

Paleoekologické zhodnotenie riasových vápencov z lokality Stupava-Vrchná hora (Viedenská panva, Slovensko)

JURAJ HRABOVSKÝ¹ a KLEMENT FORDINÁL²

¹Ústav geologických vied, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, Vevěří, 611 37 Brno;
jurajhrbvs@gmail.com

²Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava;
klement.fordinal@geology.sk

Paleoecological evaluation of the algal limestones in Stupava-Vrchná hora locality (Vienna Basin, Slovakia)

Algal limestones of Vrchná hora are known since the second half of 19th century, when Andrian (1863) marked them on geological map of 1 : 144 000 scale. Coralline algae (Rhodophyta, Corallinales, Sporolithales), as a main component of these limestones, are dominant in the Cenozoic shallow-water ecosystems, and many identified species from Vrchná hora still inhabit recent seas. They provide a useful paleoecological tool for the Badenian Vrchná hora limestones environment interpretations. Fruticose rhodoliths, unattached protuberances and their debris are dominant in studied samples. The algal gastropods and algal micrite microfacies were recognized. They correspond to lithoclastic coralline algal rudstone within grainstone matrix lithofacies that prograde to lithoclastic coralline algal gastropod rudstone within grainstone matrix, and to lithofacies of algal grainstone – packstone. Together with coralline algal species, first two lithofacies can be compared to recent maërl sediment of the Mediterranean Sea coastal detritic environment. Skeletal association corresponds to common warm temperate and subtropical rhodalgal biofacies. Limestones of Vrchná hora were deposited in dynamic environment of normal salinity.

Key words: paleoecology, algal limestones, Badenian, Stupava Member, Jakubov Formation, Vienna Basin

Úvod

Výskyt vápencov na Vrchnej hore pri Stupave (obr. 1) bol známy už v druhej polovici 19. storočia, kedy ich Andrian (1863) zobrazil na geologickej mape v mierke 1 : 144 000. Neskôr boli v literatúre známe pod názvom litotamniové, čo vyplývalo z vtedajšieho všeobecného názoru na taxonómiu koralinných rias, ktoré sú často ich dominantnou zložkou. Dnes sa používa aj označenie litavské vápence, podľa geografickej pozície typovej lokality v Litavských vrchoch (Leitha Gb. Burgenland, Rakúsko). Najkomplexnejšiu prácu o riasových vápencoch z moravskej časti karpatskej predhlbne predstavuje práca Nováka (1975). Podľa Nováka (l. c.) je vhodné používať označenie riasové vápence.

Koralinné riasy (Rhodophyta, Corallinales, Sporolithales) sú hlavnou súčasťou plytkovodných ekosystémov kenozoika. Maximum diverzity dosiahli v spodnom miocéne a odvtedy zaznamenávajú pozvoľný pokles (Aguirre et al., 2000). Niektoré druhy sú viazané na arktické a subarktické oblasti, iné na trópy (Adey et al., 1982; Adey et al., 2005). Ich najhlbšie zdokumentovaný výskyt je z hĺbky 286 m (Littler et al., 1985), iné môžu prežiť aj dočasné vynorenie alebo zasypanie (Steneck et al., 1997). Základnou formou je kôra (Woelkerling, 1993), na ktorej sa často tvoria

výbežky – protuberancie (vetvičky podľa Bosenceho in Peryt, 1983). Protuberancie, ale aj tenké kôry sú náchylné na lámanie. Po odlomení často pokračujú v raste a vznikajú voľne žijúce formy – rodolity (Bosellini a Ginsburg, 1976). Na druhej strane, niektoré druhy sú známe len ako voľne žijúce (Basso, 1998). Vrstvy voľne žijúcich rias sa nazývajú rodolitové vrstvy alebo maërl.

Morfológia a vnútorná stavba rodolitov sú kontrolované frekvenciou otáčania (Basso, 1998). V prevažujúcich podmienkach nízkej dynamiky, chránené pred rozrušovaním, sú koralinné riasy schopné stabilizovať dno tvorbou kôr a vytvárať pevný substrát – riasové konkrécie „coralligéne“ alebo „coralligéne de plateau“ (Basso, 1998; Ballesteros, 2006).

Plytkovodné fosílné spoločenstvá centrálnej Paratetydy (CP) bývajú porovnávané s prostredím dnešného Stredozemného mora. Mnohé druhy koralinných rias rastúce dnes v tejto bioprovincii sú známe už od oligocénu a poskytujú preto vhodnú paleoekologickú pomôcku pri interpretácii fosílnych plytkovodných prostredí (Basso et al., 1997; Basso et al., 2008).

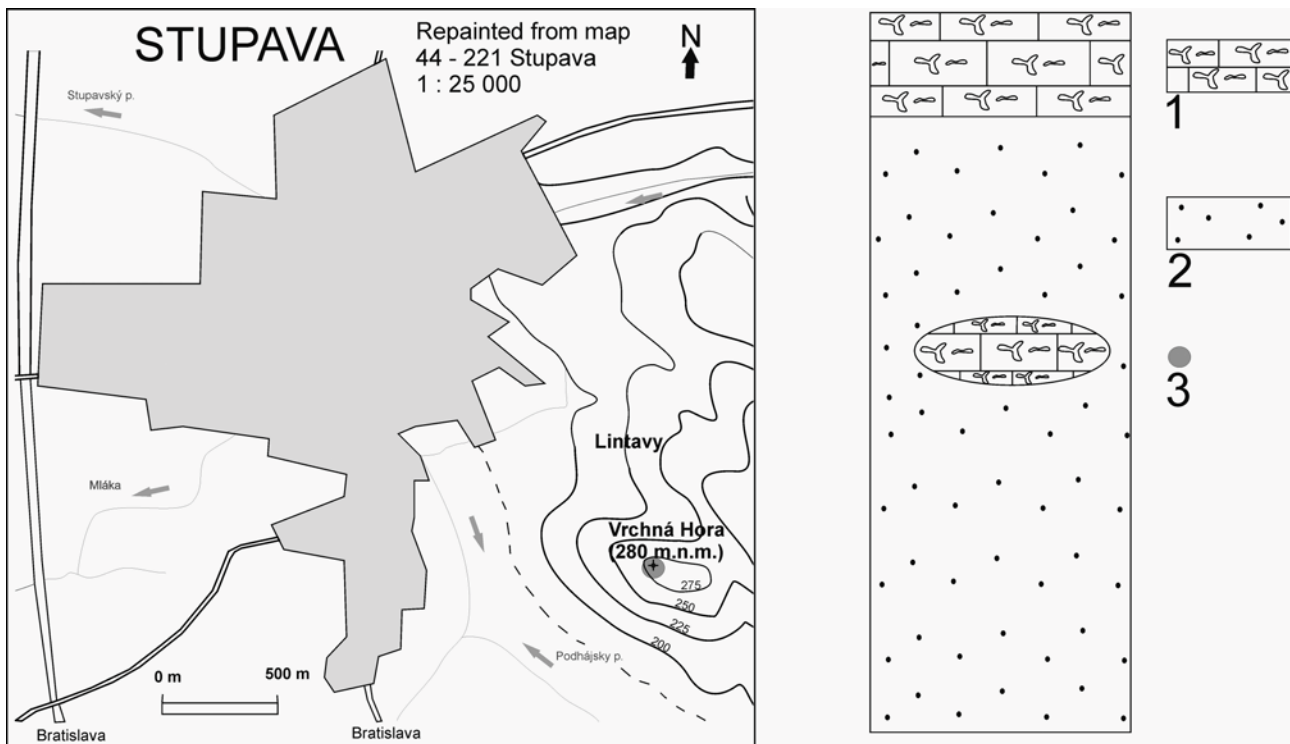
Cieľom predkladanej práce je aktuálna paleontologická interpretácia prostredia tvorby riasových vápencov v lokalite Stupava-Vrchná hora z pohľadu ich skeletálneho spoločenstva.

Metodika

Výbrusy boli študované svetelným mikroskopom. Taxonómia rias sa rieši v práci Hrabovského (v tomto čísle). Na určenie litofácie vápencov podľa rozšírenej Dunhamovej klasifikácie vápencov [Dunham (1962) in Flügel, 2004; Embry a Klovan in Flügel, 2004] boli použité kvantitatívne dáta. Dáta boli získané planimetrickou analýzou programom JMicrovision (Roduit, 2008). V programe bolo náhodne vygenerovaných 200 až 400 bodov na jeden výbrus. Zvolené kategórie pre planimetrickú analýzu predstavujú koralinné riasy, machovky, mäkkýše (bivalvie a gastropódy), foraminifery (pozorované boli iba bentické), echinodermáty (ostne ježoviek), mnohoštetinatce (serpulidné červy) a netriedené bioklasty (veľmi malé alebo ťažko identifikovateľné bioklasty) (obr. 2a – h), mikrit, sparit, litoklasty (hlavne kremeň, živce, sludy a úlomky hornín) a póry (obr. 5a). Z týchto dát bol vypočítaný Spearmanov korelačný koeficient pri hladine významnosti $p = 0,05$, čo sa rovná možnosti 5 % chyby pri vyslovení úsudku o existujúcej závislosti. Na výpočet bol použitý program Past (Hammer et al., 2001). Bentické foraminifery boli sčítané aj zvlášť s cieľom zistiť ich množstvo na výbrus. Zhluková analýza bola vygenerovaná programom Past (Hammer et al., l. c.) použitím Brayovej – Curtisovej metódy. Rovnaký program bol použitý na analýzu hlavných komponentov. Na podklade štatistických údajov bolo možné vyčleniť litofácie.

Terminológia

Pri popise foriem rias bola použitá terminológia Bosenceho (Bosence in Peryt, 1983), Woelkerlinga (1995), Bassovej et al. (2009) a Bassovej (1998). Kôra je základná forma rias, ktorá vyplýva z ich spôsobu života. Nepripevnené formy rias sú rodolity (Boellini a Ginsburg, 1971). Jednoduché rodolity tvorené riasou *Lithothamnion corallioides* boli klasifikované Bosenceom (Bosence in Peryt, 1983) do typov I až IV podľa hustoty vetvenia. Klasifikácia sa používa na opis nepripevnených protuberantných foriem rias. Typ I označuje jednoduchú nevetvenú protuberanciu (vetvičku v zmysle Bosenceho, l. c.). Typ II sa vyznačuje niekoľkými vetviacimi sa protuberanciami. Typ III má časté protuberancie a typ IV vysoký stupeň tvorby preplietajúcich sa protuberancií. Typ IV sa často označuje ako kričkový rodolit. Termín vetva bol nahradený termínom protuberancia (Basso et al., 2009). Termín je preto totožný s označením „nepripevnené vetvy“ alebo „nepripevnené či voľné protuberancie“ (Basso, 1998). Multišpecifické rodolity sú rodolity tvorené viacerými druhmi a mnohošpecifické jedným druhom rias. Viditeľné úlomky väčších protuberancií sú označené termínom úlomky protuberancií a ostrohranné, abradované a polámané úlomky sú označené termínom úlomky rias. Termín kôra je použitý pre tenké povliekavé formy rias.



Obr. 1. Lokalizácia Vrchnej hory pri Stupave a zjednodušený profil stupavských vrstiev. 1 – riasové vápence; 2 – piesky a pieskovce; 3 – miesto odberu vzoriek.

Fig. 1. Location of the Vrchná hora hill in vicinity of the town of Stupava and simplified section of Stupava Member. 1 – algal limestones; 2 – sands and sandstones of Stupava Mb.; 3 – sampling point.

Geológia a lokalizácia územia

Vyvýšenina s kótou Vrchná hora (280 m n. m.) sa nachádza juhovýchodne od obce Stupava (obr. 1). Súradnice kóty sú E 17°2'58,433" a N 48°15'44,277". Na jej geologickej stavbe sa podieľajú stupavské vrstvy (predtým lábsky amfistegínový obzor; Buday, 1955) jakubovského súvrstvia, ktoré ležia na terestrických sedimentoch devínskonovoveského súvrstvia (Fordinál et al., 2012).

Stupavské vrstvy, vychádzajúce na povrch na svahoch Vrchnej hory, sú tvorené pieskami, pieskovecami a riasovými vápencami (obr. 1). Riasové vápence sa nachádzajú na vrchole kóty a tenké vrstvy (alebo šošovky) týchto vápencov boli zistené aj uprostred vrstevného sledu odkrytého na západnom i severozápadnom úpätí Vrchnej hory (Vass a Špička, 1970). Vápence sú svetlosivožltej farby a zvetrávajú dosiva. Na povrchu zvetranej horniny sa nachádzajú stielky červených koralinných rias, ojedinele odtlačky schránok mäkkýšov. Z pieskov stupavských vrstiev z Vrchnej hory bolo opísané bohaté spoločenstvo morských gastropód a bivalvií. Zo stratigraficky významných druhov boli nájdené bivalvie *Flabellipecten bessi* (ANDR.), *F. solarium* (LAM.), *Aequipecten elegans* (ANDR.), *A. malvinae* (DUB.) (Buday, 1939). Okrem mäkkýšov bola v pieskoch stupavských vrstiev na Vrchnej hore nájdená aj fauna foraminifer. Získané boli chudobné, stratigraficky nevýznamné a málo diverzifikované spoločenstvá foraminifer, v ktorých mali najhojnejšie zastúpenie zástupcovia rodu *Elphidium* [*E. crispum* (L.), *E. macellum* (F. – M.), *E. fichtelianum*] a druh *Ammonia beccarii* (L.). Okrem nich boli v asociáciách prítomné taxóny *Asterigerinata planorbis*, *Lobatula lobatula* (W. – J.) a *Heterolepa dutemplei* (Zlinská, 2007).

Výsledky

Zloženie vápencov

Na ploche pozorovaných výbrusov sú koralinné riasy 28,4 až 62 % z vápencov (sú vo všetkých vzorkách). Bentické foraminifery (obr. 2b, d; mierka obidvoch je 500 µm), *Amphistegina*, miliolidné foraminifery, *Elphidium*, uni- a biseriálne aglutinované druhy niekedy tvoria až 3,6 % (prítomné v 77 % vzoriek). Sčítacou metódou bolo popísaných 15 až 31 kusov bentických foraminifer na jeden výbrus. Planktonické druhy neboli pozorované. Schránky foraminifer sú celistvé aj abrazované. Mäkkýše (hlavne gastropódy) predstavujú 0 až 15,4 % (obr. 2c, d) a sú prítomné v 77 % vzoriek. Machovky tvoria 0 až 4,5 % (prítomné v 39 % vzoriek). Serpulidy tvoria do 2,9 % (prítomné v 46 % vzoriek) a echinodermáty do 0,5 % (prítomné v 7,7 % vzoriek; obr. 2g, e). Množstvo mikritu vo vzorkách kolíše od 4 do 13,9 %. Litoklasty sú prítomné v množstve od 0,5 do 16,2 % (obr. 2a). Vo vápencoch boli pozorované aj nevyplnené priestory (obr. 5a). Namerané hodnoty sú uvedené v tab. 1.

Na bioklastoch bola pozorovaná mechanická deštrukcia. Tenké kôry na vonkajších vrstvách rodolitov, ale aj dutiny po vrtaní bivalviami do rodolitov sú rozlamané

a posunuté oproti ich pôvodnej pozícii (obr. 3a, b). Bol pozorovaný bodový, konkávno-konvexný, tangenciálny až sutúrový kontakt niektorých alochem a ich deštrukcia v mieste kontaktu. Mikroskopické praskliny prechádzajú buď čiastočne, alebo celými bioklastmi, ale aj obklopujúcim sedimentom (obr. 3c, d). Najčastejšie sú popraskané väčšie protuberancie rias a rodolity. Uvedené znaky dokumentujú kompakciu karbonátového sedimentu pred jeho litifikáciou a prepracovaním (Taylor, 1950 in Flügel, 2004).

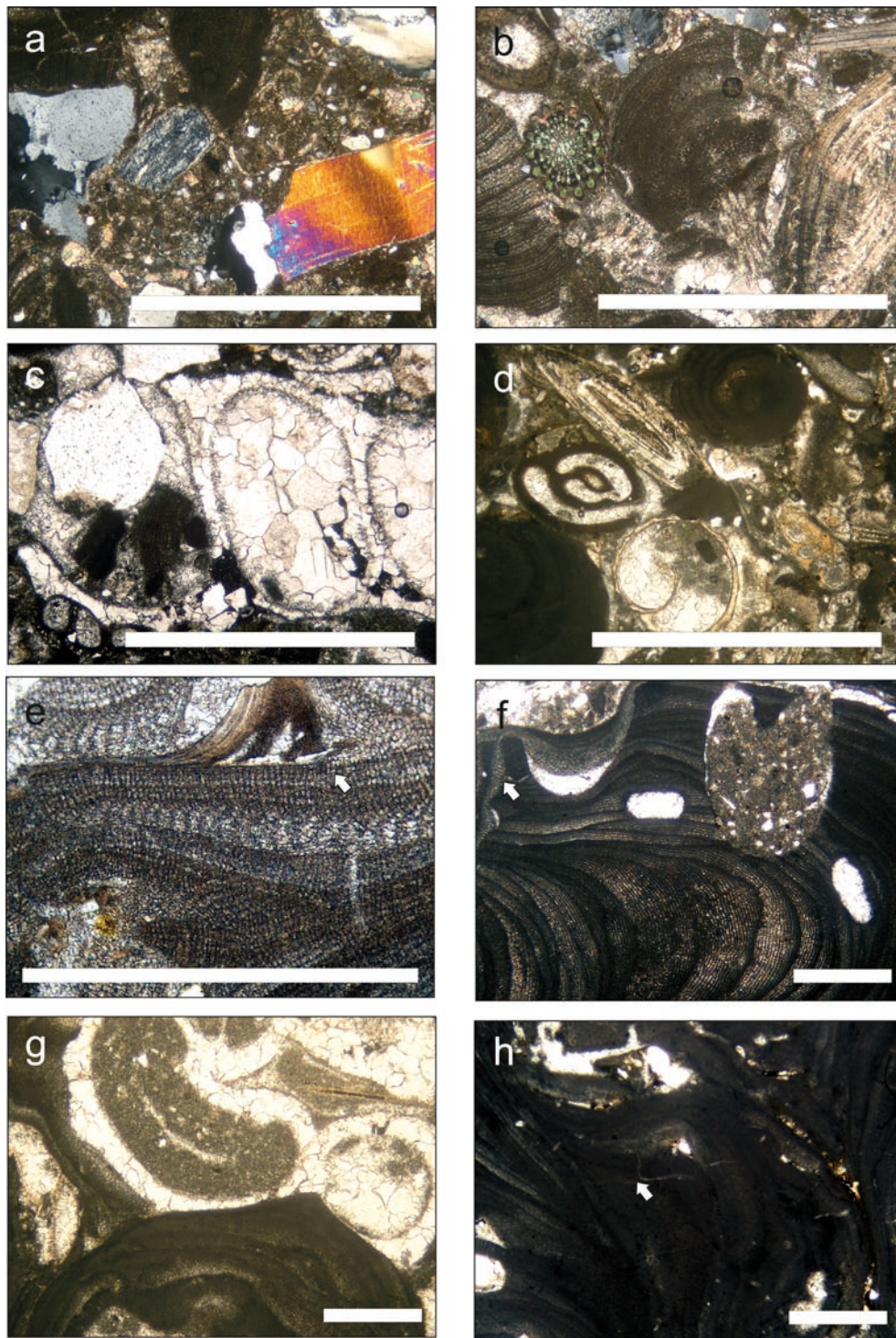
Koralinné riasy

Dominantné druhy koralinných rias (Rhodophyta, Corallinales, Sporolithales) sú *Lithothamnion minervae* BASSO, *Lithothamnion ramosissimum* (REUS) PILLER, *Lithothamnion valens* FOSLIE, *Lithothamnion* sp., *Phymatolithon calcareum* (PALLAS) W. H. ADEY & D. L. MCKIBBIN a *Spongites albanensis* BRAGA, BOSENCE, STENECK (obr. 4a – e). V podradnom množstve boli pozorované *Mesophyllum* sp., *Lithophyllum* sp. a *Sporolithon* sp.. Riasy rastú do voľných protuberancií až kríčkových rodolitov, tvorených jedným druhom (obr. 5c – d). Podľa schémy Bosenceho (Bosence, 1983) sa dajú klasifikovať do typu I až IV, čo značí jednoduché nevetvené protuberancie až kríčkové rodolity. Ďalej tvoria rodolity pozostávajúce z viacerých druhov, alebo tvoria úlomky zo všetkých uvedených foriem (obr. 5a, e). Multišpecifických rodolitov je podstatne menej. V jadre majú vždy voľné protuberancie alebo úlomok riasy a ich jadro je obalené viacerými tenkými kôrami koralinných rias. V jednom rodolite boli pozorované najviac štyri druhy. Tieto rodolity najčastejšie tvoria druhy *L. minervae*, *L. ramosissimum*, *Lithophyllum* sp. a *Mesophyllum* sp.. Na prierezoch voľné protuberancie (kríčkové rodolity) merajú do 5,5 x 4,3 cm s jednotlivými protuberanciami 1,3 až 1,7 cm dlhými a 0,3 až 0,7 cm širokými (obr. 5c). Protuberancie sa často dvojito vetvia. Nepripevnené husté vetviace sa protuberancie až kríčkové rodolity (typ III a IV) vytvárajú *P. calcareum*, *Lithothamnion* sp., *Mesophyllum* sp. (obr. 5c) a jednoduché nepripevnené protuberancie (typ I až II) tvoria riasy *L. minervae*, *L. valens*, *L. ramosissimum*, *S. albanensis*, *Sporolithon* sp. a *P. calcareum* (obr. 5d).

Na stielkach rias vidieť stopy po regenerácii poškodených častí abráziou alebo bioeróziou. Poukazuje na to charakter povrchu rias, tvorba sekundárneho hypothallia a opakované, často viacnásobné prerastanie povrchu poškodenej stielky. Zvyšky enkrustujúcich organizmov sú často prekryté novou stielkou (obr. 2e, f).

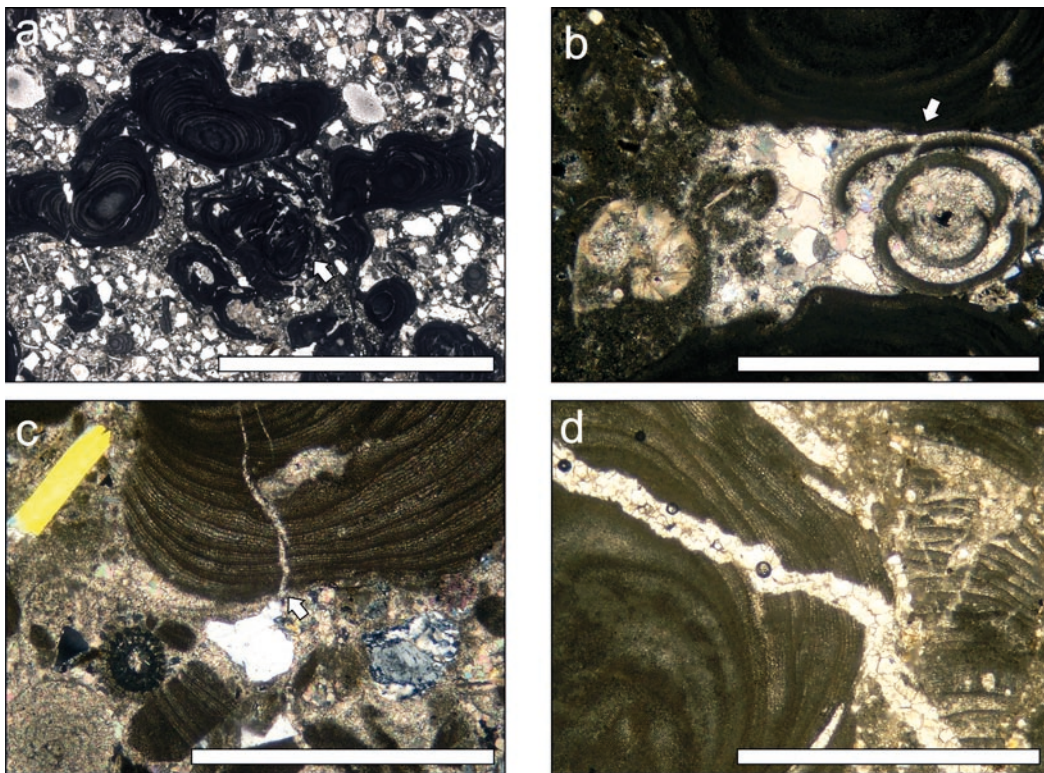
Endolitické organizmy

Rodolity nesú stopy po vrtaní. Makroskopické chodbičky sú spôsobené mäkkými a endolitickými živočíšnymi hubkami. V rodolitoch bola rozpoznaná ichnofácia *Gastrochaenolites* isp. s obidvoma miskami lastúrnika (obr. 4c) a *Entobia* isp.. Otvory po vrtaní, bežné aj na voľných protuberanciách, aj multišpecifických rodolitoch, boli určené ako ichnofácia *Ichnoreticulina elegans* (obr. 2h). Najviac rozšírené sú na úlomkoch



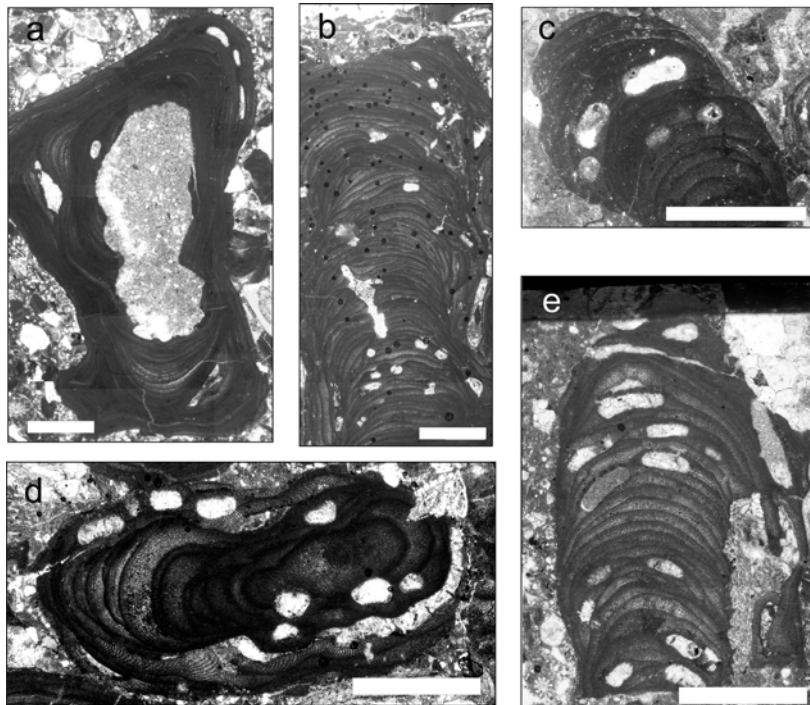
Obr. 2. Zložky riasových vápencov zo Stupavy-Vrchnej hory. a – litoklasty; b – foraminifery, úlomky rias a ostne ježoviek; c – ulita gastropóda; d – riasy, gastropódy, foraminifery a netriedené bioklasty; e – abradovaná tuba serpulidného červa, prerastená sekundárnym hypothaliom stielky koralinnej riasy; f – tvorba novej stielky cez poškodené časti rodu *Mesophyllum*; g – kolonizovaný povrch koralinnej riasy pravdepodobne serpulidným červom; h – stopa *Ichnoreticulina elegans* v stielke koralinnej riasy *Lithothamnion* sp.. Mierka každej fotografie je rovnaká = 500 μm .

Fig. 2. Components of algal limestones from Stupava-Vrchná hora. a – litoclasts; b – foraminifers, debris of corallines and echinoid spines; c – conch of gastropod; d – algae, gastropods, foraminifers and unsorted bioclasts; e – abraded tube of serpulid worm overgrown by secondary hypothallium of coralline algae; f – growth of a new thallus above damaged one of genus *Mesophyllum*; g – colonized surface of corallines, probably serpulid worms; h – trace of *Ichnoreticulina elegans* in thalli of *Lithothamnion* sp. Scale bar is the same for each photo = 500 μm .



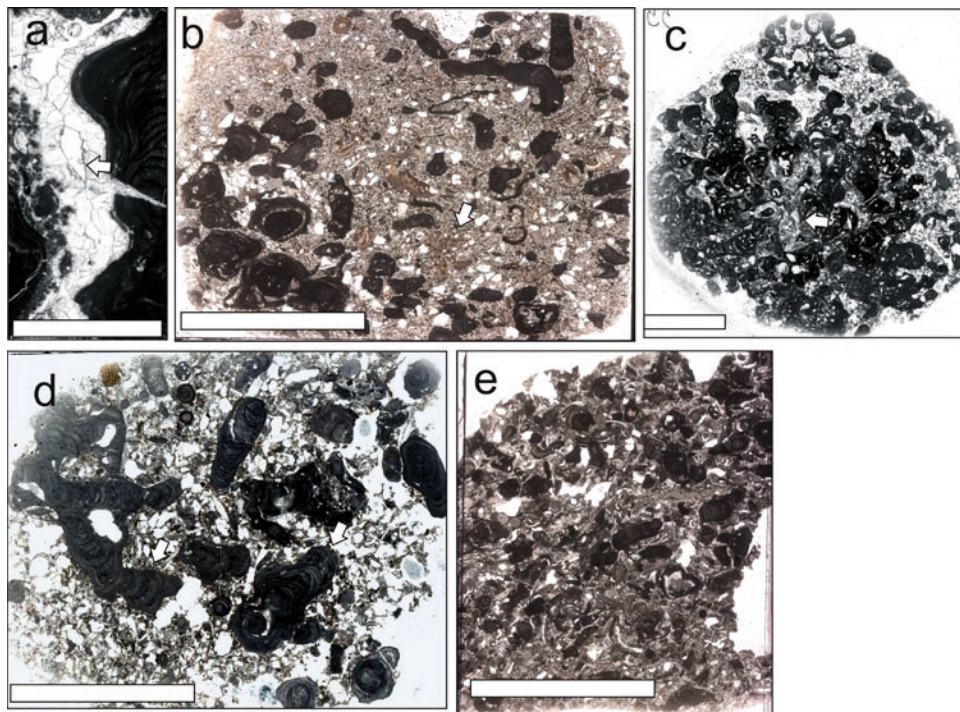
Obr. 3. Mechanická deštrukcia bioklastov. c – mikroprasklina vedená naprieč bioklastom; d – mikroprasklina vedená bioklastom aj obklopujúcim sedimentom. Mierka obr. 3a = 1 cm. Mierka obr. 3c – d = 500 μ m.

Fig. 3. Mechanic destruction of bioclasts. c – micro-fractures through bioclast; d – micro-fractures through bioclast and sediment. Scale bars: a = 1 cm; c – d = 500 μ m.



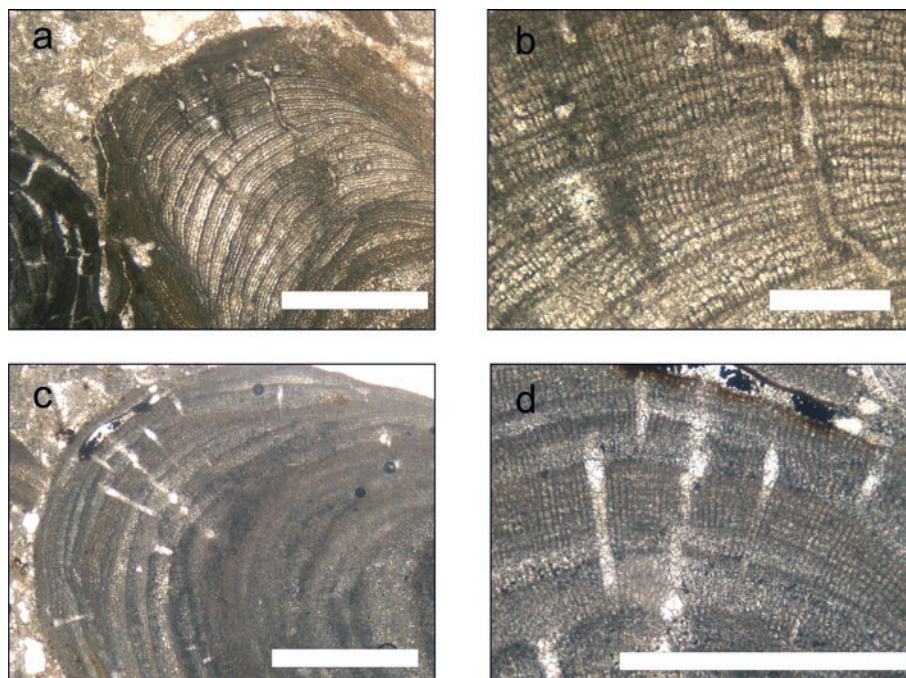
Obr. 4. Niektoré druhy korálných rias. a – *Lithothamnion valens*; b – *Phymatolithon calcareum*; c – *Lithothamnion* sp.; d – *Mesophyllum* sp.; e – *Lithothamnion minervae*. Mierka každej fotografie je rovnaká = 500 μ m.

Fig. 4. Some species of coralline algae. a – *Lithothamnion valens*; b – *Phymatolithon calcareum*; c – *Lithothamnion* sp.; d – *Mesophyllum* sp.; e – *Lithothamnion minervae*. Scale bar for is same each photo = 500 μ m.



Obr. 5. a – sparit vyplňa póry (šípka); b – e – skeny výbrusov zo Stupavy-Vrchnej hory; b – polámané (šípka) aj viac-menej celistvé misky a ulity mäkkýšov; c – prierez kríčkovým rodolitom tvoreným jedným druhom riasy *Lithothamnion* sp.. Šípka označuje stopu po činnosti vrtajúcich lastúrníkov; d – kompletne voľné protuberancie riasy *Sporolithon* sp. (šípky) typ II podľa Bosenceho (Bosence in Perat, 1983); e – výbrus tvorený úlomkami protuberancií a nízkym obsahom litoklastov. Mierka obr. 5a = 500 μ m. Mierka obr. 5b – e = 1 cm.

Fig. 5. a – Sparite fills pores (arrow); b – e – Scans of thin sections from Stupava-Vrchná hora; b – broken (arrow) and more or less complete shells of molluscs; c – Cut through monospecific fruticose rhodolith built by *Lithothamnion* sp., arrow marks a trace of boring bivalves; d – Complete unattached protuberances of *Sporolithon* sp. (arrows) type II; e – Thin section consists of broken protuberances and low amount of lithoclasts. Scale bars: a = 500 μ m; b – e = 1 cm.



Obr. 6. Stopy po endolitickej organizmoch. a – b – ichnofácia A; c – d – ichnofácia B. Mierka obr. 6a a 6c = 500 μ m; mierka obr. 6b = 100 μ m a mierka obr. 6d = 300 μ m.

Fig. 6. Traces of endolithic organisms. a – b – Ichnofacies A; c – d – Ichnofacies B. Scale bars: a – c = 500 μ m; b = 100 μ m; d = 300 μ m.

rias. Boli pozorované menšie a tenšie zvlnené chodbičky označené ako ichnofácia A (obr. 6a – d) a jednoduché a nevetvené chodbičky ichnofácie B kolmé na povrch stielky (obr. 6c – d).

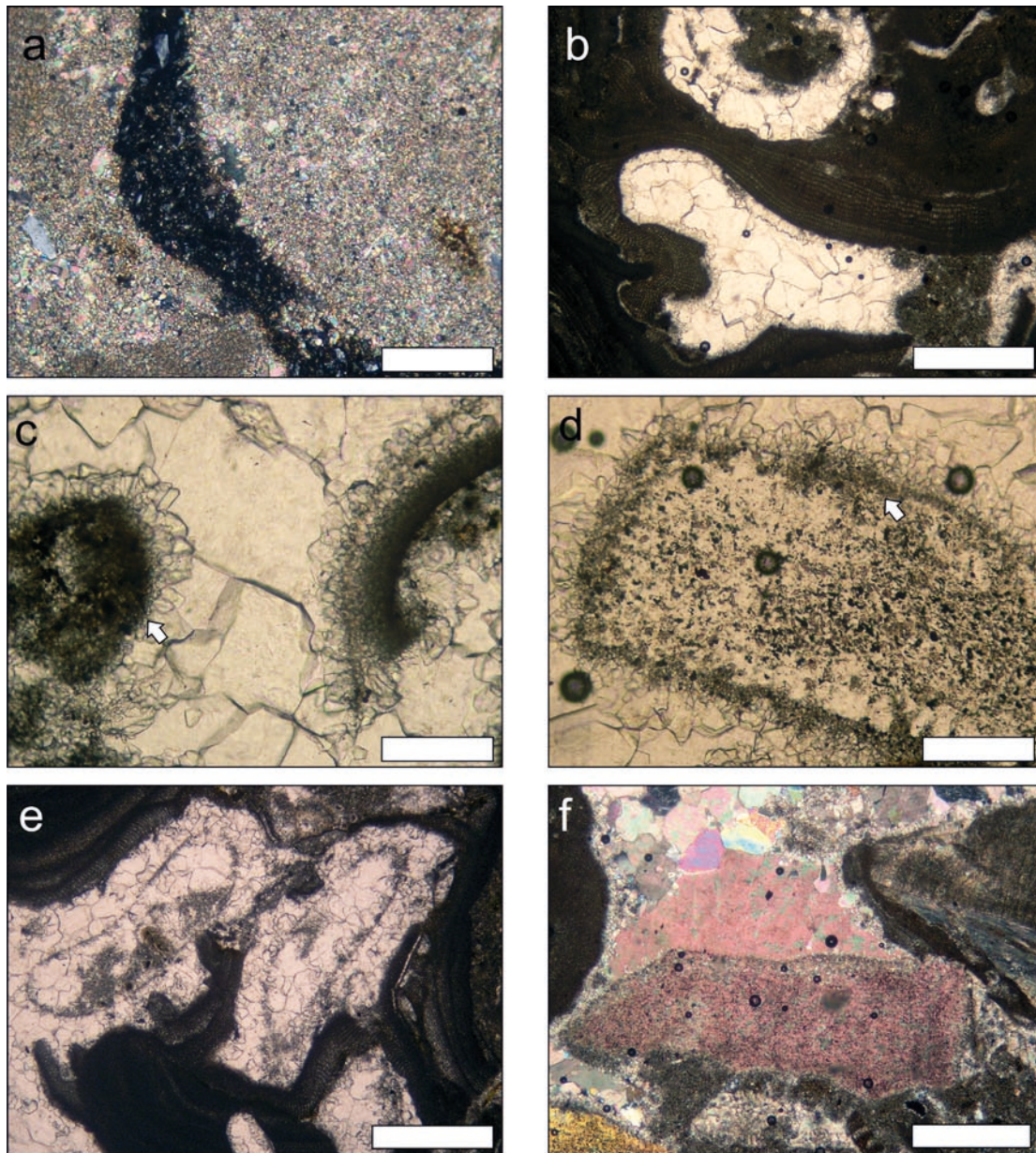
(podľa Hladila, 1996; formy v zmysle Kyselú, 1988). Vo vápencoch boli pozorované aj nevyplnené priestory (obr. 5a).

Porozita

Primárne póry sú vyplnené matrixom alebo cementom. Sekundárne vzniká puklinová a fosilimoldická porozita

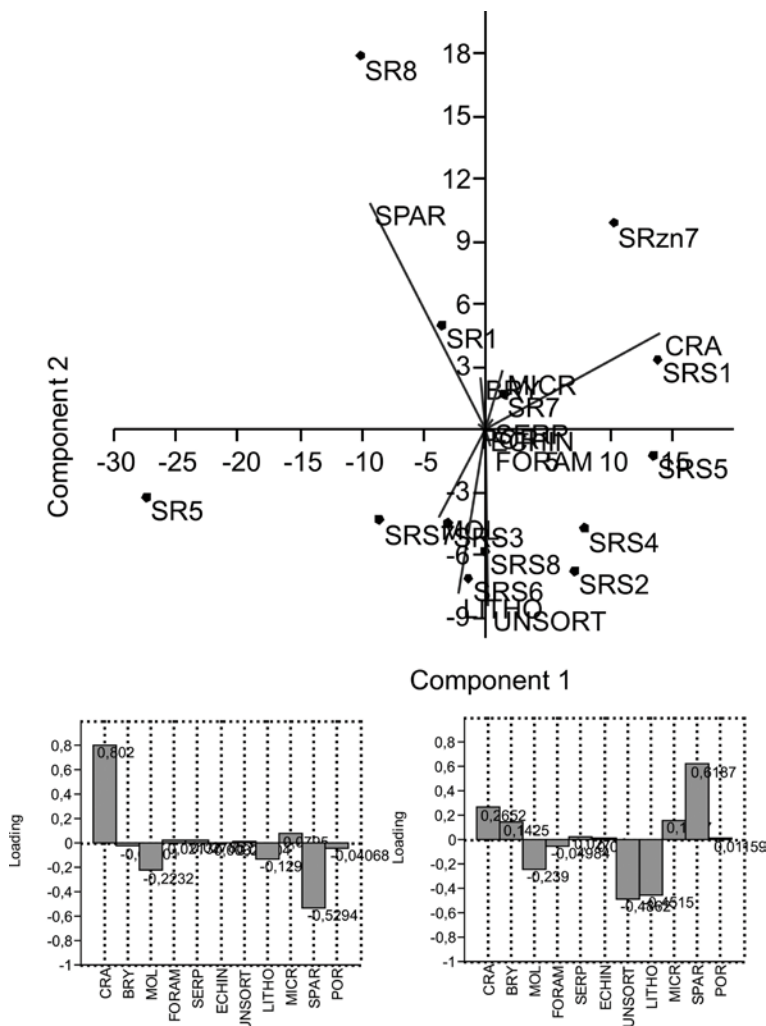
Matrix a cement

Matrix tvoria drobné polygonálne alebo zaoblené kryštáliky viac-menej rovnakých rozmerov v rozmedzí 2,4 – 6,6 μm (obr. 7a). Prakticky ide o mikrospar, avšak



Obr. 7. a – mikrit/mikrosparit; b – stopy po endolitech sčasti vyplnené mikritom/mikrosparitom a čepelový sparit prechádzajúci do mozaikového sparitu; c – riasový peloid s náznakom pôvodnej stavby stielky koralinnej riasy (šípka) a čepelový sparit na jeho povrchu; d – sčasti rozpuštený bioklast s mikritovým povlakom (šípka); e – mozaikový sparit vyplňa vnútročasticové póry aj fosilimoldické póry serpulových túb; f – syntaxiálny sparit, mierka je 200 μm . Obr. 7a, c a d má mierku = 100 μm . Obr. 7b a obr. 7e majú mierku = 500 μm .

Fig. 7. a – Micrite/microsparite; b – Traces of endoliths partly filled with micrite/microsparite and bladed sparite passing to drusy cement; c – Algal peloid with former structure of coralline algal thalli that is covered by bladed sparite; d – Partly dissolved bioclast covered by micrite; e – Blocky sparite filling intraparticle and moldic pores of serpulid tubes; f – Syntaxial cement. Scale bars: a, c and d = 100 μm ; b and e = 500 μm ; f = 200 μm .



Obr. 8. Hlavné komponenty vápencov. Skratky sú vysvetlené v tab. 1.

Fig. 8. Principal components of limestone. Abbreviations are explained in Tab. 1.

pozorované boli aj menšie, mikritové častice. Na bližší opis je potrebné preskúmať vzorky skenovacím elektrónovým mikroskopom. Mikrit/mikrospar tvorí 4 % – 16,2 % výplne vápencov. Vypĺňa priestor medzi alochemami, vnútročasticové póry alebo chodbičky po makroendolitoch (obr. 7b). Bežné sú zaoblené až hranaté riasové peloidy (Wolf in Flügel, 2004) s nepatrným náznakom pôvodnej stielky (obr. 7c). Vo vzorkách sú prítomné aj rozpustené, sčasti rozpustené alebo celé bioklasty povlečené mikritom (obr. 7d). Mikrospar môže vznikáť neomorfizmom z mikritu alebo karbonátových častíc veľkosti prachu vo freatickom prostredí (Flügel, l. c.).

Póry sú vytmelené cementom. Mozaikový sparit vyplňa vnútročasticové póry, fosilimoldické póry a mikroskopické praskliny (obr. 7e). Mozaikový sparit môže vznikáť v hlbších freatických zónach. Syntaxiálny sparit bol pozorovaný na ostňoch a doskách exoskeletonu echinodermát (obr. 7f). Primárne a sekundárne póry sú často lemované čepelovým sparitom, ktorý môže prerastať do mozaikového alebo blokového sparitu (obr. 7b). Čepelový sparit kryštalizuje aj na povrchu riasových peloidov (obr. 7c).

Litofácie a biofácie

Vápence sú podstatnou mierou tvorené koralinnými riasami, menej mäkkýšmi, bryozoami a bentickými foraminiferami. Zložením tak zodpovedajú biofácii rhodalgal, ktorú definovali Carannante et al. (1988).

Na základe štatistických metód boli riasové vápence rozdelené na tri mikrofácie (obr. 9).

Tab. 1
Zloženie vápencov podľa sčítacej bodovej analýzy
Composition of limestones according point – counting analysis

	CAR	BRY	MOLL	FORAM	SERP	ECHIN	UNSORT	LITHO	MICRIT	SPARIT	POR
SR7	50,22	3,48	0,00	0,50	0,5	0,00	8,46	12,44	10,45	9,45	3,98
SRzn7	62,07	0,49	0,99	0,49	0,49	0,49	3,45	7,39	9,36	11,33	3,45
SR1	49,76	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	9,95	12,44	7,46	17,91	1,99
SR5	28,36	1,00	15,42	1,00	0,00	0,00	10,45	15,42	3,98	22,89	1,49
SR8	43,79	4,48	0,50	1,00	1,00	0,00	2,99	0,50	13,93	24,38	7,49
SRS1	60,19	1,94	0,00	1,94	2,91	0,00	10,68	4,85	12,62	3,88	0,97
SRS2	55,44	0,00	5,94	0,00	0,00	0,00	15,84	12,87	5,94	3,96	0,00
SRS3	43,24	0,00	4,50	2,70	0,00	0,00	13,51	11,71	16,22	7,21	0,00
SRS4	54,05	0,00	3,60	3,60	0,90	0,00	8,11	13,51	8,11	0,90	7,21
SRS5	58,88	0,00	4,67	2,80	0,00	0,00	14,95	1,87	11,21	0,93	4,67
SRS6	45,62	0,00	3,51	2,63	0,00	0,00	14,91	14,04	8,77	6,14	4,39
SRS7	38,46	0,00	4,81	1,92	0,00	0,00	16,35	6,73	9,62	9,62	12,50
SRS8	46,67	0,00	0,00	0,00	1,90	0,00	12,38	16,19	8,57	5,71	8,57

CAR – koralinné riasy; BRY – machovky; MOLL – mäkkýše; FORAM – foraminifery; SERP – tuby serpúl; ECHIN – echinodermáty; UNSORT – netriedené bioklasty; LITHO – litoklasty; MICRIT – mikrit/mikrosparit (pozri text ďalej); SPARIT – sparit; POR – póry. Hodnoty sú uvedené v percentách. Prvý stĺpec obsahuje značky výbrusov.

CAR – coralline algae; BRY – bryozoans; MOLL – molluscs; FORAM – foraminifers; SERP – serpulid tubes; ECHIN – echinoids; UNSORT – unsorted bioclasts; LITHO – lithoclasts; MICRIT – micrite/microsparite (see following text); SPARIT – sparite; POR – pores. Values are in percentage. First column – designation of thin sections.

Prvá, najčastejšie sa vyskytujúca mikrofacia (11 vzoriek), je riasová (litoklastický rudstone vetiev koralinných rias v *grainstone* matrice; obr. 9, 5c – e), kde sú koralinné riasy negatívne korelované s mäkkýšmi a sparitom (obr. 8). Vo vzorkách dominujú riasy a menej sú zastúpené mäkkýše, foraminifery a machovky. Obsah mikritu/mikrosparitu a cementu je premenlivý. Litoklasty frakcie jemnozrnného až hrubozrnného piesku môžu tvoriť až 16,2 %. Riasy sú vo forme nepripevnených protuberancií, multišpecifických rodolitov a úlomkov.

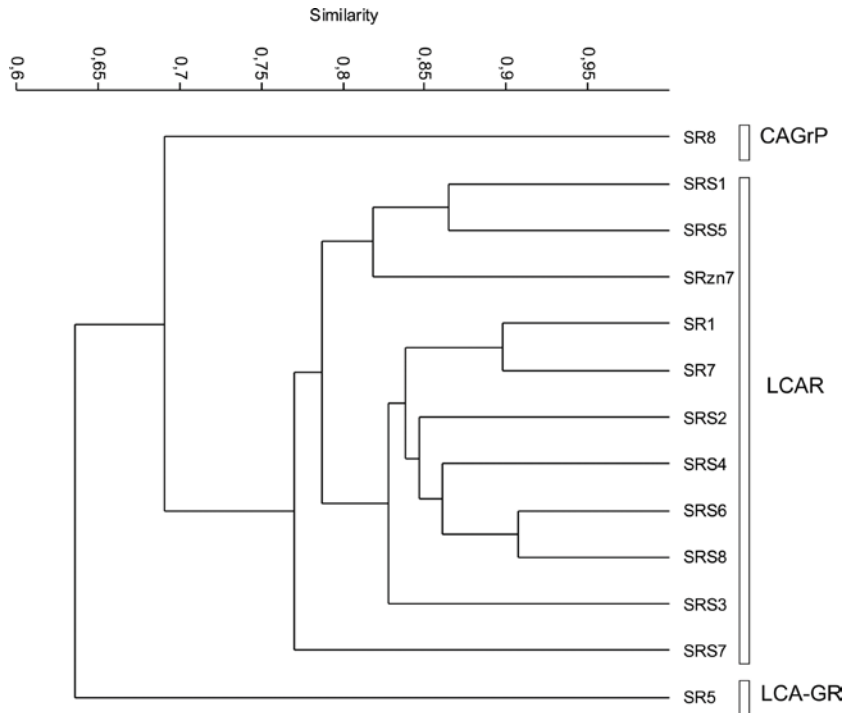
Druhá (1 vzorka) mikrofacia je riasovo-gastropódová (litoklastický riasovo-gastropódový *rudstone* v *grainstone* matrice). Predstavuje sparit negatívne korelovaný s netriedenými bioklastmi a litoklastmi. Litoklastický riasovo-gastropódový *rudstone* v *grainstone* matrice (obr. 5b) obsahuje nižší obsah rias (28,4 %), avšak vyšší obsah mäkkýšov, prevažne gastropód (15,4 %). Obsah litoklastov je tiež vysoký (15,4 %). Na rozdiel od predošlej litofácie je zastúpenie jemnozrnného piesku oproti hrubozrnnému vyššie. Obsah litoklastov, rovnaké formy rias a celkové zloženie nevyklučujú voľné zastupovanie s prvou litofáciou. Pravdepodobne ide o rovnakú litofáciu.

Tretia (1 vzorka) mikrofacia s nízkym obsahom mäkkýšov a litoklastov a vyšším obsahom mikritu (obr. 9) je riasovo-mikritická. Riasový *grainstone* – *packstone* bol vymedzený na základe vypočítaných korelačných koeficientov Spearmanovou metódou, kde boli vypočítané negatívne korelačné koeficienty pre machovky a netriedené bioklasty, mäkkýše a tuby serpulov, tuby serpulov a netriedené bioklasty, litoklasty a mikrit (tab. 2). Riasový *grainstone* – *packstone* tvoria hlavne riasy a v menšom množstve machovky (obr. 5e). Litoklasty tvoria len 0,5 %. Väčšie bioklasty sú orientované v smere dlhej osi, čo môže značiť ovplyvnenie prúdmi, ale aj kompakciou sedimentu. Riasy sú len vo forme úlomkov protuberancií. Ukladali sa v distálnom prostredí so zníženou dynamikou.

Diskusia

Vápence z Vrchnej hory pri Stupave sú tvorené hlavne červenými riasami a menej mäkkýšmi, machovkami a bentickými foraminiferami. Zložením zodpovedajú biofacií rhodalgal. Na základe mikroskopického štúdia a štatistických metód sme vyčlenili tri litofácie: litoklastický *rudstone* vetiev koralinných rias v *grainstone* matrice, riasovo-gastropódový *rudstone* v *grainstone* matrice a riasový *grainstone* – *packstone*.

Distribúcia biofacie je kontrolovaná hlavne teplotou vody (Carannante et al., 1998), a preto určená zemepisnou polohou a hĺbkou. Najlepšie je vyvinutá v miernom teplom až subtropickom klimatickom pásme, na prechode medzi tropickými a typickými chladnovodnými karbonátmi (Carannante et al., l. c.). Karbonáty rhodalgal sú bežné v podmienkach cirkalitorálu Stredozemného mora



Obr. 9. Zhluková analýza vypočítaná Brayom – Curtisom. Skratky: CAGrP – riasový *grainstone* – *packstone*; LCAR – litoklastický *rudstone* protuberancií koralinných rias v *grainstone* matrice; LCA-GR – litoklastický riasovo-gastropódový *rudstone* v *grainstone* matrice.

Fig. 9. Cluster analysis calculated by Bray – Curtis. Abbreviations: CAGrP – coralline algal *grainstone* – *packstone*; LCAR – lithoclastic coralline algal protuberances *rudstone* in *grainstone* matrix; LCA-GR – lithoclastic coralline algal gastropod *rudstone* in *grainstone* matrix.

Tab. 2

Korelačný koeficient vypočítaný Spearmanom pre hladinu významnosti $p = 0,05$. Skratky sú vysvetlené v tab. 1
Correlation coefficient calculated according to Spearman for significance $p = 0.05$. Abbreviations are described in Tab. 1

Mollusca	-0,398 0,181				
Serpulové tuby	0,518 0,07	-0,755 0,003			
Netriedené bioklasty	-0,636 0,019	0,498 0,083	-0,556 0,049		
Litoklasty	-0,343 0,251	0,096 0,756	-0,105 0,734	0,080 0,796	
Mikrit	0,460 0,292	-0,340 0,255	0,281 0,353	-0,055 0,859	-0,748 0,003
	Bryozoa	Mollusca	Serpulové tuby	Netriedené bioklasty	Litoklasty

(Carannante et al., 1988; Basso, 1998). Toscano a Sorgente (2002) opísali sedimenty biofácie rhodalgal a brymol na Apulskom šelfe (juhovýchodné Taliansko). Jeho vznik a akumulácia sú viazané na lokálne depresie ovplyvnené prúdmi a činnosťou búrok.

Výskum spodnobádenských riasových vápencov v moravskej časti karpatskej priehlbiny ukázal, že väčšina z nich spadá do biofácie rhodalgal. Výnimku tvoria lokality s dominanciou machoviek (Doláková et al., 2008). Doláková (l. c.) opísala zo západného okraja karpatskej priehlbiny litofáciu *rudstone-floatstone* vetiev koralinných rias, ktorá sa mohla tvoriť *in situ*, alebo za spoluúčasti redepozície. Jej vznik je spojený s postupujúcou morskou transgresiou na okraj Českého masívu. Pod telesami vápencov sa často objavujú piesčité polohy.

Obdobná fácia s dominantnými protuberantnými formami rias bola pozorovaná aj na študovanej lokalite. Okrem úlomkov rias a abradovaných protuberancií sú vo vápencoch časté aj celistvé kričkové rodolity a protuberantné formy rias, na ktorých polámaní sa podieľala kompakcia karbonátového sedimentu pred ich litifikáciou. Jemnozrnný až hrubozrnný piesok obklopujúci bioklasty často v množstve viac ako 10 % a poloha vápencov v pieskoch a pieskovočoch stupavských vrstiev naznačujú, že vývoj riasových spoločenstiev a ich zánik boli periodicky ovplyvnené množstvom sedimentu donášaného do panvy. Časté abradované povrchy stielok rias a bioklastov spolu s detritom nevytvárajú redepozíciu a transport do stabilnejších oblastí panvy.

Tvar, do ktorého koralové riasy v dnešných prostrediach dorastajú, je kontrolovaný hlavne frekvenciou ich otáčania a stabilitou morského dna, určenou rýchlosťou sedimentácie a hydrodynamikou (Basso, 1998). Baráth (1992) opísal z vrchného bádenu Viedenskej panvy riasovo-koralový a riasovo-machovkový útes, ktorého jadro je viazané kôrami koralinných rias, machovkami a enkrustujúcimi foraminiferami. Útesové vápence litofácie bindstone obsahujú nízke zastúpenie terigénneho materiálu a ich vznik sa viaže na chránené elevácie.

Riasy z Vrchnej hory pri Stupave dorastajú do nepripevnených jednoduchých protuberancií až kričkových rodolitov a viacdruhových rodolitov. Na rozdiel od útesu na lokalite Rohožník zvýšený prínos terigénneho materiálu spolu s rastovou formou rias indikuje na Vrchnej hore skôr nechránené prostredie s premenlivou dynamikou (Basso, l. c.).

Podobné prostredie bolo opísané z dnešného Stredozemného mora. Riasy *Phymatolithon calcareum*, *Lithothamnion valens* a *Lithothamnion minervae* v prostredí s premenlivým množstvom ílu a litoklastov (10 až 36 %) charakterizuje heterogénnu pobrežnú detritickú fáciu (DC – costal detritic) vnútorného šelfu Stredozemného mora (Péres a Picard, 1976; Basso, 1994, 1998). Prostredie je ďalej členené na rôzne fácie: fácia *L. minervae*, fácia *L. valens* alebo maerlová fácia s *Phymatolithon calcareum* a *L. coralloides* (Basso, 1994, 1998). Prítomnosť búrkami kontrolovaných prúdov je častý faktor, ktorý znemožňuje tvorbu rozsiahlych kôr a stabilizáciu karbonátového sedimentu (Toscano a Sorgente, 2002). Biogénny sediment

s prevahou protuberantných foriem rias sa často označuje ako maerl alebo rodolitové vrstvy (Bosence, 1976). Druhové zastúpenie rias, ich morfológia, ale aj zloženie vápencov preto môže nasvedčovať tomu, že obdobné maerlové vrstvy rástli aj na Vrchnej hore pri Stupave. Striedanie dynamiky a prepracovanie skeletálneho spoločenstva dokumentujú na študovaných vzorkách abrázia povrchu rias a následná regenerácia povrchu tvorbou novej stielky, ako aj prítomnosť stôp po vrťavých lastúrnikoch. Maerlové vrstvy sú dobre známe vo fosilnom zázname (Nebelsick et al., 2005).

Riasa *Phymatolithon calcareum*, bežná vo vápencoch z Vrchnej hory, sa významnou mierou podieľa na tvorbe maerlu v Stredozemnom mori, ale aj v prostredí boreálneho klimatického pásma (Bosence, 1976; Basso, 1994). V boreálnom pásme obýva často plytšie prostredie (0 – 15 m; Bosence, 1976; Bosence in Peryt, 1983) než v Stredozemnom mori (35 – 90 m; Basso, 1998). Takýto polárny posun bol zdokumentovaný aj na iných riasach (Basso et al., 2009). Pretože pre bádenu Viedenskej panvy je bežne zdokumentovaná mierne teplá až subtropická klíma (Doláková et al., 2008; Kováč et al., 2005; Kováčová et al., 2011), je pravdepodobné, že riasy z Vrchnej hory obývali hĺbkové prostredie vnútorného šelfu, podobné tomu z dnešného Stredozemného mora. *L. valens* rastie v hĺbke 50 – 80 m, *L. minervae* 25 – 95 m (Basso, 1994), čo je v zhode s paleoekologickými nárokmi zistených foraminifer. Napríklad foraminifery rodu *Amphistegina* indikujú plytké morské prostredie do 80 – 130 m (Holcová a Zágorský, 2008). Volné protuberancie sa tvoria v hĺbkovom rozpätí 36 až 79 m kanála Penza – Palmaora (Tyrhénske more), kde je prítomné prúdenie vody a pomalá sedimentácia hlavne biogénneho materiálu (Basso, 1998). Rozdiely v intenzite a prúdoch a ich opakovaný výskyt vedú k akumulácii voľných vetiev do maerlu (Basso, 1998). Hĺbková distribúcia opísaných rias zo študovaných vzoriek a ich morfológia je preto v súlade s interpretáciou Dolákovovej et al. (2008), ktorá odhaduje hĺbku tvorby podobnej fácie vápencov zo západného okraja karpatskej priehlbiny na Morave na 20 – 50 m.

Množstvo mikritu a litoklastov vo vzorkách z Vrchnej hory rovnako nevytvára pobrežné detritické prostredie. Vypočítaný korelačný koeficient (−0748 pre $p = 0,003$) naznačuje, že ich množstvo vo vzorkách je nepriamo úmerné a zvýšený objem jednej znamená zníženie objemu druhej zložky. V lokalite bola opísaná aj litofácia *grainstone* – *packstone*. Litofáciu tvoria riasy a machovky s nízkym obsahom litoklastov a podporou matrixu. K jej akumulácii mohlo dochádzať v distálnom prostredí so zníženou dynamikou (James in Flügel, 2004). Úlomky rias tvoria druhy opísané z fácie maerlu (*P. calcareum*, *L. minervae*, *L. ramosissimum*), a preto predpokladáme zdrojovú oblasť v plytšom dynamickom prostredí riasovej a riasovo-gastropódovej mikrofácie.

Mikrit/mikrosparit je prítomný vo všetkých vzorkách, niekedy viazaný na chodbičky po vrťaní alebo na priestor medzi protuberanciami v kričkových rodolitoch. Je prítomný aj ako matrix medzi bioklastmi a biomorfami. Časť mikritu sa mohla uložiť v nižších polohách vrstiev, pretože

poprepletané protuberancie rias môžu tvoriť viac-menej chránený priestor na ukladanie sedimentu. Prítomnosť riasových peloidov s neúplne zachovanou pôvodnou stavbou a mikritizovaný povrch bioklastov naznačujú, že časť mikritu/mikrosparitu vznikla ich zatlačovaním alebo činnosťou mikroorganizmov (Wolf in Flügel, 2004).

Záver

Z uvedených výsledkov nie je možné určiť, či sa piesky a pieskovce stupavských vrstiev ukládali plytšie alebo hlbšie než riasové vápence. Presnejšie údaje by mohlo priniesť porovnanie endolitov, napríklad na mäkkýšoch z pieskov a bioklastoch z vápencov. Presný pôvod mikrosparu a mikritu nebolo možné stanoviť z našich výsledkov. Poloha vápencov v profile naznačuje, že maerlové vrstvy vznikali viackrát na miestach, kde im to podmienky umožnili. Maerlové vrstvy rástli v prekysličenej, fotickej zóne s normálnou salinitou, v odhadovanej hĺbke 35 – 80 m. Prostredie bolo nechránené, s premenlivou dynamikou, ktorá zabraňovala rastu kôr a stabilizácii morského dna na jednej strane a zaneseniu vrstiev terigénnym sedimentom na strane druhej. Zvýšená dynamika prostredia, vyvolaná prúdením alebo búrkami, spôsobila prepracovanie sedimentu, lámanie protuberancií rias, abráziu endolitických a povliekavých organizmov z ich povrchu a čiastočné vyplavenie mikritu. V období pokoja riasy mohli regenerovať poškodené stielky. Dominancia kríčkových rodolitov, protuberancií a ich úlomkov, spolu s druhovým zložením, umožňuje porovnať prostredie s dnešnými maerlovými vrstvami, ktoré sú súčasťou pobrežnej detritickej (DC) fácie šelfu Stredozemného mora.

Podakovanie. Autori ďakujú recenzentom doc. RNDr. J. Sotákovi, DrSc., a RNDr. K. Zágoršekovi, Dr., za vhodné pripomienky a korektúry článku. Výskum bol financovaný projektmi 205/09/0103 GA ČR a 01 06 MŽP SR.

References

ADEY, W. H., CHAMBERLAIN, Y. M. & IRVINE, L. M., 2005: An SEM-based analysis of the morphology, anatomy and reproduction of *Lithothamnion tophiforme* (Esper) Unger (Corallinales, Rhodophyta), with a comparative study of associated North Atlantic Arctic/Subarctic Melobesioideae. *J. Phycol.*, 41, 1 010 – 1 024.

ADEY, W. H., TOWNSEND, R. A. & BOYKINS, W. T., 1982: The crustose coralline algae (Rhodophyta: Corallinaceae) of the Hawaiian Islands. *Smithson. Contr. Mar. Sci.*, 15, 1 – 74.

AGUIRRE, J., RIDING, R. & BRAGA, J. C., 2000: Diversity of coralline red algae: Origination and extinction patterns from the Early Cretaceous to the Pleistocene. *Paleobiology*, 26, 651 – 667.

ANDRIAN, F., 1863: Original Blatt 35 Stampfen, Pressburg, Modern, Warburg 1 : 144 000. *Manuskript. Archiv GBA Viedeň.*

BALLESTEROS, E., 2006: Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 44, 123 – 195.

BARÁTH, I., 1992: Vrchnobádenský rifový komplex na východnom okraji Viedenskej panvy. *Knih. Zem. Plyn Nafta*, 15, 177 – 197.

BASSO, D., 1994: Study of living calcareous algae by a paleontological approach: The non-geniculate Corallinaceae (Rhodophyta) of the soft bottoms of the Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). The genera *Phymatolithon* Foslie and *Mesophyllum* Lemoine. *Riv. ital. Paleont. Stratigr.*, 100, 575 – 596.

BASSO, D., 1998: Deep rhodolith distribution in the Pontian Islands, Italy: A model for the paleoecology of a temperate sea. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. (Amsterdam)*, 137, 173 – 187.

BASSO, D., FRAVEGA, P. & VANNUCCI, G., 1997: The Taxonomy of *Lithothamnion ramosissimum* (Gümbel non Reuss) Conti and *Lithothamnium operculatum* (Conti) Conti (Rhodophyta, Corallinaceae). *Facies*, 37, 36 – 40.

BASSO, D., NALIN, R. & NELSON, C. S., 2009: Shallow water *Sporolithon* rhodoliths from North Island (New Zealand). *Palaios*, 24, 92 – 103.

BASSO, D., VRSALJKO, D. & GRASOVIĆ, T., 2008: The coralline flora of a Miocene maerl: The Croatian "Litavac". *Geol. Croat.*, 61, 333 – 340.

BOSELLINI, A. & GINSBURG, R. N., 1971: Form and internal structure of recent algal nodules (rhodoliths) from Bermuda. *J. Geol.*, 79, 669 – 682.

BOSENCE, D. W. J., 1976: Ecological studies on two unattached coralline algae from western Ireland. *Palaeontology*, 19, 365 – 395.

BUDAY, T., 1939: Tři lokality tortonské fauny na západním úpätí Malých Karpat. *Příroda*, 32, 94 – 96.

BUDAY, T., 1955: Stratigrafie spodního a středního miocénu hlavních oblastí Dolnomoravského úvalu. *Manuskript. Archiv ŠGÚDŠ, Bratislava.*

CARANNANTE, G., ESTEBAN, M., MILLIMAN, J. D. & SIMONE, L., 1988: Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators: Problems and limitations. *Sed. Geol.*, 60, 333 – 346.

DOLÁKOVÁ, N., BRZOBOHATÝ, R., HLADILOVÁ, Š. & NEHYBA, S., 2008: The red-algal facies of the Lower Badenian limestones of the Carpathian Foredeep in Moravia (Czech Republic). *Geol. Carpath.*, 59, 2, 133 – 146.

FORDINÁL, K. (ed.), MAGLAY, J., ELEČKO, M., NAGY, A., MORAVCOVÁ, M., VLAČIKY, M., KOHÚT, M., NÉMETH, Z., BEZÁK, V., POLÁK, M., PLAŠIENKA, D., OLŠAVSKÝ, M., BUČEK, S., HAVRILA, M., HÓK, J., PEŠKOVÁ, I., KUCHARIČ, L., KUBEŠ, P., MALÍK, P., BALÁŽ, P., LIŠČÁK, P., MADARÁS, J., ŠEFČÍK, P., BARÁTH, I., BOOROVÁ, D., UHER, P., ZLINSKÁ, A. & ŽECOVÁ, K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape Záhorskej nížiny 1 : 50 000. *Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava*, 1 – 232.

FLÜGEL, E., 2004: Microfacies of carbonate rocks. *Springer Verlag, Berlin*, 976 p.

HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D., 2001: PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontol. electron.*, 4, 9.

HLADIL, J., 1996: Karbonátová sedimentární tělesa I. Jejich vznik a vývoj. *Vyd. MU, Brno*, 1 – 99.

HOLCOVÁ, K. & ZÁGORŠEK, K., 2008: Bryozoa, foraminifera and calcareous nannoplankton as environmental proxies of the "bryozoan event" in the Middle Miocene of the Central Paratethys (Czech Republic). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 267, 216 – 234.

HRABOVSKÝ, J., 2013: Negenikulátne koralinné riasy (Corallinales, Sporolithales, Rhodophyta) z litotamniových vápencov lokality Vrchná hora pri Stupave (Viedenská panva, Slovensko). *Miner. Slov.*, 45, 1 – 2, 23 – 34.

KOVÁČ, M., FORDINÁL, K., GRIGOROVICH, A. S., HALÁSOVÁ, E., HUDÁČKOVÁ, N., JONIAK, P., PIPIK, R., SABOL, M., KOVÁČOVÁ, M. & SLIVA, L., 2005: Západokarpatské fosílné ekosystémy a ich vzťah k paleoprostrediu v kontexte neogénneho vývoja eurázijského kontinentu. *Geol. Práce, Spr.*, 111, 61 – 121.

KOVÁČOVÁ, M., DOLÁKOVÁ, N. & KOVÁČ, M., 2011: Miocene vegetation pattern and climate change in the northwestern Central Paratethys domain (Czech and Slovak Republic). *Geol. Carpath.*, 62, 3, 251 – 266.

KYSELA, J., 1988: Mikrofacie, typy porozity litavských vápencov a vrchnotriasových dolomitov podložia viedenskej panvy. *ŠGÚDŠ, Bratislava*, 142 s.

LITTLER, M. M., LITTLER, D. S., BLAIR, S. M. & NORRIS, J. N., 1985: Deepest known plant life discovered on an uncharted seamount. *Science*, 227, 57 – 59.

NEBELSICK, J. H., RASSER, M. W. & BASSI, D., 2005: Facies dynamics

- in Eocene to Oligocene circumalpine carbonates. *Facies*, 51, 197 – 216.
- NOVÁK, Z., 1975: Spodnobádenské vápence karpatské předhlubně. *Manuskript. Archív MU, Brno*.
- PÉRÉS, J. M. & PICARD, J., 1967: The Mediterranean benthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 5, 449 – 533.
- PERYT, T. M., 1983: Coated Grains. *Springer Verlag, Berlin*, 1 – 655.
- RODUIT, N., 2008: JMicrovision: Image analysis toolbox for measuring and quantifying components of high-definition images. verzia 1.2.7. <http://www.jmicrovision.com>, 2008.
- STENECK, R. S., MACINTYRE, I. G. & REID, R. P., 1997: Unique algal ridge system of Exuma Cays, Bahamas. *Cor. Reefs*, 16, 27 – 35.
- TOSCANO, F. & SORGENTE, B., 2002: Rhodalgae – bryomol temperate carbonates from the Apulian shelf (Southeastern Italy). Relic and modern deposits on a current dominated shelf. *Facies*, 46, 103 – 118.
- VASS, D. & ŠPIČKA, V., 1970: Základný geologický výskum neogénu slovenskej časti Viedenskej panvy – Vysvetľujúci text ku geologickým mapám 1 : 25 000, listy: M-33-142-B-b (Zohor), M-33-143-A-a (Stupava), M-33-131-C-c (Jablonovce) – časť neogén. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*.
- WOELKERLING, W. J., IRVINE, L. M. & HARVEY, A. S., 1993: Growth – forms in non – geniculate coralline red algae (Corallinales, Rhodophyta). *Aus. Sys. Bot.*, 6, 277 – 293.
- ZLINSKÁ, A., 2007: Zhodnotenie mikrofauny z listu 44-221 (Stupava). In: Kohút, M., Plašienka, D., Fordinál, K., Maglay, J. & Kučera, M., 2007: *Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000, listy 44-221 Stupava a 44-224 Bernolákovo*. *Manuskript. Archív ŠGÚDŠ, Bratislava*.

Rukopis doručený 2. 1. 2013

Revidovaná verzia doručená 26. 3. 2013

Rukopis akceptovaný red. radou 27. 2. 2013

Paleoecological evaluation of the algal limestones in Stupava-Vrchná hora locality (Vienna Basin, Slovakia)

The Middle Badenian algal limestones of Stupava-Vrchná hora locality are known since their designation in the map by Andrian (1863) in the second half of 19th century. This type of limestones is referred also as lithothamnion limestones or Leitha limestones. They are built mainly of coralline red algae that occupy and dominate in many shallow-water environments since Cenozoic. Coralline red algae represent a useful tool in interpretation of fossil environments. Examples are well known from Central Paratethys as well as from Mediterranean bioprovince. The Middle Badenian limestones from Stupava-Vrchná hora were studied in thin sections by light microscope. Scans of thin sections were analysed using software JMicrovision. Statistical analyses were performed by the software Past. Correlation coefficient was calculated using Spearman method, applying significance level $p = 0.05$.

Hill with altitude point Vrchná hora (280 m a.s.l.; E 17°2'58.433", N 48°15'44.277") is located southeast of the Stupava village. The area is built of Stupava Mb. of Jakubov Fm., lying on terrestrial Devínska Nová Ves Fm. Biodetrital limestones are mainly composed of Coralline algae that are present as multispecific rhodoliths, monospecific unattached protuberances, and algal debris. Dominant species are *Lithothamnion minervae* BASSO, *Lithothamnion ramosissimum* (REUS) PILLER, *Lithothamnion valens* FOSLIE, *Lithothamnion* sp., *Phymatolithon calcareum* (PALLAS) W. H. ADEY & D. L. MCKIBBIN and *Spongites albanensis* BRAGA, BOSENCE, STENECK. Species with minor representation: *Mesophyllum* sp., *Lithophyllum* sp. and *Sporolithon* sp. Coralline algae form unattached protuberances or fruticose monospecific rhodoliths. They can be classified as type I to IV according to Bosence. Multispecific rhodoliths are built by *L. minervae*, *L. ramosissimum*, *Lithophyllum* sp. and *Mesophyllum* sp.. Other forms are multispecific rhodoliths

with protuberant algae as a core and thin, broken crust above the core. Algae are also present as debris or broken protuberances of all mentioned growths. Thin crusts were occasionally observed in upper parts of multispecific rhodoliths. Other components are Bryozoan colonies, molluscs, foraminifers, echinoids, Polychaetes, unsorted bioclasts, lithoclasts, micrite, sparite and pores. According to skeletal assemblages, limestones can be classified as rhodalgae biofacies. Lithofacially they correspond to lithoclastic coralline algal protuberance rudstone within grainstone matrix that gradate to lithoclastic coralline gastropod rudstone within grainstone matrix. Grainstone – packstone lithofacies was also documented. Extension of biofacies rhodalgae is controlled by water temperature and they are frequent in warm temperate to subtropical seas. Limestones of Vrchná hora were deposited in dynamic environment of inner shelf with oscillations of sea level. Lithoclastic coralline algal protuberances and coralline algal gastropods rudstone within grainstone matrix is compared to modern maërl beds. Grainstone – packstone poses a debris of algal protuberances probably derived from above lithofacies, since comparable species of corallines were identified in all lithofacies. Our results are in agreement with paleoecological studies from Moravian part of Carpathian Foredeep. Limestones were deposited within dynamic environment of normal salinity at the proposed depth of 35–80 m. High amount of lithoclasts points to depositional environment with terrigenous input. Both factors prevent coralline algae to stabilize the sea-floor. This is in contrast to coralline bryozoan and coralline coral reef from Rohožník that was formed on elevation protected from terrigenous input. Maërl beds from Vrchná hora in the vicinity of Stupava town were periodically influenced by higher sediment input that caused their disappearance.