

ODBORNÉ PRÍSPEVKY

Recentné stromatolity na Slovensku ako nika pre iné cyanobaktérie a riasy

Recent stromatolites in Slovakia as a niche for other cyanobacteria and algae

Alica HINDÁKOVÁ

CBRB SAV, Botanický ústav, Dúbravská cesta 9, SK–845 23 Bratislava;

e-mail: alica.hindakova@savba.sk

Abstract

Some examples of recent stromatolites of different *Rivularia* taxa from geothermal borehole at Gánovce and from mountain stream Rybná in Rybná Valley in Slovakia are presented. The structure of their colonies provides a suitable niche for other phototrophic organisms, mainly for cyanobacteria of the genera *Aphanothece*, *Leibleinia*, *Leptolyngbya*, *Heteroleibleinia*, *Homoeothrix*, and diatoms from the genera *Crenotia*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Encyonopsis* or *Eunotia*. We have seen severe damage of travertine localities, incl. stromatolites, therefore strict protection and control of the whole area is needed.

Keywords: stromatolites, cyanobacterial and algal communities, travertines, Gánovce, Rybná Valley, Slovakia

Úvod

V Európe je známych viacero lokalít s recentnými stromatolitmi, Slovensko nevynímajúc (Lhotský et al. 1974; Hindáková et al. 2015). Na našom území sú živými a neustále sa meniacimi útvarmi najmä vďaka vláknitým cyanobaktériám rodu *Rivularia* (Rivulariaceae). Sladkovodné stromatolity nie sú také atraktívne a navštevované ako stromatolity v morských zátokách (napr. v západnej Austrálii), zaslúžia si však našu pozornosť a ochranu. Vyskytujú sa na travertínových podložiach, ktoré patria medzi vzácné a ohrozené lokality. Napriek tomu dochádza k devastácii krehkých travertínových vrstiev a k postupnému znečisťovaniu termálnych vôd. Zmena vyváženého termálneho prostredia významne ovplyvňuje zloženie fototrofného spoločenstva a samotnú tvorbu stromatolitov.

V tomto príspevku charakterizujeme stromatolitné útvary so sprievodnými cyanobaktériami a riasami žijúcimi vo vnútri alebo na povrchu ich kolónií. Študovali sme dve rozdielne lokality: hydrogeologické vrty v Gánovciach a rameno potoka Rybná pri Rajeckej Lesnej.

Materiál a metódy

Študované geotermálne vrty sa nachádzajú v Popradskej kotline pri dedine Gánovce, juhovýchodne od Popradu. Obidva vrty sú činné, bližší k dedine (GPS 49.0280264N, 20.3327631E) je menší ako druhý s mohutnejšou konštrukciou, a teda silnejším výverom (GPS 49.0272439N, 20.3351100E). Prúd termálnej vody svojou intenzitou (vystrekuje z hĺbky 110 m asi v hodino-

vých intervaloch) vyformoval plytké kruhové jazierko a úzky odtokový kanál, ktorý steká po zvažujúcom sa teréne (Obr. 1). Stromatolity porastali brehy jazierka a kanála, a to do 10–12 m vzdialenosti od vrtu. Pri druhom, menšom vrte sme stromatolitné útvary nepozorovali. Pri augustovom odbere v r. 2017 bola teplota jazierka 23,8 °C; pH 7,06; RES 292 Ω; TDS 1,71 g/L; salt sw 1,832 ppt; teplota v odtokovom kanáli väčšieho vrtu 23,7–24,4 °C; pH 7,07–7,33; RES 311–315 Ω; TDS 1,58–1,60 g/L; salt sw 1,7 ppt (staršie údaje pozri Hindák & Hindáková 2013).

Potok Rybná je prvý prítok rieky Rajčanky, ktorá preteká Rybnou dolinou neďaleko Rajeckej Lesnej. V jeho dolnej časti je chatová zástavba. Má charakter horského toku, voda pomerne rýchlo tečie (hodnoty z augusta 2017: teplota vody 15,9 °C, pH 8,3). V istom úseku (GPS 49.0264342N, 18.6364114E), veľmi pravdepodobne pri vysokom stave vody, vzniklo jeho bočné rameno s niekoľkými rôzne hlbokými depresiami. Voda v ramene je plytšia, preteká výrazne pomalšie, v niektorých mesiacoch sa dokonca javí bez pohybu, a preto sa mierne prehrieva (hodnoty z augusta 2017: teplota vody 17 °C, pH 7,8; RES 2,79; TDS 179,7; salt sw 0,13 ppt). Rameno potoka bolo v čase našich odberov vždy výrazne zarastené. Stromatolitné útvary boli prichytené na kameňoch, ktoré pre nízky stav vody vyčnievali nad hladinu (Obr. 5).

Kolónie rôznych tvarov a zafarbenia sme zbierali do 200 ml plastových odberových nádob. Časť vzoriek sme konzervovali formaldehydom priamo na lokalitách, uložené sú v CBRB, na Oddelení nižších rastlín Botanického ústavu v Bratislave. V laboratóriu sme živé vzorky rozdelili ako subkultúry do Petriho misiek a umiestnili do kultivačného boxu alebo do kadičiek na okná. Na štúdium sme používali lupu Olympus SZ61 s kamerou ARTRAY a svetelný mikroskop Leitz Diaplan s fotografickým zariadením Wild Photoautomat MPS45.

Výsledky a diskusia

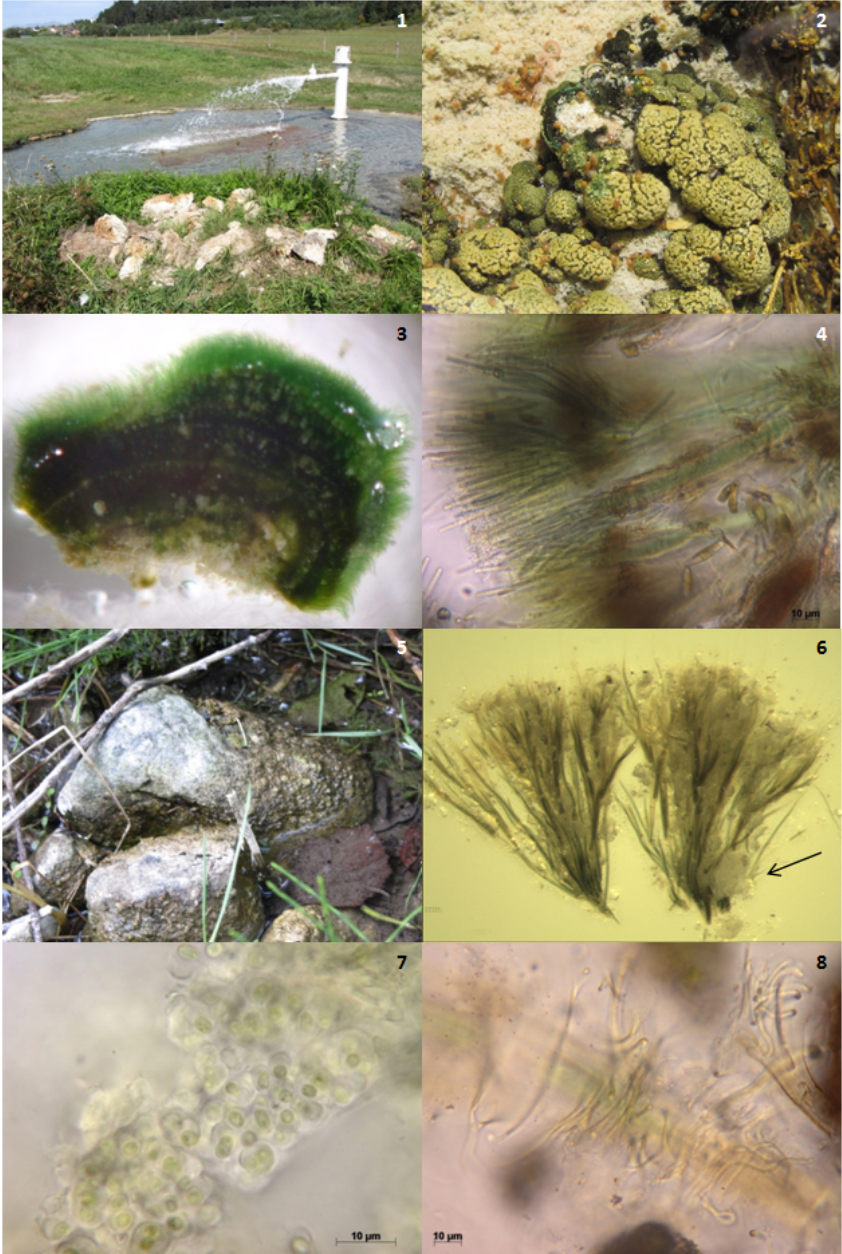
Gánovce:

Makroskopické stromatolitné útvary utvorené pri väčšom vrte v Gánovciach sa líšili tvarmi a zafarbením. Mohli sme rozlíšiť 3 morfológie:

1/ čierne stromatolitné útvary boli spočiatku hemisférické, jednotlivé, narastaním postupne splývali až vytvárali veľmi tvrdé, drobné, iba niekoľko mm vysoké a drobivé kolónie. Zložené boli z vlákien *Rivularia* cf. *dura* Roth ex Bornet et Flahault.

2/ žltohnedé mozgovité stromatolitné útvary boli tvrdé a kompaktné, zložené z vlákien *Rivularia* cf. *dura*. Od predchádzajúceho morfológie sa odlišovali celkovým makroskopickým vzhľadom, podstatne väčšími rozmermi kolónií a ich zafarbením. Hemisférické kolónie sa charakteristicky mozgovito zoskupovali (Obr. 2), tento vzhľad umocňovalo aj výrazné zoskupenie kryštálov uhlíčitane vápenatého pri povrchu kolónií.

3/ tmavozelené až hnedé bochníkovité stromatolitné útvary boli kompaktné a na omak hladké, zamatové, príjemne mäkké, veľké až niekoľko centimetrov, zložené z vlákien cyanobaktérie *Rivularia haematites* (DeCandolle) Agardh et



Bornet et Flahault. Kolónie pri vybratí z vody boli najmä v spodnej časti nápadne smaragdovo zelené. Pri priečnom priereze (Obr. 3) boli stromatolitné útvary charakteristicky vrstevnaté (pripomínali letokruhy u stromov) a výrazne inkrustované kryštálmi uhličitanu vápenatého.

Čierne kolónie porastali najmä brehy plytkého jazierka a vrchnú časť odtokového kanála. Mozgovité a bochníkovité kolónie rástli predovšetkým v strednej úzkej a spodnej rozširujúcej sa časti odtokového kanála, cca do 10–12 m vzdialenosti od vrtu.

Stromatolitné útvary svojou stavbou poskytujú niku s viacerými výhodami pre iné fototrofné mikroorganizmy. Hlavnými výhodami „spolužitia“ je ich ochrana pred extrémnymi výkyvmi prostredia a pred predátormi. Voči vysychaniu a výkyvom teploty, ktoré sa v horských podmienkach menia v priebehu dňa, ich chráni kompaktný tvar kolónií. Vlákna *Rivularia* sú v nich zoradené paralelne tesne vedľa seba, čím si zachovávajú maximálne stabilné prostredie. Dôležitú ochrannú úlohu zohráva množstvo a typ usporiadania vápenatých kryštálov (Obr. 6), ktoré je pre taxóny charakteristické (Obenlűneschloss 1991). Ďalšou výhodou sú vlasovité ukončenia vlákien („vlasý“), ktoré sú dlhé a nápadne vytrčajú z kolónií. V prírode sú požírané živočíchmi, ich dĺžka sa tak výrazne skracuje, ostatné vegetatívne bunky vlákna zostávajú v kompaktnej kolónii uchránené. Tento fakt treba brať do úvahy pri determinácii taxónov, v určovacích kľúčoch je to jeden z morfológických znakov (Komárek 2013). Vlasý u *Rivularia* zväčšujú nielen plochu povrchu pre aktivity fosfatázy, ale pomáhajú získavať fosfor z prostredia s jeho nízkou alebo iba príležitostne vysokou koncentráciou (Whitton & Mateo in Whitton 2013).

U všetkých troch morfortypov stromatolitov sme pozorovali epifytické a endofytické cyanobaktérie a riasy. Koncové pigmentované vegetatívne bunky vlákien *Rivularia* obrastali metlinovité vzásočky cyanobaktérie *Heteroleibleinia* sp. (Obr. 4), vytvorili tak hustú izolačnú vrstvu tesne pod povrchom útvarov. Príležitostne obmotávali pošvy vlákien *Rivularia* aj iné cyanobaktérie, napr. lasovitým spôsobom *Leibleinia epiphytica* (Hieronymus) Compère. Vnútri stromatolitov našla optimálnu niku termofilná rozsievka z okruhu *Crenotia thermalis* (Rabenh.) Wojtal. Jej bunky boli medzi vláknami *Rivularia* nápadne husto natlačené (Obr. 4). Pozorovali sme najmä malé oválne a dlhé úzke lineárne jedince. V odbornej literatúre úzke lineárne schránky nie sú zdokumentované, preto sa domnievame, že ide o morfortyp, ktorý sa prispôbil na životný priestor vnútri stromatolitov.

Obr. 1. Kopa travertínu s nárastami po „čistení“ odtokového kanála vrtu v Gánovciach; 2. mozgovité žltohnedé stromatolity *Rivularia* cf. *dura*; 3. priečný prierez tmavozeleného bochníkovitého stromatolitu (lupa); 4. metlinovité vzásočky *Heteroleibleinia* sp. na koncoch vlákien *Rivularia*, medzi vláknami početné bunky rozsievky *Crenotia thermalis*; 5. kamene so „zablatenými“ kolóniami *Rivularia calcarata*; 6. trsy kolónie s vláknami oblepenými vápenatými kryštálmi (šípka; lupa); 7. bunky kokálnej cyanobaktérie z rodu *Aphanothece* nepravidelne usporiadané v slize; 8. vlákna *Leibleinia epiphytica* lasovito obmotávajúce pošvy vlákien *R. calcarata*. Mierka = 10 µm. (Foto: autorka)

Rybná dolina:

Stromatolitné útvary obrastali kamene ako drobné až väčšie pluzgierovité kolónie, zelenastým až hnedosivým zafarbením pôsobili ako keby boli zablatené (Obr. 5). Kolónie boli veľmi krehké, pri manipulácii sa ľahko rozpadávali na jednotlivé trsy (Obr. 6), tvorili ich vlákna *Rivularia calcarata*.

Pošvy radiálnych vlákien *Rivularia* lasovitým spôsobom obmotávali vlákna cyanobaktérie *Leibleinia epiphytica* (Obr. 8), obdobne ako u *Rivularia haematites* v Gánovciach alebo v Šuji (Hindáková et al. 2015). V subkultúrach vlákna *Leptolyngbya* a *Homoeothrix* prenikali priamo do pošiev, kde nachádzali priestor vhodný na svoj rozvoj. Medzi trsmi *R. calcarata* sme nachádzali ojedinele aj rozsievky, napr. zástupcov rodov *Gomphonema*, *Eunotia*, *Navicula*, *Encyonopsis*. Masový rozvoj rozsievok, aký sme zaznamenali v stromatolitoch v Gánovciach (*Crenotia thermalis*), sme u kolónií žijúcich v potoku Rybná nepozorovali.

Preliačenie spodnej časti hemisférickej kolónie využila kokálna cyanobaktéria z rodu *Aphanothece* (Obr. 7). V žltlooranžových makroskopických (2–3 mm) slizovitých kolóniách boli oválne bunky usporiadané nepravidelne. Vzhľadom je podobná *A. microscopica* Nägeli, avšak táto má podľa literárnych údajov jasne modrozelený sliz (Komárek & Anagnostidis 1998).

Na Slovensku sa tvorba stromatolitných útvarov typu *Rivularia* viaže na travertínové podložie horských oblastí a na prísun oligotrofnej termálnej vody (Hindák & Hindáková 2013, 2014; Hindáková et al. 2015). Výskyt kolónií *R. calcarata* v ramene potoka Rybná je pozoruhodný – voda preteká travertínovým podložíom, je bohatá na uhličitan vápenatý, ale nie je termálna. Naše doterajšie molekulárne analýzy naznačujú, že cyanobaktéria určená na základe morfológických znakov ako *R. calcarata* je zrejme samostatný taxón blízko príbuzný s inými zástupcami rodu *Rivularia*. Vyhodnotenie molekulárnych dát je komplikované aj pre blízkosť cladov zástupcov *Calothrix* (cf. Berrendero et al. 2008, Komárek 2013).

Viaceré lokality s termálnymi prameňmi alebo vrtmi patria medzi chránené lokality (PR) alebo územia európskeho významu. Vzácná je ich vegetácia (vrátane výskytu recentných stromatolitov) a fauna viazaná na silne mineralizované vody, ale aj samotná tvorba travertínových vrstiev. Nové vrstvy prameni (penovca) sú veľmi krehké, vznikajú dlhodobým procesom (vďaka kryštálom uhličitanu vápenatého, cyanobaktériám, riasam a vyšším rastlinám). Návštevník nájde informačné tabule aj pri vstupe na Gánovské karpatské travertínové slanská, sú umiestnené na začiatku chodníka vedúceho ku geotermálnym vrtom pri dedine Gánovce. O potrebe ochrany vzácných, chránených a ohrozených druhov slanomilných spoločenstiev sa dozvie aj dieťa základnej školy. Navyše, v dnešnej internetovej dobe si informácie o význame Natura 2000 nájde bez problémov každý (<http://www.sopsr.sk/natura/index1.php?p=3&lang=sk>).

Napriek tomu dochádza ľudskou činnosťou k devastácii krehkých travertínových vrstiev a k znečisťovaniu termálnych vôd. Videli sme, ako vystre-

kujúca voda z vrtu v Gánovciach slúži návštevníkom ako sprcha, jazierko na lokalite Biely kameň (prírodnej pamiatky v tesnej blízkosti gejzíra v Gánovciach) ako bazén. V dedine je na tieto účely k dispozícii moderné kúpalisko s termálnou vodou (a s pravidelnou hygienickou kontrolou), avšak so vstupným. Na brehu vyhádzané „prebytočné“ usadeniny (Obr. 1) svedčia zase o snahe udržiavať odtokový kanál gánoveckého vrtu „čistý“. Skutočnosť, že úpravami boli odstránené aj dlhé roky sa utvárajúce stromatolity (nenávratne zmizol mozgovitý morfotyp, Obr. 2), je rovnako smutná a nepochopiteľná ako fakt, že vzácne územia si s ľahkosťou nechávame ničť „užívateľmi prírody“, a to až do nenávratna.

PodĎakovanie

Práca sa vypracovala v rámci projektu VEGA 2/0060/15. Autorka ďakuje za pomoc pri zbere algologického materiálu Ing. P. Tomášovi a p. J. Križanovej za technickú pomoc.

Literatúra

- BERRENDERO, E., PERONA, E. & MATEO, P. 2008. Genetic and morphological characterization of *Rivularia* and *Calothrix* (Nostocales, Cyanobacteria) from running water. *IJSEM* 58: 447-454.
- HINDÁK, F. & HINDÁKOVÁ, A. 2013. Masový rozvoj fototrofných mikroorganizmov v okolí termálneho gejzíra v Gánovciach. *Limnologický spravodajca* 7(1): 11-16.
- HINDÁK, F. & HINDÁKOVÁ, A. 2014. Sinice a riasy v minerálnych prameňoch na travertínovej kope Sivá Brada (Spiš, východné Slovensko). *Limnologický spravodajca* 8(2): 27-33.
- HINDÁKOVÁ, A., HINDÁK, F. & BALÁŽOVÁ, T. 2015. Mikroflóra siníc a rias slatinného rašeliniska v Šuji v Rajeckej doline (stredné Slovensko). *Bull. Slov. Bot. Spoločn., Bratislava* 37(1): 11-20.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1998. Cyanoprokaryota 1. Chroococcales. In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1, p. 548. Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm: Gustav Fischer.
- KOMÁREK, J. 2013. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/3, Cyanoprokaryota. 3. Teil/Part 3, Heterocytous genera. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- LHOTSKÝ, O., ROSA, K. & HINDÁK, F. 1974. Súpis siníc a rias Slovenska. Veda VSAV, Bratislava.
- OBENLÜNESCHLOSS, J. 1991. Biologie und Ökologie von drei rezenten Süßwasser-Rivularien (Cyanobakterien) – Übertragbarkeit artspezifischer Verkalkungsstrukturen auf fossile Formen. *Göttingen Arb. Geol. Paläont.*, 50: 86 pp.
- WHITTON, B.A. & MATEO, P. 2013. Rivulariaceae, p. 561-591. In: WHITTON, B.A. (ed.) *Ecology of cyanobacteria II. Their diversity in space and time*, Springer.
- <http://www.soprs.sk/natura/index1.php?p=3&lang=sk>