeskynních systémech také likvidace nárostů – ta se podobá metodikou i časovým intervalem.

V Chýnovské jeskyni byla nejčastěji nalezena řasa *Klebsormidium* spp., v Koněpruských jeskyních to byl nejčastěji *Stichococcus bacillaris* a naopak *Klebsormidium* bylo nalezeno jen v jednom vzorku.

V Koněpruských jeskyních bylo nalezeno více sinicových taxonů.

3.5 Morfologické popisy jednotlivých určovaných taxonů

3.5.1 Cyanobacteria

Chroococcus cf. *varius* Braun 1876

průměr buněk 2,5-5 μm

Buňky kulovité až oválné, sinicově zelené, často sdružené po dvou či samostatně, někdy po 4 buňkách. Buněčná stěna tlustá, bez znatelné struktury. Slizové obaly nepozorovány.

Pozn.: Od popisu *Ch. varius* v literatuře (Komárek a Anagnostidis, 1999) se liší nepřítomností slizových obalů.

Leptolyngbya sp. 1

šířka buněk 1-1,5 μm , šířka vlákna s pochvou 2-2,5 μm , délka buněk 1-2,5 μm

Buňky delší než širší, mírně zaškrcované na buněčných přepážkách, sinicově zelené. Thylakoidy parietální. Buněčný obsah bez viditelné granulace. Pochva tenká či neznatelná, bezbarvá. Nepozorováno větvení, hormogonie nemotilní, rozmnožování pomocí nekridických buněk. Terminální buňka zaoblená či mírně zúžená.

V kulturách tvoří vláknité shluky, vrůstá dovnitř do agaru.

***Leptolyngbya* sp. 2**

šířka buněk 1 μm , délka buněk 1 μm

Buňky izodiametrické, mírně zaškrcované na buněčných přepážkách, sinicově zelené. Buněčný obsah bez viditelné granulace. Pochva neznatelná, bezbarvá. Nepozorováno větvení, hormogonie nemotilní, rozmnožování pomocí nekridických buněk. Terminální buňka mírně zakulacená.

Vlákná na agaru tvoří shluky, vrůstají dovnitř do agaru.

***Leptolyngbya* sp. 3**

šířka buněk 3–4 μm , délka buněk 2–3 μm

Buňky přibližně izodiametrické, mírně širší než delší, zaškrcované na buněčných přepážkách, sinicově zelené. Buněčný obsah bez viditelné granulace. Thylakoidy parietální. Pochva tenká, neznatelná, bezbarvá. Pozorováno nepravé větvení. Terminální buňka zakulacená až kulovitá. Hormogonie nemotilní, rozmnožování pomocí nekridických buněk.

***Leptolyngbya* sp. 4**

šířka buněk 4 μm , délka buněk 1 μm

Buňky širší než delší, mírně zaškrcované na buněčných přepážkách, sinicově zelené. Thylakoidy parietální. Buněčný obsah bez viditelné granulace. Pozorováno nepravé větvení. Pochva tenká, obtížně viditelná, bezbarvá. Terminální buňka zakulacená, až dvakrát delší než buňky ve vlákně. Rozmnožování pomocí nekridických buněk.

***Leptolyngbya* sp. 5**

šířka buněk 2,5 μm , délka buněk 2–3 μm

Buňky izodiametrické, bez zaškrcování nebo jen mírně zaškrcované na buněčných přepážkách, sinicově zelené. Buněčný obsah bez viditelné granulace. Pochva neznatelná, tenká, bezbarvá. Nepozorováno větvení, hormogonie nemotilní. Nekridické buňky nebyly pozorovány. Terminální buňka zakulacená.

***Nostoc* cf. *punctiforme* Hariot 1891**

průměr buněk 5–7 μm

Buňky kulovité, uspořádané do cca 20 μm širokých víceřadých vláken, sinicově zelené až namodralé. Uvnitř buněk někdy viditelná granulace. Slizovitá bezbarvá pochva kolem seskupení jednotlivých buněk.

Na agaru tvoří makroskopické shlukovité porosty, nevrůstá do agaru.

Pozn.: Buňky větší, než by měly být dle literatury (Komárek a Anagnostidis, 2013) – ta uvádí 2,6-5,5 μm . Pravděpodobně druh obsahující více genotypů, které nejsou vyřešeny.

***Nostoc* sp.**

průměr buněk 4-5 μm

Buňky soudečkovité až kulovité, tvoří jednoduchá stočená vlákna, někdy se vlákna shlukují. Heterocyty poměrně časté, interkalární, velikostí odpovídají vegetativním buňkám. Sliz kolem vláken dobře patrný, nepřilíš masivní. Terminální buňka protáhlá, zakulacená.

Na povrchu agaru tvoří peletkovité makroskopické nárosty.

***Pseudophormidium hollerbachianum* (Elenkin) Anagnostidis 2001**

šířka buněk 2-3 μm , délka buněk 2-3 μm

Buňky přibližně izodiamerické, nezaškrcované, sinicově zelené, vnitřní obsah bez viditelné granule. Vlákná rovná, terminální buňka zakulacená. Pochva tenká, bezbarvá. Velmi časté nepravé větvení. Rozmnožování pomocí nekridických buněk.

***Scytonema* cf. *stuposum* Bornet ex Bornet et Flahault 1886**

šířka buňky 26-28 μm , šířka vlákna s pochvou 32 μm , délka 12-16 μm

Buňky výrazně širší než delší, mírně zaškrcované na buněčných přepážkách, sinicově zelené, případně mírně nažloutlé. Pochva dobře vyvinutá, bezbarvá či do oranžovo-hněda. Terminální buňka zaoblená. Pozorováno nepravé větvení. Rozmnožování pomocí nekridických buněk.

Pozn.: identifikace pouze přibližná, kvůli šířce vlákna (30 μm je krajní mez – obvykle dosahuje šířky 18-21 μm), odlišné barvě pochvy a zaškrcování buněk – pravá *S. stuposum* má pochvy zcela bezbarvé a na přepážkách je zaškrcovaná silněji (Komárek a Anagnostidis, 2007).

3.5.2 Ochrophyta – Bacillariophyceae

***Humidophila gallica* (Smith) Lowe, Kociolek, You, Wang et Stepanek 2017**

šířka frustuly 2-3 μm , délka frustuly 4-9 μm

Frustuly drobné, raphe a strie nezřetelné, oválného tvaru. Tvoří vláknité kolonie. Nalezena jak v půdních, tak vodních vzorcích.

***Hantzschia abundans* Lange-Bertalot 1993**

šířka frustuly 9-10 μm , délka frustuly 44-46 μm

Frustula uprostřed lomená, okraje konkávní, symetrická podle příčné osy, podle podélné asymetrická. Raphe na okraji, jemná striace.

3.5.3 Ochrophyta – Xanthophyceae

***Botrydiopsis* sp.**

průměr buněk 4-10 µm

Buňky kulovité. Chloroplasty hladké, četné, často nástěnné, diskovité. Pyrenoidy nepozorovány. Buněčná stěna hladká. Zoospory ani autospory nebyly pozorovány.

***Xanthonema exile* (Klebs) Silva 1979**

šířka buněk 3-4 µm, délka buněk 5-8 µm

Buňky tvoří krátká, rozpadavá vlákna, značně zaškrcovaná na přepážkách. Chloroplasty 2, nástěnné, korytovité. Buněčná stěna hladká, středně silná. Zoospory ani autospory nebyly pozorovány.

***Xanthonema cf. solidum* (Vischer) Silva 1979**

šířka buněk 4-5 µm, délka buněk 7-9 µm

Buňky soudečkovité, ve vlákně, vlákna kratší. Chloroplastů mnoho, nástěnné. Buněčná stěna silná. Zoospory ani autospory nebyly pozorovány.

Pozn.: Zjištěné rozměry odpovídají dolní mezi – v literatuře udávaná šířka je 5-6 µm, délka 5-12 µm. (Ettl a Gärtner, 2013).

3.5.4 Chlorophyta – Chlorophyceae

***Coelastrella vacuolata* (Shihira et Krauss) Hegewald et Hanagata 2002**

průměr buněk 5-16 µm

Buňky kokální, mírně oválné či citrónovitého tvaru. Chloroplast laločnatý, s pyrenoidem. Buněčná stěna silná.

Pozorovány zoospory, šířka 2,5 µm, délka 5 µm, oválného tvaru, dobře pohyblivé.

***Desmodesmus communis* (Hegewald) Hegewald 2000**

šířka 11-12 µm, délka 4 µm; ostny 6-7 µm dlouhé

Buňky oválné, buněčná stěna hladká. Cenobia čtyřbuněčná, lineární. Z pólů každé koncové buňky vychází dva ostny.

Nalezen ve vodních vzorcích z Chýnovské jeskyně.

***Tetradesmus obliquus* (Turpin) Wynne 2016**

šířka buněk 9-10 µm, délka buněk 2-3,5 µm

Buňky vřetenovité protažené do špičky, mírně prohnuté. Buněčná stěna hladká. Cenobia po 2 až 4 buňkách, buňky vůči sobě alternující.

Nalezen ve vodním vzorku z Chýnovské jeskyně.

***Vitreochlamys* sp.**

průměr buněk 17-18 μm , průměr buněk s chlamys 30 μm

Buňka kulovitá, ne zcela pravidelná, na anteriorní části se zužující do špičky. Dva bíčiky, vybíhající z anteriorní části, ze stejného místa. Buněčná stěna silná, hrbolatá. Chlamys velice výrazná, kulovitá.

Nalezen ve vodním vzorku z Chýnovské jeskyně.

3.5.5 Chlorophyta – Trebouxiophyceae

Mychonastes homosphaera (Skuja) Kalina et Puncochárová 1987

průměr buněk 2-5 μm

Kokální kulovitá zelená řasa. Buňky jednotlivé, s dvěma nástěnnými chloroplasty, bez pyrenoidů. Buněčná stěna hladká, silná.

***Nannochloris* sp.**

průměr buněk 2-3 μm

Kulovitá kokální řasa. Buňky jednotlivé, s jedním nástěnným hrncovitým chloroplastem, bez pyrenoidu. Buněčná stěna hladká, tenká.

Pseudococcomyxa simplex (Mainx) Fott 1981

šířka buněk 3-5 μm , délka buněk 6-9 μm

Buňky z jedné strany zakulacené, z druhé mírně zašpičatělé, v celkovém obrysu obvejčité. Buněčná stěna hladká, tenká. Chloroplasty nástěnné, korytovité, bez pyrenoidu.

Stichococcus bacillaris Nägeli 1849

šířka buněk 2-4 μm , délka buněk 3-13 μm

Buňky protáhle válcovité, někdy ohnuté. Buněčná stěna tenká. Chloroplast jeden, nástěnný, korytovitý. Někdy jsou vyvinuté v každé buňce 2 vakuoly, každá na jednom pólu buňky. Někdy v buňkách zřetelná granulace.

Kokální morfotyp „podkova”

průměr buněk 2-6 μm

Zelené kulovité kokální řasy, „*Chlorella*-like” morfotypu. Společným znakem je jeden hrncovitý chloroplast.

„*Chlorella*-like” morfotyp

Zelené kulovité kokální řasy „*Chlorella*-like” morfotypu. Bez bližšího určení.

3.5.6 Streptophyta – Klebsormidiaceae

***Klebsormidium* sp. 1**

šířka buněk 3-4 μm , délka buněk 5-10 μm .

Buňky mírně zaškrcované na buněčných přepážkách. Vlákná nerozpadavá. Chloroplast jeden, nástěnný. Buněčná stěna středně silná.

***Klebsormidium* sp. 2**

šířka buněk 4-5,5 μm , délka buněk 7-16 μm

Buňky bez zaškrcování. Vlákná nerozpadavá. Chloroplast jeden, nástěnný. Buněčná stěna silná.

***Klebsormidium* sp. 3**

šířka buněk 6 μm , délka buněk 6-8 μm

Buňky bez zaškrcování, přibližně izodiametrické. Vlákná nerozpadavá. Chloroplast jeden, nástěnný, zakrývá cca 1/2 stěny buňky, hladký. Buněčná stěna hladká.

***Klebsormidium* sp. 4**

šířka buněk 8 μm , délka buněk 8-12 μm

Buňky bez zaškrcování. Vlákná dlouhá, nerozpadavá. Chloroplast jeden, nástěnný. Buněčné stěny hladké.

***Klebsormidium* sp. 5**

šířka buněk 6 μm , délka buněk 9-12 μm

Buňky nezaškrcované. Dlouhá vlákna, nerozpadavá. Chloroplast jeden, vyplňuje téměř celou buňku od středu. Buněčné stěny hladké, silné.

***Klebsormidium* sp. 6**

šířka buněk 4-6 μm , délka buněk 4-8 μm

Buňky izodiametrické, nejsou zaškrcované. Dlouhá vlákna, nerozpadavá. Chloroplast jeden, nástěnný, hrncovitý. Buněčné stěny hladké.

***Klebsormidium scopulinum* (Hazen) Ettl et Gärtner 1995**

šířka buněk 2-2,5 μm , délka buněk 4-8 μm

Buňky válcovité, zřetelně oddělené na buněčných přepážkách. Vlákná dlouhá, nerozpadavá. Chloroplast jeden, korytovitý. Buněčná stěna tenká, hladká.

Klebsormidium subtile (Kützinger) Mikhailiuk, Glaser, Holzinger et Karsten 2015

šířka buněk 6-6,5 μm , délka buněk 8,5-14 μm

Buňky válcovité až soudečkovité, mírně zaškrcované na buněčných přepážkách. Vlákná dlouhá, nerozpadavá. Chloroplast jeden, korytovitý, vyplňuje většinu buňky. Buněčná stěna středně silná.

Klebsormidium pseudostichococcus (Heering) Ettl et Gärtner 1995

šířka buněk 3 μm , délka buněk 5-7,5 μm .

Buňky válcovité až soudečkovité, konce zakulacené, zaškrcované na buněčných přepážkách. Chloroplast jeden, korytovitý. Vlákná rozpadavá, složená pouze z několika buněk. Buněčná stěna silná.

Klebsormidium dissectum (Gay) Ettl et Gärtner 1995

šířka buněk 6-8 μm , délka buněk 6-8 μm

Buňky oblé, oválné až kulaté, i ve vlákně zakulacené. Buňky samostatně nebo v krátkých vlákních po 2-8 buňkách, vlákná zakřivená. Chloroplast jeden, korytovitý. Buněčné stěny hladké, středně silné.

Klebsormidium cf. dissectum (Gay) Ettl et Gärtner 1995

šířka buněk 6-8 μm , délka buněk 6-23 μm

Buňky oblého tvaru, i ve vlákně zakulacené, silně granulované. Buňky samostatně, vlákná většinou po 2 buňkách, vzácně delší. Chloroplast jeden, korytovitý. Buněčné stěny hladké, středně silné.

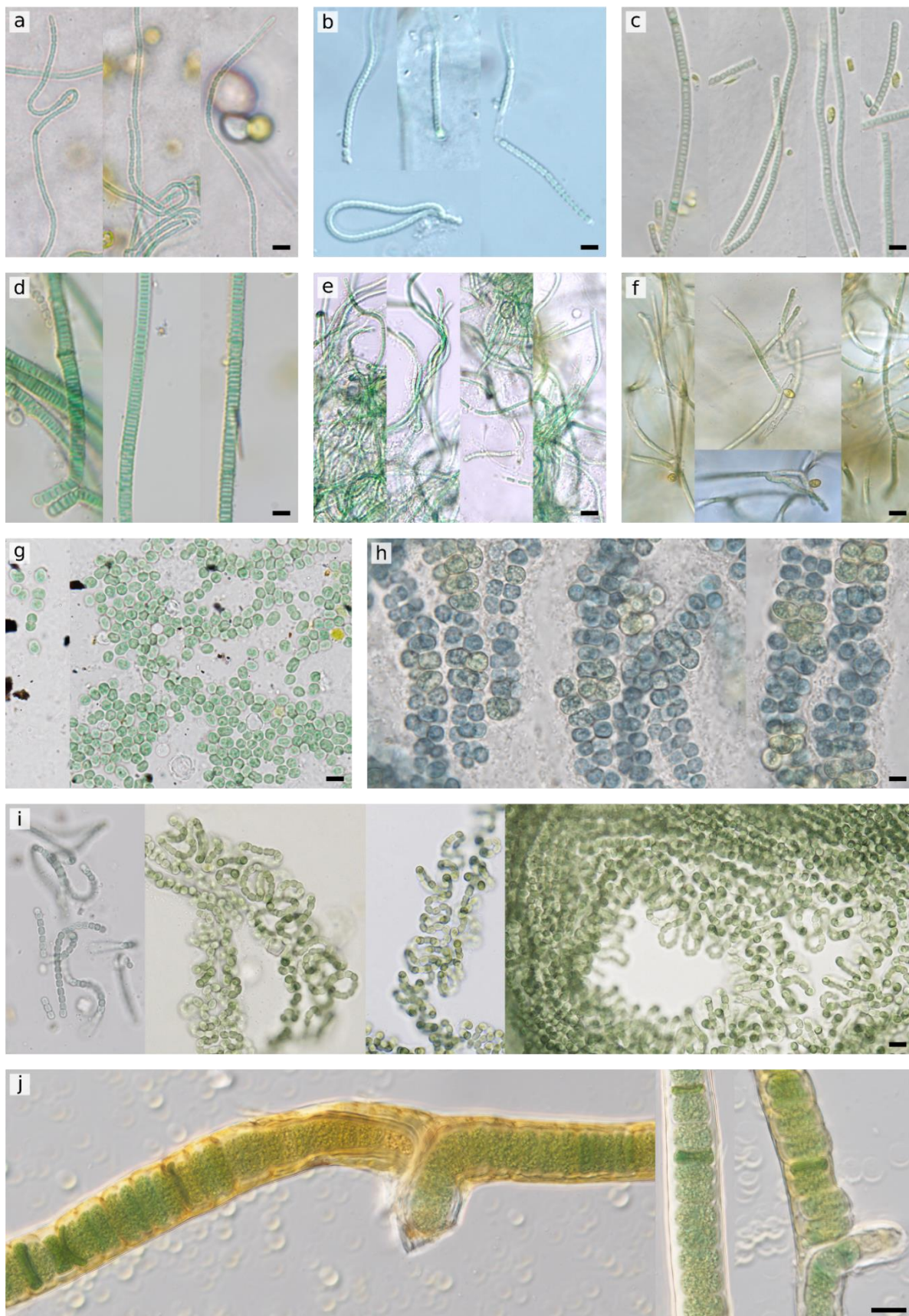
Pozn.: Buňky výrazně delší, než je uvedeno v popisu druhu, silně granulované.

3.5.7 Euglenida

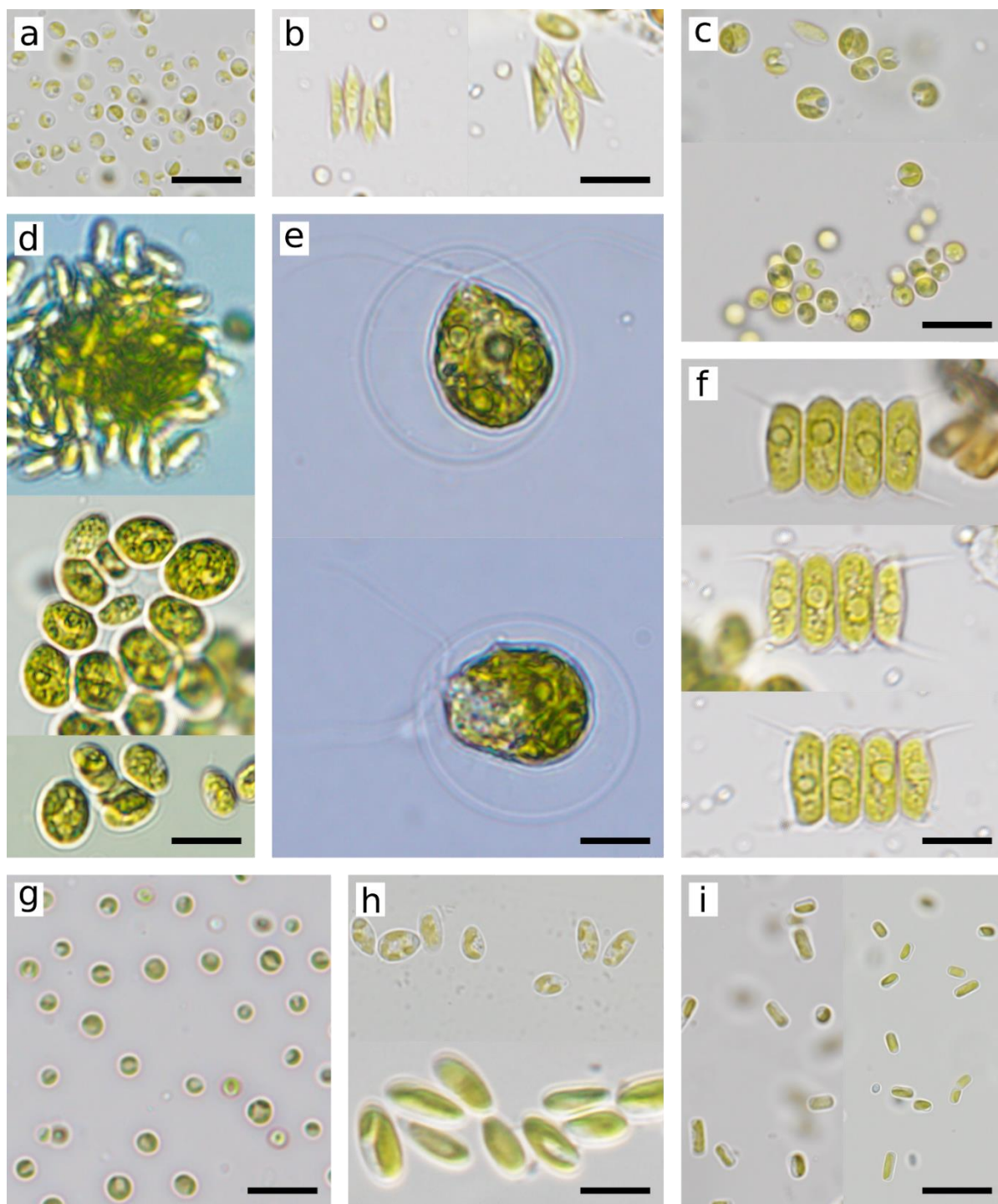
***Jenningsia* sp.**

délka při natažení 15-25 μm

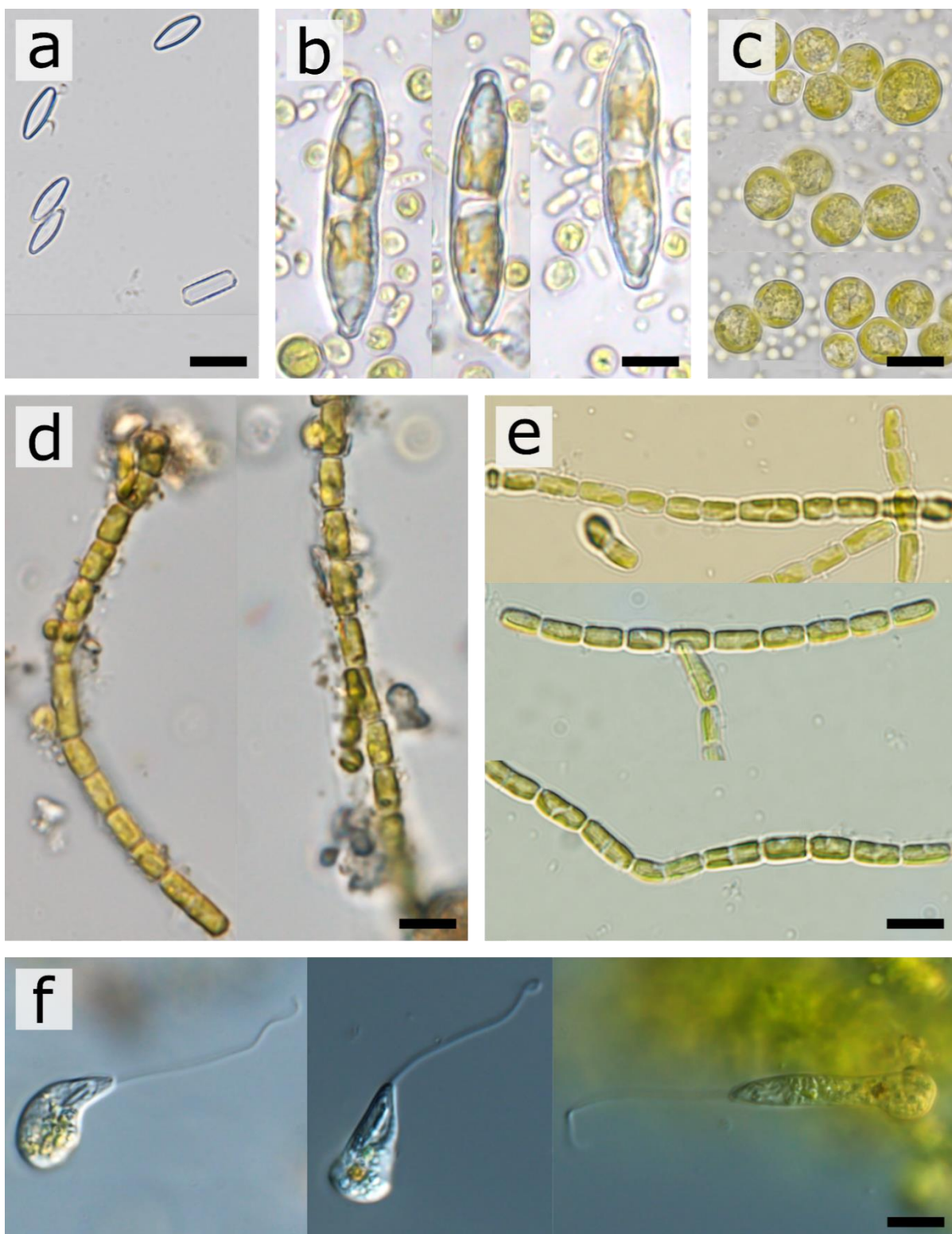
Buňky vakovité, měnlivé, se silným euglenoidním pohybem. Z ampuly vychází jeden bičík přibližně dvakrát delší než buňka. Zřetelný trávicí aparát v anteriorní části buňky, těsně přiléhající k výrazné ampule, uvnitř buňky přítomny trávicí vakuoly s patrnými pozřeny z zelenými řasami. Striace buňky jemná, nepatrná.



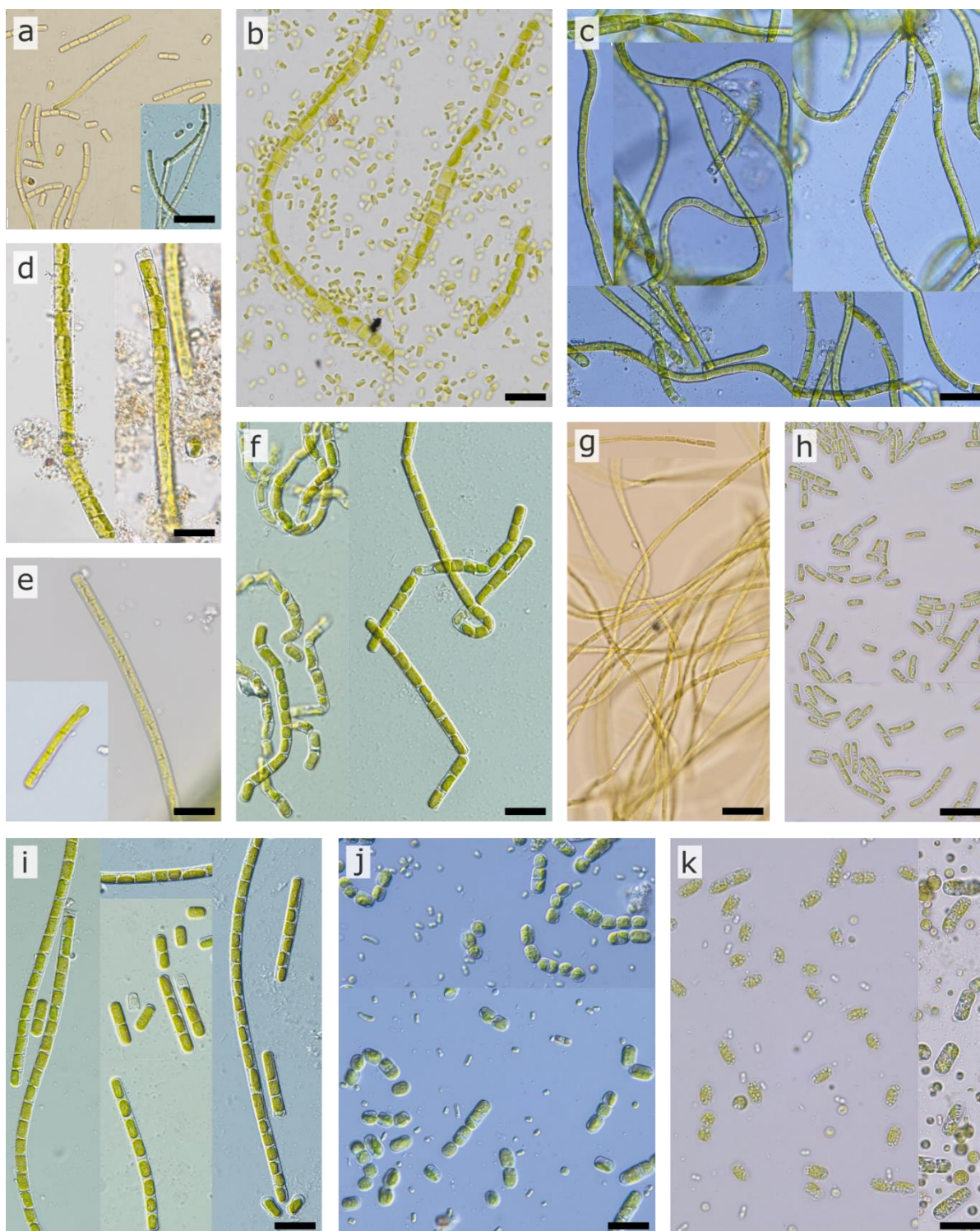
Obr. 4: Taxony sinic (Cyanobacteria) nalezené v Chýnovské a Koněpruských jeskyních. Měřítka a-i: 10 μ m; j: 20 μ m. **a** – *Leptolyngbya* sp. 1; **b** – *Leptolyngbya* sp. 2; **c** – *Leptolyngbya* sp. 3; **d** – *Leptolyngbya* sp. 4; **e** – *Leptolyngbya* sp. 5; **f** – *Pseudophormidium hollerbachianum*; **g** – *Chroococcus* sp.; **h** – *Nostoc* cf. *punctiforme*; **i** – *Nostoc* sp., **j** – *Scytonema* cf. *stuposum*.



Obr. 5: Taxony z Chlorophyceae a Trebouxiophyceae z Chýnovské a Koněpruských jeskyní. Měřítka 10 μm . **a** – *Nannochloris* sp.; **b** – *Tetrademus obliquus*; **c** – *Mychonastes homosphaera*; **d** – *Coelastrella vacuolata*; **e** – *Vitreochlamys* sp.; **f** – *Desmodesmus communis*; **g** – Kokální morfortyp „podkova“; **h** – *Pseudococcomyxa simplex*; **i** – *Stichococcus bacillaris*.



Obr. 5: Taxony z Bacillariophyceae, Xanthophyceae, a Euglenida z Chýnovské a Koněpruských jeskyní. Měřítko 10 μm . **a** – *Humidophila gallica*; **b** – *Hantzschia abundans*; **c** – *Botrydiopsis* sp.; **d** – *Xanthonema* cf. *solidum*; **e** – *Xanthonema exile*.; **f** – *Jenningsia* sp.



Obr. 6: Taxony řas z Klebsormidiaceae z Chýnovské a Koněpruských jeskyní. Měřitko 20 μm . **a** – *Klebsormidium* sp. 1; **b** – *Klebsormidium* sp. 2; **c** – *Klebsormidium* sp. 6; **d** – *Klebsormidium* sp. 3; **e** – *Klebsormidium* sp. 4; **f** – *Klebsormidium subtile*; **g** – *Klebsormidium scopulinum*; **h** – *Klebsormidium pseudostichococcus*; **i** – *Klebsormidium* sp. 5; **j** – *Klebsormidium dissectum*; **k** – *Klebsormidium* cf. *dissectum*.

4 Diskuse

4.1 Řasové a sinicové taxony nalezené v jeskyních

Většina taxonů nalezených v Chýnovské a Koněpruských jeskyních náleží rodům, které již byly někdy v jeskyních nalezeny (viz tab. 1 a tab. 2), kromě taxonu *Botrydiopsis* sp. (Xanthophyceae).

Xanthophyceae uvádí z jeskyní Popović et al. (2019), avšak jen jako „Xanthophyta” a ne blíže specifikované rody, dále pak několik taxonů Czerwick a Mrozinska (2011) z jeskyní v Polsku a Komáromy et al. (1985) z jeskyně v Maďarsku. Podle všeho literatura nehovoří o rodu *Botrydiopsis*, ten byl tedy patrně nalezen v jeskyních vůbec poprvé. Je pravděpodobné, že se tento taxon vyskytuje i v jiných jeskyních, avšak mohl být autory při determinaci zaměněn za jiné rody – za nějaké ze zelených kulovitých kokálních řas typu *Chlorella*.

V nejvíce vzorcích (celkem v 39) byl zaznamenán *Stichococcus bacillaris*, dalšími hojnými taxony byl rod *Klebsormidium* (22 nálezů) a „*Chlorella*-like morphotype” (celkem 42 nálezů). Tyto taxony jsou z jeskyní běžně uváděny (viz tab. 1 a tab. 2) a zároveň se jedná o poměrně běžné půdní druhy (Komáromy et al., 1985).

Stichococcus bacillaris byl velmi hojný v obou jeskyních, to se shoduje s literaturou, kde se vyskytuje také velice často, pravděpodobně je to ubikvitní druh i co se jeskyní týče (Komáromy et al., 1985; Fiamon et al., 2003; Roldán et al., 2004; Šramková a Kováčík, 2005; Pouličková a Hašler, 2007; Mulec a Kosi, 2008; Urzi et al., 2010; Zucconi et al., 2012; Czerwick a Mrozinska, 2011; Popović et al., 2017).

V Chýnovské jeskyni bylo nalezeno poměrně značné množství zástupců rodu *Klebsormidium*, a to v několika morfologicky odlišných variantách. Alespoň část těchto morfotypů může představovat různé druhy, poznatky z předchozích prací naznačují výraznou kryptickou diverzitu (Rindi et al., 2008; 2011). V Koněpruských jeskyních bylo *Klebsormidium* nalezeno pouze jednou. Zdá se, že v některých jeskyních bývá *Klebsormidium* nalézáno (Šramková a Kováčík, 2005; Mulec et al., 2008; Roldán a Hernández-Marín, 2009; Urzi et al., 2010; Czerwick a Mrozinska, 2011; Popović et al., 2017) a jinde se nevyskytuje vůbec (např. Komáromy et al., 1985; Mason-Williams, 1966; Hernández-Marín a Canals, 1994; Smith a Olson, 2007; Mulec a Kosi, 2008; Popović et al., 2015; Vuuren et al., 2019). Není zřejmý žádný faktor, který by určoval jeho výskyt či absenci.

Dále bylo nalezeno několik taxonů zelených kulovitých kokálních řas („*Chlorella*-like morphotype”), což se zdá jako běžný morfotyp v lampenflóře. Konkrétně se jedná o (dle

hojnosti zastoupení) *Mychonastes homosphaera*, *Coelastrella vacuolata*, *Botrydiopsis* sp., dva blíže neurčené morfologické taxony (kokální morfortyp „podkova“ a „*Chlorella*-like“ morfortyp) a *Nannochloris* sp. Zde je porovnání s literaturou poněkud obtížnější, neboť jsou pravděpodobně každým autorem tyto řasy určovány jako jiné taxony – tzv. „*Chlorella*-like“ druhy (Urzi et al., 2010). Řada podobných exemplářů byla před nástupem metod molekulární biologie determinována jako *Chlorella*, až později se ukázalo, že taxonomická situace těchto „morpho-species“ je výrazně komplikovanější a hraje v ní významnou roli kryptická diverzita (Krivina a Temraleeva, 2020).

Druh *Pseudococcomyxa simplex* je velice běžný prakticky ve všech prostředích a zřejmě i v lampenflóře, ačkoliv je zmiňován pouze v pracích z jeskyní v České republice a v Srbsku (Kaštovský, 1995; Fiamon et al., 2003; Šramková a Kováčik, 2005; Pouličková a Hašler, 2007; Popović et al., 2017). V Chýnovské i Koněpruských jeskyních se však vyskytovala běžně (Chýnovská jeskyně 5 výskyty, Koněpruská jeskyně 6 výskyty).

V mnoha jeskynních floristických průzkumech jsou hojně zastoupenou skupinou rozsivky (např. Pouličková, 2008; Falasco et al., 2015; Popović et al., 2015; Popović et al., 2017; Popović et al., 2019; Roldán a Hernández-Mariné, 2019; Nikolic et al., 2020), přesto byly v Chýnovské a Koněpruských jeskyních nalezeny pouze dva druhy – *Humidophila gallica* a *Hantzschia abundans*. *Humidophila gallica* se zdá být v obou jeskynních systémech poměrně hojná, vyskytovala se celkem ve 12 vzorcích, jak v půdních, tak ve vodních. To odpovídá floristickým datům z jiných jeskyní (do roku 2017 jako *Diademsis gallica*) (Pouličková a Hašler, 2007; Roldán a Hernández-Mariné, 2009; Borrego-Ramos et al., 2019; Nikolic et al., 2020). *Hantzschia abundans* byla v jeskyních také nalezena – konkrétně v srbských jeskyních (Popović et al., 2019). Častěji je však uváděna *H. amphioxys* (Komáromy et al., 1985; Pouličková a Hašler, 2007; Czerwick a Mrozinska, 2011; Popović et al., 2017;). Rod *Hantzschia* uvádí i Vuuren et al. (2019) z jeskyní v jižní Africe.

Sinice mohou mít v jeskyních dominantní zastoupení, a to jak z hlediska abundance, tak na množství druhů (Czerwik-Marcinkowska, 2015; Popović, 2020; Komáromy et al., 1985). Jejich největší diverzita je udávána ze zóny portálů (Kosznik-Kwaśnicka et al., 2022), ovšem bývají, na rozdíl od řasových zástupců, nalézány i v téměř úplné tmě (Friedmann, 1979; Martínez a Asenico, 2010). Vzhledem k přítomnosti lamp ve veřejnosti zpřístupněných jeskyních není limitace světlem zásadní stresor, o to důležitější roli pak hrají kompetice a růstová rychlost (Kaštovský, 1995; Kosznik-Kwaśnicka et al., 2022). Přítomnost sinic v závislosti na místě odběru vzorku v této práci nevykazuje žádné zřetelné vzorce. Ve vzorcích z temné části Chýnovské jeskyně pak byly převládající (ačkoliv se kvůli sporadickému osvětlení

při speleologických průzkumech nejedná o zcela temné prostředí). Nejčastějším nalezeným taxonem byla *Leptolyngbya* sp., celkem v 6 vzorcích, podle morfologických vodítek se však s největší pravděpodobností nejedná o jediný taxon. Všechny nalezené taxony sinic v Chýnovské a Koněpruských jeskyních byly již dříve v jeskyních nalezeny (např. Fiamon et al., 2003; Roldán et al., 2004; Šramková a Kováčik, 2005; Roldán a Hernández-Mariné, 2009; Czerwick a Mrozinska, 2011; Popović et al., 2015; Popović et al., 2017; Popović et al., 2019; Vuuren et al., 2019). V jeskyních je nejběžněji se vyskytujícím druhem sinice *Scytonema julianum*, v této práci byla však *Scytonema* nalezena pouze v Koněpruských jeskyních a determinována jako *Scytonema* cf. *stuposum*. *S. julianum* je pravděpodobně běžnější v teplejších oblastech, v okolí Středozemního moře, a spíše v jeskynních portálech než uvnitř jeskyní jako součást lampenflóry, ačkoliv i tam se může nacházet (Friedmann, 1964; Antonopolou et al., 2002; Roldán et al., 2004; Smith a Olson, 2007; Lamprinou et al., 2009; Roldán a Hernández-Mariné, 2009; Martínez a Asenico, 2010; Asencio a Aboal, 2011).

Zajímavými nálezy byly druhy z vod Chýnovské jeskyně. *Desmodesmus communis*, běžně známý z planktonu povrchových vod (Kaštovský et al., 2018), byl v poměrně velkém množství nalezen jak v průtočné části Purkyňova jezírka, tak i v části, kde je stojatá voda, která komunikuje s aktivním tokem pouze při povodních (Krejča, 2022). Dále byl v průtočné části jezírka nalezen *Tetradismus obliquus*, který je také běžnou součástí planktonu povrchových vod (Kaštovský et al., 2018), a *Jenningsia* sp. V neprůtočné části pak byla nalezena *Vitreochlamys* sp., součást planktonu různých typů povrchových vod (Kaštovský et al., 2018).

Vzhledem k lampám umístěným přímo ve vodě, kde byly vzorky odebírány, zde očividně není limitace světlem. Jak se sem tyto druhy však dostaly, není zcela jasné – původ vody v Chýnovské jeskyni je velice pravděpodobně podzemní a zatopené části jeskyně ještě nebyly zcela prozkoumány (Krejča, 2022). Jako možný zdroj těchto běžných planktonních druhů jsou buď návštěvníci jeskyně, kteří mohli řasy přinést na botách, nebo oblečení, či spíše speleopotápěči, kteří zkoumají podzemní systém Chýnovské jeskyně a na jejich potápěčském vybavení mohly zůstat řasy z předchozích ponorů na jiných lokalitách.

V práci Külköylüoğlu et al. (2014), kteří se zabývali vodním planktonem v tureckých jeskyních, byly nalezeny planktonní druhy *Desmodesmus intermedius*, *Tetraedron minimum*, *Euglena pisciformis* a *Euglena* sp. Autoři však bohužel nekomentují zdroj vody ve zkoumaných jeskyních. Vodní biotopy v jeskyních jsou očividně zajímavé habitaty různých druhů vodních protist, naneštěstí jsou v současné době doposud poměrně málo probádané.

Jenningsia (Euglenida) která byla nalezena i ve vodách Chýnovské jeskyně, je z jeskyní uváděna, zpravidla pod dnes již neplatným názvem *Peranema*, přestože morfologický

popis odpovídá rodu *Jenningsia* (Barr, 1968; Gittleson a Hoover, 1969; Sigala-Regalado et al., 2011). Z ostatních Euglenida jsou z jeskyní známí zástupci mnoha rodů (Gittleson a Hoover, 1969; Sigala-Regalado et al., 2011; Külköylüoğlu et al., 2014; Baković et al., 2022).

4.2 Porovnání flóry Chýnovské a Koněpruských jeskyní

Ačkoli Kaštovský (1995) předpokládá, že množství návštěvníků může hrát roli v množství nalezených taxonů lampenflóry, tato hypotéza nebyla potvrzena. Koněpruské jeskyně ročně navštíví více než dvojnásobek návštěvníků než Chýnovskou jeskyní, avšak na složení lampenflóry se to nijak výrazně neodráží, spíše naopak – determinovaná diverzita Chýnovské jeskyně je dokonce vyšší.

Srovnání s jinými studiemi je problematické z důvodu rozdílnosti jeskyní i metodiky. Více zkoumané jsou jeskynní portály anebo naopak sice lampenflóra, ale práce se zabývají spíše její eliminací a praktickými náležitostmi než přesnou determinací jednotlivých druhů. Nebo jsou to floristiky z jeskyní, které mají úplně jiné chemicko-fyzikální podmínky (substrát, teplotu, vlhkost vzduchu) – zde se jedná hlavně o práce ze Středomoří. U většiny komplexních studií je sice uváděna i lampenflóra, ale spolu s portály a osvětlenými částmi jeskyní, z kompletního seznamu taxonů pak často není jasné, které druhy byly nalezeny ve které části jeskyně.

Nejpodobnějšími pracemi, jak metodikou, tak podmínkami v jeskyních, jsou práce Kaštovský (1995), Faimon et al. (2003) a Komáromy et al. (1985).

Kaštovský (1995) uvádí z Javoříčských a Mladečských jeskyní celkem 16 rodů, což je srovnatelné s množstvím rodů v Chýnovské a Koněpruských jeskyních, na počet taxonů je jich zde opět podobně – 32 taxonů. V Javoříčských a Mladečských jeskyních však bylo nalezeno podstatně více druhů rozsivek (12 druhů).

Druhou podobnou prací je také práce z jeskyní v České republice (Faimon et al., 2003). Zkoumána byla lampenflóra Kateřinské jeskyně v Moravském krasu s důrazem na experimenty s její regulací. Nalezli zde 12 taxonů – sinice, rozsivky a zelené řasy. Nižší počet taxonů je patrně způsoben odlišným přístupem k determinaci, neboť nešlo primárně o floristickou práci, ale o práci experimentální.

Komáromy et al. (1985) zkoumali veřejnosti přístupnou jeskyni Anna v Maďarsku. Zde bylo nalezeno celkem 42 taxonů sinic a řas, 10 druhů mechů a 2 taxony kaprad'orostů. Vyšší diverzita v této práci se dá pravděpodobně vysvětlit starým typem svítidel, které dělají lepší podmínky pro fotosyntézu. Elektrické osvětlení v této jeskyni bylo poprvé instalováno

v roce 1928. Lampenflóra zde byla poprvé pozorována před rokem 1939, i po její likvidaci a výměně svítidel se objevuje neustále znovu.

4.3 Morfotyp nalezených taxonů

Z morfolologického zhodnocení nalezených taxonů lze vyvodit, že nejčastějším morfotypem jsou menší (2-8 μm) kokální řasy, často kulovitěho tvaru. Z vláknitých řas se objevuje častěji pouze *Klebsormidium* spp., ale to jen v Chýnovské jeskyni. Tento morfotyp převládá v ne-sinicové lampenflóře v podstatě vždy – většina druhů nalezených v jeskyních je právě takového vzhledu (Kosznik-Kwaśnicka et al., 2022). Poněkud to pak zhoršuje možnost morfologické determinace jednotlivých taxonů.

Ze sinic převládají vláknité druhy, hlavně morfotypu *Leptolyngbya*, které jsou, dle literatury, typické pro jeskynní portály (Kosznik-Kwaśnicka et al., 2022).

5 Závěr

Lampenflóra Chýnovské a Koněpruských jeskyní se výrazně neliší od předchozích zjištění v oboru. Bylo nalezeno celkem 37 taxonů náležících k 19 rodům sinic a řas, nejčastěji byly zastoupeny zelené řasy z linie Trebouxioephyceae dále pak Klebsormidiaceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria, Bacillariophyceae, Xanthophyceae a Euglenida.

Ačkoliv byl v obou jeskynních systémech zjištěn obdobný počet půdních a aerických taxonů sinic a řas, obě jeskyně se, co se týče složení společenstev lampenflóry, přeci jen liší. Zda je odlišnost způsobená abiotickými faktory, či jde o nedostatečnost metodologie kultivace nelze s určitostí říci.

Zvláštními nálezy jsou taxony z aktivního vodního toku Chýnovské jeskyně – *Desmodesmus communis*, *Tetradesmus obliquus*, *Vitreochlamys* sp., *Jenningsia* sp. Algologické znalosti o jeskynních vodách jsou velice omezené a další výzkum je nasnadě.

Sezonalita v rámci složení společenstev lampenflóry nebyla zaznamenána.

6 Použité zdroje

- Agentura ochrany a přírody České republiky (2023a). Jednotná evidence speleologických objektů (JESO), Objekt JESO: Chýnovská. Dostupné online: <https://jeso.nature.cz/?jeso=17160> [23. 3. 2023].
- Agentura ochrany a přírody České republiky (2023b). Jednotná evidence speleologických objektů (JESO), Objekt JESO: Koněpruské. Dostupné online: <https://jeso.nature.cz/?jeso=16804&fbclid=IwAR2ykqeYy3p7k8Vi9vLhzir6eN-KoMY3Qsis7uXGlnIucUapVzpb1Tmmq-g0> [23. 3. 2023].
- Albertano, P., Bruno, L., Bellezza, S. (2005). New strategies for the monitoring and control of cyanobacterial films on valuable lithic faces. *Plant Biosystems*, 139(3): 311-322. DOI: 10.1080/11263500500342256.
- Aley, T. (2004). Tourist caves: algae and lampenflora. In: Gunn, J. (ed.) *The encyclopedia of caves and karst science*. Taylor and Francis–Routledge, New York.
- Antonopoulou, S., Oikonomou, A., Karantonis, H. C., Fragopoulou, E., Pantazidou, A. (2002). Isolation and structural elucidation of biologically active phospholipids from *Scytonema julianum* (cyanobacteria). *Biochemical Journal*, 367(1): 287-293. DOI: 10.1042/BJ20020146.
- Arroyo, G., Arroyo, I., Arroyo, E. (1997). Microbiological analysis of maltravieso cave (Caceres), Spain. *International biodeterioration & biodegradation*, 40(2-4): 131-139. DOI: 10.1016/S0964-8305(97)00039-5.
- Asencio, A. D., Aboal, M. (2011). In situ acetylene reduction activity of *Scytonema julianum* in Vapor cave (Spain). *International Journal of Speleology*, 40(1): 17-21. DOI: 10.5038/1827-806X.40.1.3.
- Azúa-Bustos, A., González-Silva, C., Mancilla, R. A., Salas, L., Palma, R. E., Wynne, J. J., McKay, C. P., Vicuña, R. (2009). Ancient photosynthetic eukaryote biofilms in an Atacama Desert coastal cave. *Microbial Ecology*, 58: 485-496. DOI: 10.1007/s00248-009-9500-5.
- Baković, N., Kepčija, R. M., Siemensma, F. J. (2022). Transitional and small aquatic cave habitats diversification based on protist assemblages in the Veternica cave (Medvednica Mt., Croatia). *Subterranean Biology*, 42: 43-60. DOI: 10.3897/42.78037
- Barr, T. C. (1968). Ecological studies in the Mammoth Cave System of Kentucky. I. The Biota. *International Journal of Speleology*, 3(1-2): 147-204. DOI: 10.5038/1827-806X.3.1.10

- Bastian, F., Jurado, V., Nováková, A., Alabouvette, C., Sáiz-Jiménez, C. (2010). The microbiology of Lascaux cave. *Microbiology*, 156(3): 644-652. DOI: 10.1099/mic.0.036160-0.
- Bischoff, H. W., Bold, H. C. (1963). Phycological Studies IV. Some Soil Algae From Enchanted Rock and Related Algal Species. *University of Texas*, Austin, 6318: 1-95.
- Bold, H.C. (1949). The morphology of *Chlamydomonas chlamydogama* sp. nov. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 76: 101-108. DOI: 10.2307/2482218.
- Borrego-Ramos, M., Blanco, S., Olenici, A. (2018). Diatoms from the Valporquero Cave (León, NW Spain), with the description of *Germainiella legionensis* sp. nov. *Journal of Cave and Karst Studies*, 80(4): 181-189. DOI:10.4311/2017MB0128.
- Czerwik-Marcinkowska J., Mrozińska T. (2011). Algae and cyanobacteria in caves of the Polish Jura. *Polish Botanical Journal*, 56(2): 203-243.
- Czerwik-Marcinkowska, J., Wojciechowska, A., Massalski, A. (2015). Biodiversity of limestone caves: aggregations of aerophytic algae and cyanobacteria in relation to site factors. *Polish Journal of Ecology*, 63(4), 481-499. DOI: 10.3161/15052249PJE2015.63.4.002.
- ČESKO. Zákon č. 114/1992 Sb., Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. In: Sbírka zákonů. 1992, částka 28, Část 2. §10. Dostupné online: <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=58170589E7DC0591C125654B004E91C1&action=openDocument> [23. 03. 2023].
- Dobát, K. (1963). Höhlenalgen bedrohen die Eiszeitmalereien von Lascaux. *Die Höhle*, Wien, 14(2): 41-45.
- Dobát, K. (1970). Considérations sur la végétation cryptogamique des grottes du Jura Souabe (sud-ouest de l'Allemagne). *Annales de Spéléologie*, 25(4): 872–907.
- Drbal, K. (2007). Národní přírodní památka Chýnovská jeskyně. *Ochrana přírody*, 62(3): 2-5.
- Drbalová, P. (2010). Některé aspekty návštěvnosti zpřístupněných jeskyní. *Ochrana přírody*, Zvláštní číslo 2. 8. 2010. Dostupné online: <https://www.casopis.ochrana-prirody.cz/zvlast-ni-cislo/nekte-re-aspekty-navstevnosti-zpristupnenych-jeskyni/> [23. 3. 2023].
- Dvornyk, V., Nevo, E. (2004). Evidence for Multiple Lateral Transfers of the Circadian Clock Cluster in Filamentous Heterocystic Cyanobacteria Nostocaceae. *Journal of Molecular Evolution*, 58: 341–347. DOI: 10.1007/s00239-003-2556-9.

- Ettl, H., Gärtner, G. (2013). Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. DOI:10.1007/978-3-642-39462-1.
- Faimon, J., Štelcl, J., Kubešová, S., Zimák J. (2003). Environmentally acceptable effect of hydrogen peroxide on cave “lamp-flora“, calcite speleothems and limestones. *Environmental Pollution*, 122: 417-422. DOI: 10.1016/S0269-7491(02)00309-3.
- Falasco, E., Bona, F., Isaia, M., Piano, E., Wetzel, C. E., Hoffmann, L., Ector, L. (2015). *Nupela troglophila* sp. nov., an aerophilous diatom (Bacillariophyta) from the Bossea cave (NW Italy), with notes on its ecology. *Fottea* 15(1): 1-9. DOI: 10.5507/fot.2015.001.
- Fernandez-Cortes, A., Cuezva, S., Sanchez-Moral, S., Cañaveras, J. C., Porca, E., Jurado, V., Martin-Sanchez, P. M., Saiz-Jimenes, C. (2011). Detection of human-induced environmental disturbances in a show cave. *Environmental Science and Pollution Research*, 18: 1037–1045. DOI: 10.1007/s11356-011-0513-5.
- Ford, D., Williams, P. D. (2007). Karst hydrogeology and geomorphology. Chichester: John Wiley & Sons.
- Friedmann, I. (1964). Progress in the biological exploration of caves and subterranean waters in Israel. *International Journal of Speleology*, 1: 29-33. DOI: 10.5038/1827-806X.1.1.5.
- Friedmann, I. (1979). The Genus *Geitleria* (Cyanophyceae or Cyanobacteria): Distribution of *G. calcarea* and *G. floridana* n. sp. *Plant Systematics and Evolution*, 131: 169-178. DOI: 10.1007/BF00984251.
- Gittleson, S. M., Hoover, R. L. (1969). Cavernicolous protozoa: review of the literature and new studies in Mammoth cave, Kentucky. *Annales de Speleologie*, 24(4): 737-776.
- Goldscheider, N., Chen, Z., Auler, A. S., Bakalowicz, M., Broda, S., Drew, D., Hartmann, J., Jiang, G., Moosdorf, N., Stevanovic, Z., Veni, G. (2020). Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. *Hydrogeology Journal*, 28: 1661-1677. DOI: 10.1007/s10040-020-02139-5.
- Grobbelaar, J. U. (2000). Lithophytic algae: A major threat to the karst formation of show caves. *Journal of Applied Phycology*, 12: 309-315. DOI: 10.1023/A:1008172227611.
- Guiry, M. D., Guiry, G. M. (2023). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Dostupné online: <https://www.algaebase.org/> [23. 3. 2023].

- Hernández-Mariné, M., Canals, T. (1994). *Herpyzonema pulverulentum* (Mastigocladaceae), a new cavernicolous atmophytic and lime-incrusted cyanophyte. *Algological Studies*, 75: 122-136. DOI: 10.1127/algol_stud/75/1995/123.
- Hernández-Mariné, M., Asonicio, A. D., Canals, A., Arino, X., Aboal, M., Hoffmann, L. (1999). Discovery of populations of lime-incrusting genus *Loriella* (Stigonematales) in Spanish caves. *Archiv für Hydrobiologie / Algological Studies* 94: 121-138. DOI: 10.1127/algol_stud/94/1999/121.
- Hoffmann, L., Gugger, M. (2003). Morphological and molecular characterisation of a stigone-matalean cyanobacterium isolated from a Spanish cave. *Algological Studies*, 109: 259-265. DOI: 10.1127/1864-1318/2003/0109-0259.
- Hůlková, Z. (2018). Diverzita a ekologie terestrických sinic a řas v jeskyních CHKO Moravský kras, bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Ústav botaniky a zoologie, 48 pp.
- Jennings, J. N. (1971). *An Introduction to Systematic Geomorphology VII: Karst*, Australian National University Press, Canberra.
- John, D. M., Whitton, B. A., Brook, A. J. (eds.) (2011). *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kaštovský, J. (1995). Nárosty řas z Mladečských a Javoříčských jeskyní, bakalářská práce. Biologická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 34 pp.
- Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Pitelková, P., Pusztai, M. et al. (2018). *Atlas sinic a řas ČR 1, 2*. powerprint, Praha.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (1999). Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 19/1: Cyanoprocaryota: Teil/Part 1: Chroococcales. Gustav Fischer Verlag Jena, Německo.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2007). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/2: Cyanoprocaryota: Bd. 2/Part 2: Oscillatoriales. Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier GmbH, Německo.
- Komárek, J. (2013). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3: Cyanoprocaryota 3. Teil/3rd part: Heterocytous Genera. Springer Spektrum, Heidelberg.
- Komáromy, Z. P., Padisák, J., Rajczy, M. (1985). Flora in the lamp-lit areas of the cave “Anna-Barlang” near Lillafüred (Hungary). *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici*, 77: 103-112.

- Kosznik-Kwaśnicka, K., Golec, P., Jaroszewicz, W., Lubomska, D., Piechowicz, L. (2022). Into the unknown: Microbial communities in caves, their role, and potential use. *Microorganisms*, 10(222): 1-18. DOI: 10.3390/microorganisms10020222.
- Kováčik, L. (2000). Cyanobacteria and algae as agents of biodeterioration of stone substrata of historical buildings and other cultural monuments. In: Suckwon, C. (ed.), *New Millennium International Forum on Conservation of Cultural Property*. Institute of Conservation Science for Cultural Heritage, Kongju, Korea: 44-58.
- Krejča, F. (2022). Správa Chýnovské jeskyně, zástupce vedoucího správy (ústní sdělení). 17. 10. 2022.
- Krivina, E.S., Temraleeva, A.D. (2020). Identification Problems and Cryptic Diversity of Chlorella-Clade Microalgae (Chlorophyta). *Microbiology*, 89: 720–732. DOI: 10.1134/S0026261720060107
- Krumbein, W. E. (1987). Microbial interaction with mineral materials: Symposium on scientific methodologies applied to works of art. In: Houghton D. R., Smith R. N., Eggins O. W. (eds.) – *Biodeterioration 7: Selected Papers*, presented at the 7th International Biodeterioration Symposium, Cambridge, U. K.
- Kunský, J., Stehlík, V. (1953). Macocha a Moravský kras. Orbis, Praha.
- Külköylüoğlu, O., Yavuzatmaca, M., Karacaoğlu, D., Telli, M. (2014). The aquatic diversity of ostracoda, phytoplankton and zooplankton from freshwater cave habitats in Turkey. *Cave and Karst Science*, 41(3): 99-104.
- Kyrle, G., (1923). Grundriss der theoretischen Speläologie. Wien, *Österreichischen Staatsdruckerei*.
- Lamprinou, V., Christodoulou, M., Hernández-Mariné, M., Parmakelis, A., Economou-Amilli, A. (2016). *Spelaeonaias* gen. nov., a new true-branched cyanobacterium from Cave Vlychada (Diros, Peloponnese, Greece). *Phytotaxa*, 282(3): 171-185. DOI: 10.11646/phytotaxa.282.3.1.
- Lamprinou, V., Danielidis, D. B., Pantazidou, A., Oikonomou, A., Economou-Amilli, A. (2014). The show cave of Diros vs. wild caves of Peloponnese, Greece-distribution patterns of Cyanobacteria. *International Journal of Speleology*, 43(3): 335-342. DOI: 10.5038/1827-806X.43.3.10.
- Lamprinou, V., Hernández-Mariné, M., Canals, T., Kormas, K., Economou-Amilli, A., Pantazidou, A. (2011). Morphology and molecular evaluation of *Iphinoe spelaeobios* gen. nov., sp. nov. and *Loriellopsis cavernicola* gen. nov., sp. nov., two stigonematalean

- cyanobacteria from Greek and Spanish caves. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 61(12): 2907-2915. DOI: 10.1099/ij.s.0.029223-0.
- Lamprinou, V., Hernández-Mariné, M., Pachiadaki, M. G., Kormas, K. A., Economou-Amilli, A., Pantazidou, A. (2013a). New findings on the true-branched monotypic genus *Iphinoe* (Cyanobacteria) from geographically isolated caves (Greece). *Fottea*, 13(1): 15-23. DOI: 10.5507/fot.2013.002.
- Lamprinou, V., Pantazidou, A., Papadogiannaki, G., Radea, C., Economou-Amilli, A. (2009). Cyanobacteria and associated invertebrates in Leontari Cave, Attica (Greece). *Fottea*, 9(1): 155-164. DOI: 10.5507/fot.2009.014.
- Lamprinou, V., Skaraki, K., Kotoulas, G., Anagnostidis, K., Economou-Amilli, A., Pantazidou, A. (2013b). A new species of *Phormidium* (Cyanobacteria, Oscillatoriales) from three Greek Caves: morphological and molecular analysis. *Fundamental and Applied Limnology*, 182(2): 109-116. DOI: 10.1127/1863-9135/2013/0323.
- Lamprinou, V., Skaraki, K., Kotoulas, G., Economou-Amilli, A., Pantazidou, A. (2012). *Toxopsis calypsus* gen. nov., sp. nov. (Cyanobacteria, Nostocales) from cave 'Franchi', Peloponnese, Greece: a morphological and molecular evaluation. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 62: 2870-2877. DOI: 10.1099/ij.s.0.038679-0.
- Lee, N. M., Meisinger, D. B., Aubrecht, R., Kovacik, L., Saiz-Jimenez, C., Baskar, S., Baskar, R., Liebl, W., Porter, M. L., Engel, A. S. (2012). Caves and karst environments. In: Bell, E. M. (ed.) *Life at extremes: environments, organisms and strategies for survival*, CABI, Londýn, UK.
- Lundberg, J., McFarlane, D. A., Brewer-Carias, C. (2010). An extraordinary example of photokarren in a sandstone cave, Cueva Charles Brewer, Chimantá Plateau, Venezuela: Biogeomorphology on a small scale. *Geomorphology*, 121(3-4): 342-357. DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.05.005.
- Mais, K. (2004). The influence of visitors on alpine show caves. In: Dvorščak, K., Kranjc, A., Mihevc, A., Paternost, S., Šajn, S., and Zupan-Hajna, N. (eds.). *Proceedings, 4th International ISCA Congress*, Postojna, Slovenia, Postojnska jama, turizem: 201-208.
- Martínez, A., Asencio, A. D. (2010). Distribution of cyanobacteria at the Gelada Cave (Spain) by physical parameters. *Journal of Cave and Karst Studies*, 72(1): 11-20. DOI: 10.4311/jcks2009lsc0082.
- Mason-Williams, M. (1967). Further investigations into bacterial and algal populations of caves in South Wales. *International Journal of Speleology*, 2(4): 389-395.

- Moldovan, O. T., Iepure, S., Brad, T., Kenesz, M., Mirea, I. C., Năstase-Bucur, R. (2020). Database of Romanian cave invertebrates with a Red List of cave species and a list of hotspot/coldspot caves. *Biodiversity Data Journal*, 8: e53571. DOI: 10.3897/BDJ.8.e53571.
- Morton, F., Gams, H. (1925). Höhlenpflanzen. Verlag. Eduard Hölzel, Wien.
- Mulec, J. (2005). Algae in the karst caves of Slovenia. Ph.D. thesis. Ljubljana, Slovenia, University of Ljubljana, 149 pp.
- Mulec, J. (2014). Human impact on underground cultural and natural heritage sites, biological parameters of monitoring and remediation actions for insensitive surfaces: Case of Slovenian show caves. *Journal for Nature Conservation*, 22(2): 132-141. DOI: 10.1016/j.jnc.2013.10.001.
- Mulec, J. (2019). Chapter 75: Lampenflora. In: White, B. W., Culver, D. C., Pipan, T. (eds.) *Encyclopedia of Caves*, 3rd edition, Academic Press.
- Mulec, J., Kosi, G. (2008). Algae in the aerophytic habitat of Račiške ponikve cave (Slovenia). *Natura Sloveniae*, 10(1): 39-49.
- Mulec, J., Kosi, G. (2009). Lampenflora algae and methods of growth control. *Journal of cave and karst studies*, 71(2): 109-115.
- Mulec, J., Kosi, G., Vrhovšek, D. (2008). Characterization of cave aerophytic algal communities and effects of irradiance levels on production of pigments. *Journal of Cave and Karst Studies*, 70(1): 3-12.
- Nikolić, N., Popović, S., Vidaković, D., Subakov-Simić, G., Krizmanić, J. (2020). Genus *Humidophila* from caves in Serbia with an improved detailed description of rare *H. brekkaenoides*. *Archives of Biological Sciences*, 72(2): 279-289. DOI: 10.2298/ABS200228022N.
- Peštová, K. (2010). Chýnovská jeskyně (Národní přírodní památka). Dostupné online: <https://www.kct-tabor.cz/gymta/ChranenaUzemiCR/Taborsko/ChynovskaJeskyne/index.htm> [23. 3. 2023].
- Popović, S., Krizmanić, J., Vidaković, D., Karadžić, V., Milovanović, Ž., Pečić, M., Subakov-Simić, G. (2020). Biofilms in caves: Easy method for the assessment of dominant phototrophic groups/taxa in situ. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(720): 1-17. DOI: 10.1007/s10661-020-08686-4.
- Popović, S., Nikolić, N., Jovanović, J., Predojević, D., Trbojević, I., Manić, L., Subakov-Simić, G. (2019). Cyanobacterial and algal abundance and biomass in cave biofilms

- and relation to environmental and biofilm parameters. *International Journal of Speleology*, 48(1): 49-61. DOI: 10.5038/1827-806X.48.1.2224.
- Popović, S., Simić, G., Stupar, M., Unković, N., Krunić, O., Savić, N., Grbić, M. (2017). Cave biofilms: characterization of phototrophic cyanobacteria and algae and chemotrophic fungi from three caves in Serbia. *Journal of Cave and Karst Studies*, 79(1): 10-23. DOI: 10.4311/2016MB0124.
- Popović, S., Subakov Simić, G., Stupar, M., Unković, N., Predojević, D., Jovanović, J., Ljaljević-Grbić, M. (2015). Cyanobacteria, algae and microfungi present in biofilm from Božana Cave (Serbia). *International Journal of Speleology*, 44(2): 141-149. DOI: 10.5038/1827-806X.44.2.4.
- Pouličková, A. (2008). Morphology, cytology and sexual reproduction in aerophytic cave diatom *Luticola dismutica* (Bacillariophyceae). *Preslia*, 80(1): 87-99.
- Pouličková, A., Hašler, P. (2007). Aerophytic diatoms from caves in central Moravia (Czech Republic). *Preslia*, 79(2): 185-204.
- Rindi, F., Guiry, M. D., López-Bautista, J. M. (2008). Distribution, morphology, and phylogeny of *Klebsormidium* (Klebsormidiales, Charophyceae) in urban environments in Europe 1. *Journal of Phycology*, 44(6): 1529-1540. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2008.00593.x.
- Rindi, F., Mikhailyuk, T. I., Sluiman, H. J., Friedl, T., López-Bautista, J. M. (2011). Phylogenetic relationships in *Interfilum* and *Klebsormidium* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 58(2): 218-231. DOI: 10.1016/j.ympev.2010.11.030.
- Roldán, M., Clavero, E., Canals, T., Gómez-Bolea, A., Ariño, X., Hernández-Mariné, M. (2004). Distribution of phototrophic biofilms in cavities (Graf, Spain). *Nova Hedwigia*, 78(3-4): 329-351. DOI:10.1127/0029-5035/2004/0078-0329.
- Roldán, M., Hernández-Mariné, M. (2009). Exploring the secrets of the three-dimensional architecture of phototrophic biofilms in caves. *International Journal of Speleology*, 38(1): 41-53. DOI: 10.5038/1827-806X.38.1.5.
- Roldán, M., Oliva, F., González del Valle, M. A., Sáiz-Jiménez, C., Hernández-Mariné, M. (2006). Does green light influence the fluorescence properties and structure of phototrophic biofilms? *Applied and Environmental Microbiology*, 72(4): 3026-3031. DOI: 10.1128/AEM.72.4.3026-3031.2006.
- Roldán, M., Ramírez, M., Del Campo, J., Hernández-Mariné, M., Komárek, J. (2013). *Chaliocogloea cavernicola* gen. nov., sp. nov. (Chroococcales, Cyanobacteria), from low-

- light aerophytic environments: combined molecular, phenotypic and ecological criteria. *International Journal of systematic and evolutionary microbiology*, 63: 2326-2333. DOI: 10.1099/ij.s.0.045468-0.
- Rooney, D. C., Hutchens, E., Clipson, N., Baldini, J., McDermott, F. (2010). Microbial community diversity of moonmilk deposits at Ballynamintra Cave, Co. Waterford, Ireland. *Microbial Ecology*, 60: 753-761. DOI: 10.1007/s00248-010-9693-7.
- Saiz-Jimenez, C. (2012). Microbiological and environmental issues in show caves. *Journal of microbiology and biotechnology*, 28: 2453-2464. DOI 10.1007/s11274-012-1070-x.
- Sigala-Regalado, I., Mayen-Estrada, R., Morales-Malacara, J. B. (2011). Spatial and temporal distribution of protozoa at Cueva de Los Riscos, Querétaro, México. *Journal of Cave and Karst Studies*, 73(2): 55-62. DOI: 10.4311/jcks2009mb121.
- Smith, T., Olson, R. (2007). A taxonomic survey of lamp flora (Algae and Cyanobacteria) in electrically lit passages within Mammoth Cave National Park, Kentucky. *International Journal of Speleology*, 36(2): 105-114. DOI: 10.5038/1827-806X.36.2.6.
- Správa jeskyní ČR 2023a. Chýnovská jeskyně. Dostupné online: <https://www.caves.cz/jeskyne/chynovska-jeskyne> [23. 3. 2023].
- Správa jeskyní ČR 2023b. Koněpruské jeskyně. Dostupné online: <https://www.caves.cz/jeskyne/konepruske-jeskyne> [23. 3. 2023].
- Šramková, K., Kováčik, L. (2005). Výskyt cyanobaktérií a rias v nárastoch „lampenflóry“ v šiestich sprístupnených jaskyniach na Slovensku. *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti*, 27: 17-21.
- Trinh, D. A., Trinh, Q. H., Tran, N., Guinea, J. G., Matthey, D. (2018). Eco-friendly Remediation of Lampenflora on Speleothems in Tropical Karst Caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, 80(1): 1-12. DOI: 10.4311/2017ES0101.
- Tuf, I. H., Tajovský, K., Mikula, J., Laška, V., Mlejnek, R. (2008). Terrestrial isopods (isopoda: Oniscidea) in and near the Zbrašov Aragonit caves (Czech Republic). In *Proceedings of the international symposium on terrestrial isopod biology: ISTIB-07, I. Biodiversity & Systematics*: 33-36.
- Urzi, C., De Leo, F., Bruno, L., Albertano, P. (2010). Microbial diversity in Paleolithic caves: a study case on the phototrophic biofilms of the Cave of Bats (Zuheros, Spain). *Microbial Ecology*, 60: 116-129. DOI: 10.1007/s00248-010-9710-x.
- van Vuuren, S. J., du Preez, G., Levanets, A., Maree, L. (2019). Epilythic cyanobacteria and algae in two geologically distinct caves in South Africa. *Journal of Cave and Karst Studies*, 81(4): 254-263. DOI: 10.4311/2019MB0113.

- Vegh, Z. (1989). The problem of the lampflora in Baradla cave. *Proceedings of the 10th International Congress of Speleology*, Budapest, Hungary, Hungarian Speleological Society, Budapest, 559–561.
- Zajíček, P. (2010). *Jeskyně České republiky*. Academia, Praha.
- Zhu, H. Z., Jiang, C. Y., Liu, S. J. (2022). Microbial roles in cave biogeochemical cycling. *Frontiers in Microbiology*, 13(950005): 1-10. DOI: 10.3389/fmicb.2022.950005.
- Zucconi, L., Gagliardi, M., Isola, D., Onofri, S., Andaloro, M. C., Pelosi, C., Pogliani, P., Selbmann, L. (2012). Biodeterioration agents dwelling in or on the wall paintings of the Holy Saviour's cave (Vallerano, Italy). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 70: 40-46. DOI: 10.1016/j.ibiod.2011.11.018.