

Záznam post-paleozoického geologického vývoje uchovaný v reliktech miocénu v Brně-Líšeň

Post-Palaeozoic geological history saved in sedimentary record of Miocene remnants in Brno-Líšeň

Miroslav Bubík¹✉, Jiří Otava¹, Šárka Hladilová²

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno

² Katedra biologie PdF UP, Purkrabská 2, 771 40 Olomouc

Key words:

Carpathian Foredeep, Miocene, Cretaceous, Quaternary, heavy minerals, biostratigraphy, Foraminifera, Mollusca

✉ miroslav.bubik@geology.cz

Editor:

Pavla Tomanová Petrová

Abstract

Recent operation in the Kalcit Quarry near Brno-Líšeň exposed contact of Devonian limestones with overlying Miocene sediments. Calcareous silts with chert debris and non-calcareous clays filling the clefs in the limestone are Middle Miocene in age (Lower Badenian). They contained association of translucent heavy minerals derived from Drahaný Culmian formations and the Brno Massif. Fossil content comprised conodonts and foraminifers weathered off the Lower Carboniferous limestones, brackish gastropods reworked from the Rzehakia Beds (Ottangian) and foraminifers reworked from Karpatian and Lower Badenian clays. Overlying grey gravelly sand contained varied association of heavy minerals reworked from post-Jurassic products of tropical weathering and block of Paleogene silcrete. Finally, the Lower Badenian Brno Sands capping the section contained rich pseudoassociation of foraminifers reworked from the Karpatian and Badenian sediments nearby as well as Upper Cretaceous and Paleogene foraminifers from more distant edge of the Carpathian Flysch Belt.

Úvod

Historie Hudcova lomu na sv. okraji Brna sahá do první poloviny 20. století, kdy zde stála vápenka. Těžba vysokoprocentního vápence tu byla obnovena po roce 2000 firmou KALCIT s.r.o. a lom je nově označován jako „Lom Kalcit“. Kontakt miocenních sedimentů s podložními vápenci byl nověji prozkoumán během geologického mapování 1 : 25 000 (viz webová aplikace „Geologické lokality“ České geologické služby; https://mapy.geology.cz/geologicke_lokality/). Tomanová Petrová et al. (2011) na lokalitě provedli mikropaleontologické a sedimentologické vyhodnocení brněnských písků. Mikuláš (2004) provedl ichnologické vyhodnocení miocenní bioeroze povrchu vápenců.

Během návštěvy v roce 2015 byly v lomu pozorovány mezi nerovným povrchem devonských mokerských vápenců macošského souvrství a typickými brněnskými písky světle šedé jily, prachy, diamiktity a šterkovité písky nejisté stratigrafické příslušnosti. K objasnění provenience těchto sedimentů byly odebrány vzorky pro kvantitativní analýzu asociací průsvitných těžkých minerálů. Pro určení geneze a stratigrafické zařazení byly odebrány mikropaleontologické vzorky.

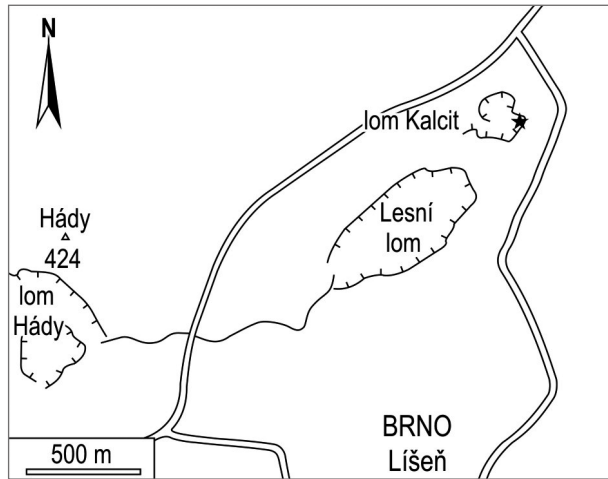
Metodika

Studovaný profil se nachází ve v. stěně lomu podél svážné cesty (obr. 1, GPS souřadnice: N 49°13'35,1" E 16°42'04,7"). Vzorky na těžké minerály

Doporučená citace článku:

Bubík, M., Otava, J., Hladilová, Š. (2019). Záznam post-paleozoického geologického vývoje uchovaný v reliktech miocénu v Brně-Líšeň. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 26, 1–2, 16–23.

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2019-1-2-16>



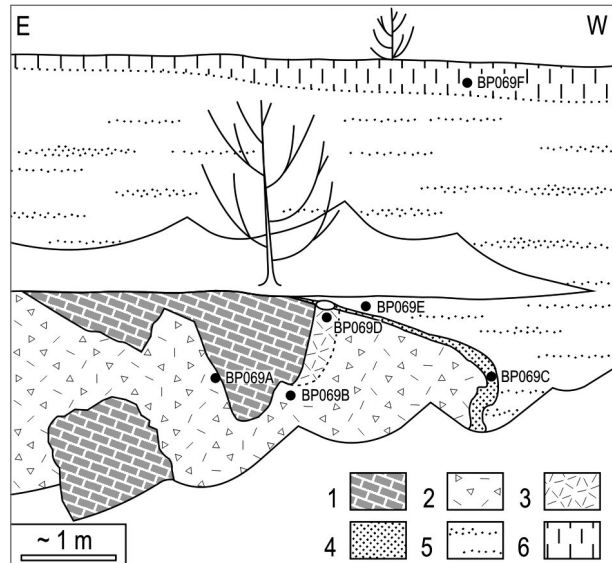
Obr. 1: Situační mapka studovaného profilu v lomu Kalcit. Profil je označen hvězdičkou.

Fig. 1: Position map of the studied section in the Kalcit Quarry. Section indicated by asterisk.

a mikropaleontologii byly odebrány z různých typů sedimentů vyplňujících deprese zkrasovělého vápencového povrchu a z brněnských písků (obr. 2 a 3). Pro srovnání asociací těžkých minerálů byla odebrána rovněž nadložní sprašová hlína. Během několika příležitostných návštěv lokality byla ve světle šedých slínech nalezena nehojná makrofauna plžů.

Pro studium průsvitných těžkých minerálů byla použita velikostní frakce 0,063–0,25 mm získaná plavením na sítích. Těžké minerály byly separovány v tetrabromethanu ($C_2H_2Br_4$) o měrné hmotnosti $2,96 \text{ g.cm}^{-3}$ v laboratořích ČGS Barrandov. Průsvitná těžká frakce byla pozorována v mineralogickém mikroskopu Amplival. Počet určovaných zrn v preparátu se většinou pohyboval mezi 150 a 400. Výsledky v koláčových diagramech, grafech a tabulce jsou vyjádřeny v modálních procentech minerálních zrn, bez ohledu na jejich velikost a váhu.

Mikrofauna byla získána plavením na sítu 0,063 mm a separována z reziduí ručně pod binokulárním



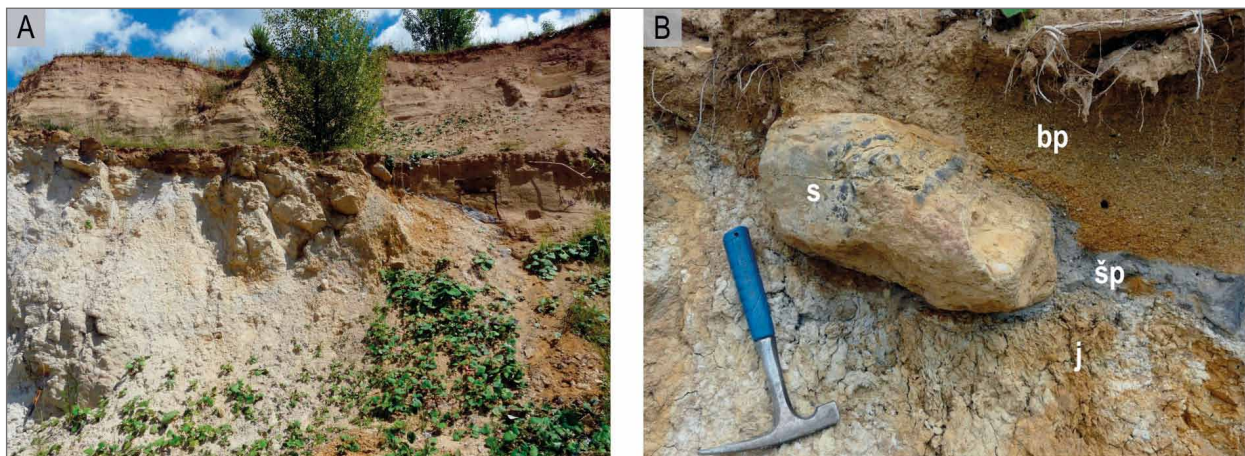
Obr. 2: Skica horní části v. stěny lomu s vyznačením odběrů vzorků. Litologie: 1 – šedý vápenc (devon); 2 – světle šedý vápnitý prach s úlomky černošedého rohovce; 3 – žlutošedý nevápnitý jíl; 4 – šedý šterkovitý písek; 5 – hnědožlutý hrubozrnný písek (brněnský písek); 6 – sprašová hlína.

Fig. 2: Sketch of the edge of quarry wall with indicated sample position. Lithology: 1 – grey limestone (Devonian); 2 – light-grey silt with debris of black-grey chert; 3 – yellow-grey non-calcareous clay; 4 – grey gravelly sand; 5 – brownish yellow coarse-grained sand; 6 – loess loam.

mikroskopem. Mikropaleontologická hmotná dokumentace je uložena na ČGS v Brně a je označena číslem dokumentačního bodu BP069 mapového listu 24-413.

Litologie

Profil v j. stěně lomu Kalcit začíná šedými mokerými vápenci nejvyššího cyklu macošského souvrství frasněského stáří Gilíková, Hladil (eds) et al. (2010). Tyto vápence mají povrch porušený hlubokými průrvami, které pravděpodobně vznikly předmiocenním krasověním podél puklin a zčásti i abrazí miocenního moře.



Obr. 3. Horní části v. stěny lomu Kalcit. A – studovaný profil (viz obr. 2) zakončený sprašovou hlínou v nejvyšší části; B – detail slunáku (s) v poloze šedého šterkovitého písku (šp), v podloží nevápnitý jíl (j), v nadloží brněnské písky (bp). Autor M. Bubík.

Fig. 3. Upper part of the eastern wall of the Kalcit Quarry. A – studied section (compare Fig. 2) topped by loess loam. B – detail of silcrete block (s) enclosed in grey gravelly sand (šp) underlain by non-calcareous clay (j) and overlaid by coarse-grained sand (bp). Author M. Bubík.

Tab. 1: Složení průsvitné těžké minerální frakce sedimentů (%) studovaného profilu v lomu Kalcit (BP069B–F) a vybraných lokalitách v okolí (BU007 a BU032).

Tab. 1: Composition of translucent heavy-mineral associations from sediments (%) of studied section in the Kalcit quarry (BP069B–F) and selected sites nearby (BU007 a BU032).

vzorek	granát	zirkon idiomorfni	zirkon zaoblený	apatit	rutil	turmalín	skupina epidotu	staurolit	alterity	skupina amfibolu	titanit	kyanit	ostatní	počet zrn
BP069F	71,6	0,8	0,3	1,0	0,8	0,5	6,0	2,5	1,7	11,7	1,5	1,0	0,6	402
BP069E	73,9	0,6	0,6	4,5	0,0	0,6	7,6	4,5	1,3	4,5	0,0	0,6	1,3	157
BP069C	14,0	3,7	12,8	0,2	10,6	5,4	1,2	20,0	0,7	2,2	0,5	20,0	8,7	406
BP069B	45,8	3,4	15,3	13,6	6,7	0,0	10,2	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	1,6	59
BU007	88,9	0,0	0,2	1,4	0,4	1,0	0,6	1,8	0,0	3,5	0,0	0,8	1,5	511
BU032	75,1	0,0	0,0	9,8	1,8	1,3	1,3	5,7	0,3	1,5	0,5	1,3	1,4	386

Morfologie depresí není ve stěně lomu dobře patrná, ale zdá se, že zasahují do hloubky několika metrů do vápencového masivu. Největší objem výplni tvoří diamiktity (obr. 2). Jsou to masivní světle šedé vápnité prachy s proměnlivým podílem 2 až 70 mm velkých angulárních úlomků černošedého rohovce, místy přecházející až do prachovitých šterků. Rohovce jsou místy bělavě páskované. Úlomky rohovce jsou patrně nerozpustným reziduem po zvětrávání rohovcových hádko-říčských vápenců a zčásti patrně i jurských vápenců. Při stěně rozsedliny byl lokálně zjištěn žlutošedý nevápnitý jíł nejasně ohraničený vůči diamiktitu. Povrch vápence s rozsedlinami pokrývá neprůběžná 5 až 20 cm mocná poloha šedého šterkovitého křemenného písku až písčitého šterku. Šterkovitý písek uzavírá polozaoblené valouny černošedých rohovců a křemenců. Ojedinelý blok o průměru 40 cm v delší ose byl tvořen žlutošedě zbarveným silicitem (sluňákem) s pásy brekciovitě rozpadlého tmavošedého rohovce i zcela rozptýlenými drobnými úlomky v jemné základní hmotě (obr. 3B). Tmavošedý brekciovitý rohovec byl stejného charakteru jako ostrohranné klasy v diamiktitu. Celá poloha je zjevně gravitačně deformována v důsledku zatížení nepevných diamiktitů nadložními brněnskými písky v době jejich sedimentace a zapadá zhruba k S. Brněnské písky lze na lokalitě charakterizovat jako špatně vytříděné hnědožluté hrubozrnné písky se šterčikovými bázemi jednotlivých setů proudového korytového zvrstvení.

Asociace průsvitných těžkých minerálů

Diamiktity obsahují ochuzenou, ale složením poměrně pestrou asociaci průsvitných těžkých minerálů (tab. 1). Dominující granáty tvoří necelou polovinu počítaných zrn, následují zirkony tvořící necelých 20 % asociace, přičemž oválné zirkony převažují více než čtyřnásobně nad idiomorfními zirkony. Další minerály jsou (v sestupném pořadí) apatit, epidot, rutil, akcesoricky byl zastížen amfibol a chromspinel.

Šedé šterkovité písky ve srovnání s diamiktity mají obsah průsvitných těžkých minerálů daleko vyšší jak po stránce kvantitativní, tak kvalitativní. Nápadným a poměrně neobvyklým faktem je to, že žádný z minerálů výrazně nedominoval. Obsahy mezi 10 a 20 % byly v sestupném pořadí zaznamenány u kyanitu, staurolitu, granátu, zirkonu a rutilu. Mezi zirkony převládaly oválné více než

trojnásobně nad idiomorfními. Zastoupení pod 10 % má andalusit a turmalín. Ostatní minerály jsou zastoupeny víceméně akcesoricky: amfibol, epidot, sillimanit, chromspinel, alterity, titanit, apatit a sfalerit.

Brněnské písky mají granatickou asociaci, kde podíl granátu dosahuje 74 %. Jako vedlejší minerály jsou zastoupeny epidoty, apatit, amfiboly a staurolit. Akcesoricky jsou přítomny zirkon, alterity, kyanit, andalusit, turmalín a glaukofan.

Sprašové hlíny obsahují asociaci charakteristickou pro spraše a sprašové hlíny, která je současně dosti podobná asociaci podložních brněnských písků. Dominuje granát (73,4 %) doprovázený epidoty, staurolitem, amfiboly a apatitem. Zbývající minerály, tedy alterity, andalusit, glaukofan, zirkon, turmalín a kyanit, jsou akcesorické.

Mikrofauna

Sedimenty vyplňující rozsedliny ve vápenci obsahovaly velmi chudou mikrofaunu vykazující znaky redepozice. Ve vápnitém prachu (vzorek BP069A) dominovala drť kalcifikovaných jehlic hub. Z foraminifer byly v jednotlivých exemplářích zjištěny *Ciperoella anguliofficialis* (Blow) a *Cibicoides* sp. Vápnitý prach s příměsí úlomků černošedého rohovce (BP069B) obsahoval pseudoasociaci s jehlicemi hub, ojedinelým konodontem, kalcitovým jádrem artikulované schránky ostrakoda a foraminiferami: *Bathysiphon* sp., *Cibicoides borislavensis* Aisenstat, *Amphistegina bohdanowiczi* Bieda, *Ceratocancris* cf. *eximius* (Rzehak) a *Ciperoella anguliofficialis* (Blow). Spikuly hub jsou úlomkovité a kalcifikované, ale ojedinelé se vyskytly i úlomky sklovitého vzhledu s osním kanálkem tvořené opálem. Žlutošedý nevápnitý jíł (vzorek BP069D) obsahoval převážně drť rekrystalovaných jehlic hub a v jednotlivých exemplářích foraminiferu *Sigmavirgulina tortuosa* (Brady) a patrně silicifikovanou tournayellidní foraminiferu, blíže nezařaditelnou. Šedý šterkovitý písek (vzorek BP069C) obsahoval převážně drť rekrystalovaných jehlic hub, ale ojedinelé se vyskytl i úlomek jehlice sklovitého vzhledu s osním kanálkem. Písek dále obsahoval úštěpky tmavošedého rohovce a ojedinelé i úlomek laminy spongolitu tvořeného nahloučenými jehlicemi.

Ve srovnání se sedimenty vyplňujícími nerovnosti ve vápenci jsou hrubozrnné brněnské písky mikrofaunisticky velmi bohaté. I v tomto případě ale různé zachování

Tab. 2: Seznam druhů foraminifer zjištěných ve vzorku brněnského písku (vzorek BP069E).
 Tab. 2: Faunal list of foraminifers recognized in the lower Badenian sand (sample BP069E).

Planktonní druhy	počet	Cibicidoides sp.	3
<i>Acarinina boudreauxi</i> Fleisher	1	<i>Coryphostoma sinuosa</i> (Cushman)	1
<i>Catapsydrax africanus</i> (Blow et Banner)	1	<i>Cribrorobulina clericii</i> (Fornasini)	1
<i>Ciperoella anguliofficinalis</i> (Blow)	2	<i>Ehrenbergina</i> cf. <i>variabilis</i> Trunko	1
<i>Ciperoella ciperoensis</i> (Bolli)	1	<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	5
<i>Globigerina?</i> spp.	2	<i>Elphidium fichtellianum</i> (Orbigny)	2
<i>Globigerina bulloides</i> Orbigny	1	<i>Elphidium flexuosum</i> (Orbigny)	2
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)	1	<i>Elphidium subtypicum</i> Papp	4
<i>Globotruncana lapparenti</i> Brotzen	1	<i>Eponides repandus</i> (Fichtel et Moll)	1
<i>Globotruncana lapparenti-arca</i> trans.	1	<i>Gyroidina?</i> sp.	1
<i>Globoturborotalita bassriverensis</i> Olsson et Hem.	1	<i>Gyroidina marina</i> Pishvanova	1
<i>Globoturborotalita cancellata</i> (Pessagno)	1	<i>Hanzawaia boueana</i> (Orbigny)	2
<i>Heterohelix globulosa</i> (Ehrenberg)	1	<i>Heterolepa dutemplei</i> (Orbigny)	14
<i>Macroglobigerinelloides bollii</i> (Pessagno)	3	<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus)	1
<i>Paragloborotalia nana</i> (Bolli)	1	<i>Lenticulina cultrata</i> (Montfort)	1
<i>Subbotina minima</i> (Jenkins)	1	<i>Lenticulina dicampyla</i> (Franzenau)	1
<i>Trilobatus bisphericus</i> (Todd)	2	<i>Lenticulina inornata</i> (Orbigny)	3
<i>Trilobatus immaturus</i> (Le Roy)	2	<i>Lobatula lobatula</i> (Walker et Jacobs)	6
<i>Trilobatus quadrilobatus</i> (Orbigny)	3	<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel et Moll)	1
<i>Trilobatus trilobatus</i> (Reuss)	3	<i>Neoeponides schreibersii</i> (Orbigny)	1
<i>Turborotalita quinqueloba</i> (Natland)	2	<i>Operculina complanata</i> (Defrance)	1
Bentické druhy	počet	<i>Pappina primiformis</i> (Papp et Turnowsky)	1
<i>Alabama armellae</i> Popescu	1	<i>Pararotalia aculeata</i> (Orbigny)	2
<i>Ammonia viennensis</i> (Orbigny)	6	<i>Pullenia bulloides</i> (Orbigny)	1
<i>Amphistegina mamillata</i> Orbigny	4	<i>Reussella spinulosa</i> (Reuss)	1
<i>Asterigerinata planorbis</i> (Orbigny)	2	<i>Reussella</i> cf. <i>oligocenina</i> Cushman et Todd	1
? <i>Aubignyna kiliani</i> (Andreae)	1	<i>Riminopsis boueanus</i> (Orbigny)	1
<i>Bolivina dilatata</i> Reuss	1	<i>Siphonina reticulata</i> (Czjzek)	1
<i>Bulimina</i> aff. <i>hanjoensis</i> Iwasa	1	<i>Siphonodosaria consobrina</i> (Orbigny)	2
<i>Cassidulina laevigata</i> Orbigny	1	<i>Trifarina bradyi</i> Cushman	1
<i>Cibicidoides</i> gr. <i>pseudoungerianus</i> (Cushman)	16	<i>Uvigerina posthantkeni</i> Papp	1
<i>Cibicidoides ungerianus</i> (Orbigny)	1	<i>Uvigerina semiornata</i> Orbigny	3

a různá provenience mikrofauny prozrazuje, že jde o pseudoasociaci složenou z redeponovaných mikrofosilií. Nejhojnější jsou foraminifery a planktonické druhy převažují nad vápnitým bentosem (tab. 2). Celkem bylo zjištěno 19 druhů planktonu a 42 druhů bentosu. Vedle druhů ze středního miocénu (badenu) jsou v pseudoasociaci zastoupeny rovněž druhy spodnomiocenní, oligocenní, eocenní a svrchnokřídové. Vedle foraminifer se poměrně hojně vyskytují úlomky mechovek a kosterních elementů ježovek. Ojedinele byly zjištěny zbytky hadic, jádro gastropoda a fragment oogonia parožnatky.

Makrofauna

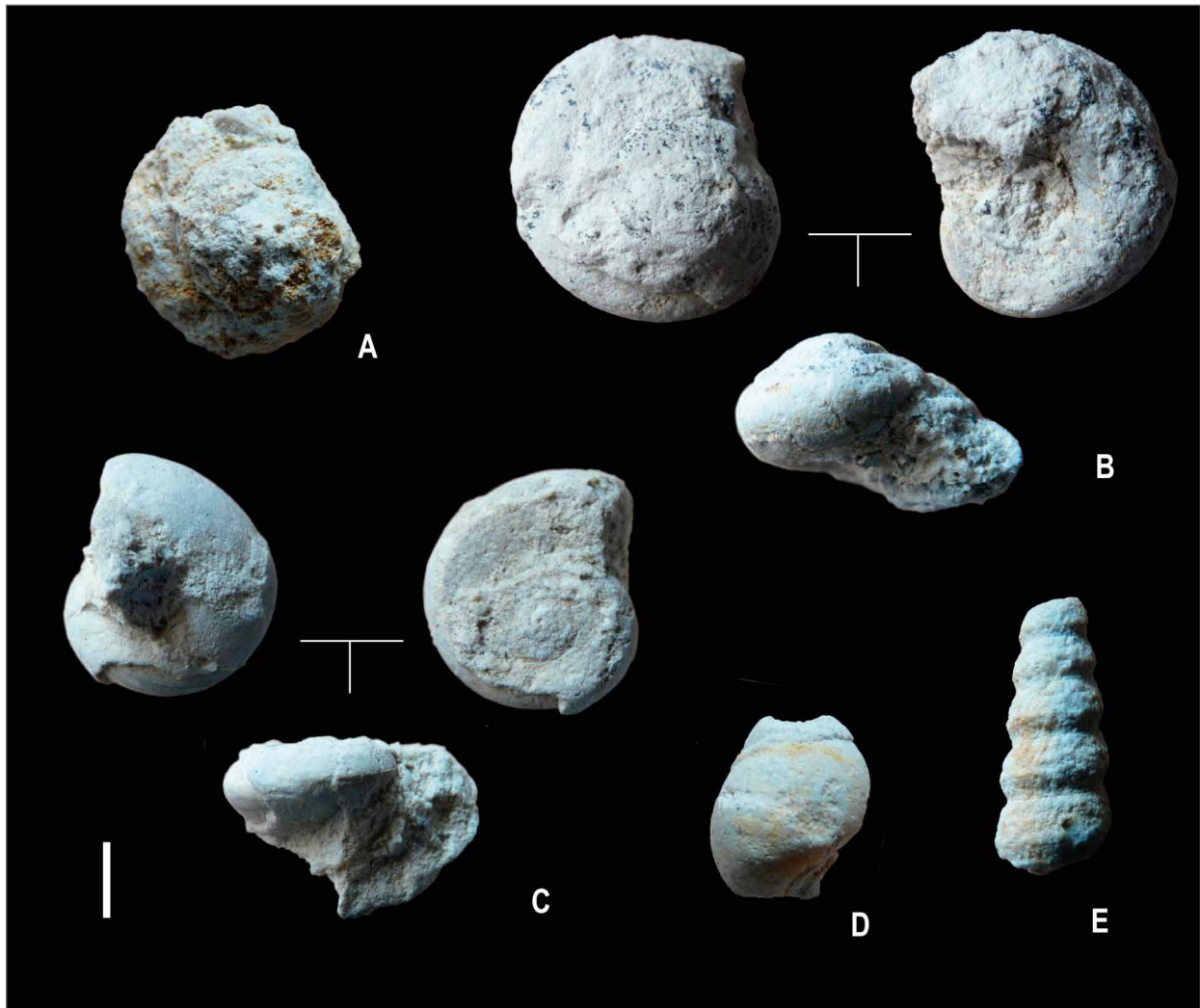
Nálezy makrofauny pocházejí z diamiktitu. Celkem bylo sebráno 6 schránek gastropodů. Všechny jsou zachovány jako kamenná jádra, resp. jejich fragmenty, což komplikuje přesnější determinaci (obr. 4). Byly identifikovány následující druhy: *Turritella badensis* Sacco, 1895 (1 ks), *Cepaea* cf. *brandti* Schlickum, 1964 (1 ks), *Cepaea* sp. (1 ks), Ampullariidae indet. (1 ks), a ?*Melanopsis* sp. (1 ks).

Druh *Cepaea brandti* je znám ze sedimentů bavorské molasy (Papp et al. 1973). Podobný druh *Cepaea* cf. *brandti* je uváděn z příbřežních sedimentů rzhakiových vrstev Moravy (Čtyroký 1972; Papp et al. 1973). Jde o terestrické pulmonátní gastropody a jejich výskyt v asociaci

s akvatickými druhy je třeba považovat za redepozici. Co se týče blíže neurčitelného jedince *Melanopsis?* sp., je třeba poznamenat, že i rod *Melanopsis* je známý z rzhakiových vrstev na Moravě. Poddruh *M. impressa impressa* Krauss, 1852 je hojný v oligo–mesohalinních faciích a výrazně vzácnější v brachyhalinních faciích. Tento poddruh je známý i ze silně vyslazené facie onkoforových vrstev Dolního Bavorska (Čtyroký 1972; Papp et al. 1973). Druh *Turritella badensis*, typický pro baden (Papp et al. 1978; Mandic, Harzhauser 2003), se hojně vyskytuje v marinních faciích a je znám z řady lokalit ČR, Rakouska, Maďarska, Polska či Rumunska (Švagrovský 1982).

Diskuze

Asociace průsvitných těžkých minerálů v sedimentech představují klasty, které přinášejí informace o zdroji, ze kterého pocházejí. Tyto zdroje jsou primární (magmatické a krystalinické jednotky) nebo sekundární (sedimentární jednotky), ve kterých charakteristické asociace vznikly redepozicí (často vícenásobnou), tříděním, zvětráváním, diagenzou aj. Stejně tak mikrofosilie a makrofosilie, které jsou jako bioklasty redeponované do sedimentu z jiných sedimentárních jednotek, mohou přinést relativně detailní informace o zdroji.



Obr. 4: Gastropodi z šedých prachů vyplňujících rozsedliny v devonských vápencích: A – *Cepaea* sp.; B – *Cepaea* cf. *brandti* Schlickum; C – Ampullariidae gen. et sp. inc.; D – *Melanopsis*? sp.; E – *Turritella badensis* Sacco. Délka měřítka = 3 mm.

Fig. 4: Gastropods from the grey silt filling the clefts in Devonian limestone: A – *Cepaea* sp.; B – *Cepaea* cf. *brandti* Schlickum; C – Ampullariidae gen. et sp. inc.; D – *Melanopsis*? sp.; E – *Turritella badensis* Sacco. Scale bar = 3 mm.

V případě asociací průsvitných těžkých minerálů byly uvažovány tři jednotky jako zdroj klastů. Jsou to brněnský masiv s typomorfními minerály amfiboly a epidotem, drahanský kulm (spodní karbon) charakterizovaný granátem a apatitem a rudické vrstvy (křída) charakterizované rutilem, staurolitem, kyanitem, turmalínem, andalusitem a sillimanitem. Na základě obsažených typomorfních minerálů byla určena provenience (obr. 5).

Brněnské písky obsahují výrazně granátickou asociaci a toto složení je poměrně monotónní v širším okolí, jak ukazuje srovnávací vzorek z jiného místa v lomu Kalcit (BU032) nebo vzorek pískovce nasedajícího bezprostředně na granodiorit na lokalitě Líšeň Hochmannova (BU007). Zdrojem jsou evidentně v rozhodující míře granátem bohaté sedimenty drahanského kulmu. Dalšími zdroji byly granitoidy brněnského masivu a křídové, resp. spodnomiocenní sedimenty, ale jejich podíl je o jeden řád nižší.

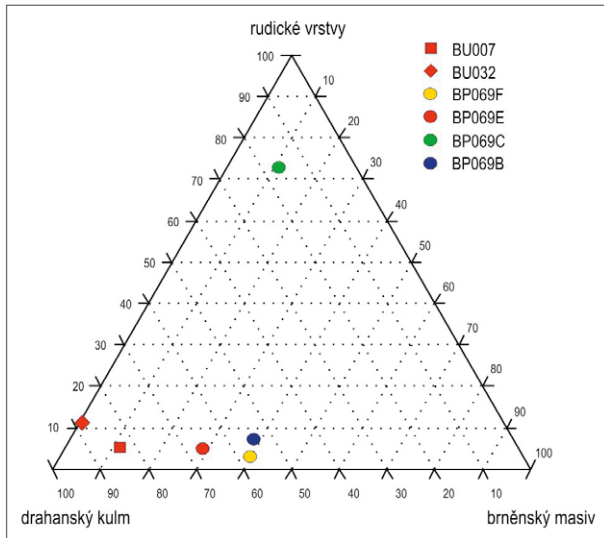
Asociace sprašové hlíny je kvalitativně víceméně shodná s brněnskými písky. Je velmi pravděpodobné, že vznikla vyvátím z podloží brněnských písků. Určitý kvantitativní rozdíl představuje vyšší zastoupení

amfibolu a epidotu, které jsou typomorfní pro granitoidy brněnského masivu, resp. jiné zdroje z krystalinika nebo devonská klastika (old red).

Diamiktit vyplňující rozsedliny v devonském vápenci byl chudý na těžkou minerální frakci, takže počet určených zrn nebyl dostatečný. Přesto je z kvantitativní analýzy zřejmé, že apatit-zirkon-granátická asociace s podřízeným epidotem, rutilem a amfibolem je derivována především z drahanského kulmu a v menší míře z granitoidů brněnského masivu a devonských klastik. Poměr těchto zdrojů lze odhadnout na cca 3 : 1.

Šedé šterkovité písky obsahovaly rozhodující podíl minerálů typomorfních pro rudické vrstvy a sladkovodní cenoman. Tyto minerály tvoří přibližně dvě třetiny průsvitné těžké frakce. Přibližně čtvrtina asociace může pocházet z drahanského kulmu. Ostatní zdroje jsou zcela zanedbatelné.

Další informace k provenienci sedimentů přináší paleontologický obsah sedimentů, který je z valné míry redeponovaný ze starších sedimentárních jednotek. Diamiktit a nevápnitý jíl vyplňující rozsedliny v devonském vápenci



Obr. 5: Podíl hlavních klastických zdrojů na složení asociací těžkých minerálů jednotlivých studovaných vzorků (viz tab. 1).
Fig. 5: Proportion of main clastic sources in a composition of heavy-mineral associations in single studied samples (see Tab. 1).

obsahoval pseudoasociaci mikro- a makrofosilií složenou z redepozic různého stáří. Úlomky konodontů a tourna-yellidní foraminifery pocházejí pravděpodobně z hádsko-říčských vápenců a představují nerozpustný zbytek po jejich krasovění v předmiocenním období. Svědčí pro to i hojné zastoupení úlomků černošedých rohovců. Jehlice hub samy o sobě nemají stratigrafický význam. Drť rekrystalovaných a kalcifikovaných jehlic může pocházet z jurských spongolitů a vápenců, které jsou dosud zachovány v reliktu na nedalekých Hádech, ale rovněž z rohových hádsko-říčských vápenců. Sporadicky se vyskytly i jehlice sklovitého vzhledu, pravděpodobně tvořené ještě primárním opálem. Ty pocházejí nejspíše z miocenních sedimentů. Z mořských sedimentů spodního miocénu (karpatu?) pocházejí patrně planktonické foraminifery *Ciperoella anguliofficialis*. Bentické druhy mají širší stratigrafický rozsah a mohou pocházet jak z karpatu, tak z badenu. Měkkýší fauna zachovaná ve formě jader je kompletně redeponovaná a to nejspíše z rzhakiových vrstev ottnangu (*Cepaea* cf. *brandti*, *Melanopsis*? sp.) a z mělkovodní facie badenu (*Turritella badensis*).

Šedý štěrkovitý písk byl z paleontologického hlediska velmi chudý a obsahoval pouze drť jehlic hub. Kromě rekrystalovaných jehlic (karbon?, jura?) se vyskytly i jehlice tvořené opálem (miocén?). Mnohem významnější byl nález bloku silicitu (obr. 2B). Zjevně pochází ze silicikrusty, jejímž substrátem byly rohovcové hádsko-říčské vápence s pásy tmavošedého rohovce. Vznik regionálně rozšířené silicikrusty je kladen do paleogénu a dodnes se v oblasti střední a jižní Moravy vyskytují její zbytky jako reliktní štěrky „sluňáky“ (Gilíková et al. 2010).

Nejpestřejší směs redeponované fauny obsahují brněnské písky. Vzhledem k tomu, že brněnské písky jsou dnes interpretovány jako facie hrubozrnné delty nebo svahu delty (Nehyba 2001; Tomanová Petrová et al. 2011) je možné, že veškerá mořská mikrofauna včetně miocenních druhů je redeponovaná.

Redepozice ze svrchní křídly jsou zastoupeny foraminiferami *Heterohelix globulosa*, *Macroglobigerinelloides bollii*, *Globotruncana lapparenti* a přechodnou formou *G. lapparenti* a *G. arca*. Obdobné redepozice stáří santon–nejnižší campan byly zjištěny v brněnských píscích ve vrtu Černovice TGB-1 a (Bubík, Petrová 2004). Jejich zdroj je třeba hledat v čele ždánické jednotky, zasahující v badenu dále k SV oproti dnešní pozici, spíše než v nejvýchodnějších výběžcích české křídové pánve.

Redepozice z paleogénu reprezentují eocenní druhy *Acarinina boudreauxi* a *Catapsydrax africanus*, druhy s rozsahem eocén–oligocén: *Globoturborotalita bassrivensis*, *G. cancellata*, *Paragloborotalia nana* a *Subbotina minima*, a také striktně oligocenní druh *Ciperoa ciperoensis*. I v případě eocenních a oligocenních druhů jsou zdrojem nejspíše někdejší okraje karpatských příkrovů, konkrétně sedimenty německého, menilitového nebo pouzdřanského souvrství.

Spodnomiocenní foraminifery *Ciperoella anguliofficialis* (= *Globigerina ottnangiensis*), *Elphidium subtypicum* a *Pappina primiformis* pocházejí nejspíše z pelitické facie karpatu. Řada dalších druhů s širokým stratigrafickým rozsahem napříč miocénem je charakteristická pro badenské vápenné jíly („tégly“). Jsou to např. různé druhy rodu *Trilobatus*, *Globigerina bulloides*, *Amphistegina mamillata*, *Ammonia viennensis*, *Asterigerinata planorbis*, *Cibicidoides ungerianus*, *Elphidium crispum*, *Lenticulina calcar*, *L. cultrata*, *L. dicampyla* aj. Zároveň se ale vyskytují i druhy striktně badenské: *Trilobatus quadrilobatus*, *Alabama armellae*, *Elphidium flexuosum*, *Uvigerina semiornata* a *Riminopsis boueanus*. Badenská mikrofauna se do brněnských písků dostala nejspíše z erodovaného staršího cyklu „tégly“. Na brněnské písky v oblasti Brna totiž nasedají „tégly“ s *Orbulina suturalis*, zatímco starší „tégly“ zóny *Praeorbulina* se zachovaly jen místy. Drtivá většina uvedených druhů foraminifer zcela jistě nežila v prostředí delty, ale v sublitorálu se stabilní salinitou. Tomu odpovídá i ostatní drobná fauna zastoupená zbytky mechovek, ježovek, hadic a měkkýšů.

Z ostatních mikrofosilií je zajímavý ojedinělý fragment oogonia parožnatky (Charophyta). Dokládá sladkovodní lakustrinní prostředí. Ojedinělé nálezy oogonií jsou známy z rzhakiových vrstev a je proto možné, že jde o redepozici z ottnangu.

Výše uvedené dílčí informace různého druhu dovolují sestavit určitý nástin geologického vývoje na sv. okraji Brna:

1) Brněnský masiv se sedimentárním obalem devonu a karbonu podléhal denudaci zhruba od mladšího karbonu po střední juru, kdy byla oblast výrazně zarovnaná.

2) Vzestup hladiny světového oceánu přinesl do tohoto území transgresi v juře (kelloway–oxford). Po ústupu moře nastalo intenzivní kaolinicko–lateritické zvětvávání v tropickém klimatu, jehož produktem jsou rudické vrstvy s charakteristickou asociací těžkých minerálů (Otava et al. 2013).

3) V cenomanu a turonu postihla oblast nová transgrese, ale po celý zbytek svrchní křídly a v paleogénu

probíhala denudace, která destrukovala značnou část sedimentů jurského cyklu a kompletně sedimenty křídly.

4) Pravděpodobně v eocénu nebo oligocénu vznikla v aridním klimatu silicikrusta na různých sedimentárních horninách tvořících tehdy obnažený povrch.

5) Zhruba v oligocénu–miocénu v humidním klimatu došlo k destrukci paleogenní silicikrusty (vznik slunáku) a krasovění obnažených karbonátových formací paleozoika. Krasovění se projevilo vznikem rozsedlin ve vápenci na lokalitě Kalcit. Stěnu jedné z rozsedlin tvoří šedý vláknitý kalcit, který představuje pravděpodobně zbytek masivní speleotémy.

6) V ottnangu se v oblasti nacházely více či méně izolované laguny a jezera Paratethydy sycené říčními toky. Dokladem toho jsou příbřežní oligo–mesohalinní lakustrinní facie v Líšni (rzhakiové vrstvy). Na blízkost souše ukazují nálezy flóry v Líšni a terestrických gastropodů v lomu Kalcit.

7) Vzestup hladiny v karpátu změnil oblast na moře s normální salinitou a omezenou cirkulací, jak ukazují foraminiferové fauny v reliktech karpatských jílů na území Brna a v redepozicích.

8) Ve starším badenu došlo k oblasti k výraznému vzestupu hladiny moře. Staroštýrské pohyby způsobily přestavbu reliéfu na v. okraji Českého masivu. Při tom se dostaly paleozoické vápence do příbojové zóny. V lomu Kalcit abraze vyklidila a rozšířila některé krasové deprese. V jiné části lomu příbojová zóna zanechala výrazné stopy bioeroze (Mikuláš 2004). Při dalším vzestupu hladiny se rozsedliny vyplnily splachy z povrchu okolních vnořených ker a vytvořila se pestrá asociace redepozic z denudovaných sedimentů ottnangu, zbytků paleogenní silicikrusty, rudických vrstev a zvětralin karbonských vápenců.

9) Dílčí regrese v důsledku pokračujících štýrských pohybů přinesla destrukci mořských jílů badenu a progradaci hrubozrnné delty pokrývající celou oblast. Jejím výsledkem jsou i hrubozrnné písky nejvyšší části studovaného profilu obsahující pestrou směs redeponovaných mikrofosilií ze sedimentů ottnangu, karpátu a badenu erodované v bližším okolí, ale i redepozice z čela karpatských příkrovů situovaných na JV.

Závěry

Ve východní stěně lomu Kalcit v Líšni byly zjištěny diamiktity a jíly vyplňující rozsedliny v devonském vápenci, překryté šedými šterkovitými písky a zcela nahoře brněnskými písky. Studium asociací průsvitných těžkých minerálů, mikrofauny a makrofauny přineslo poznatky o stáří sedimentů, ale i o geologickém vývoji bližšího i vzdálenějšího okolí lokality:

1) Studované diamiktity, jíly a písky v rozsedlinách vápenců i v nadloží patří ke spodnímu badenu.

2) Diamiktity obsahují těžké minerály ze zdrojů v blízkém okolí (drahanský kulm, granodiorit brněnského masivu nebo klastika devonu). Redeponovaná makrofauna (gastropodi) pochází z ottnangu a badenu, zatímco mikrofauna ze zvětralin hádsko-říčských vápenců a ze sedimentů karpátu a badenu.

3) Šedý šterkovitý písek má asociaci těžkých minerálů specifickou pro rudické vrstvy, dokládající intenzivní tropické zvětrávání po regresi jurského moře. Blok slunáku je pozůstatkem regionálně rozšířené silicikrusty vytvořené během aridního klimatu v paleogénu.

4) Brněnské písky jsou výsledkem dílčí regrese během badenské mořské záplavy a obsahují mikrofosilie ze sedimentů ottnangu, karpátu i starší části badenu erodované v bližším okolí, a zároveň křídové a paleogenní foraminifery pocházející z čela nasunujících se karpatských příkrovů.

Poděkování

Článek vznikl za podpory interního úkolu ČGS č. 321180 (Základní geologické mapování České republiky 1 : 25 000 pro roky 2014–2018). Výzkum byl rovněž podpořen projektem Evropského sociálního fondu CZ.1.07/2.3.00/20.0166 „Centrum teorie vzdělávání přírodovědných oborů“ (PdF UP Olomouc). Autoři děkují S. Nehybovi, J. Vítovi a P. Tomanové Petrové za cenné připomínky a diskusi k manu skriptu. Dík patří Josefu Musilovi za umožnění vstupu do aktivního lomu.

Literatura

- Bubík, M., Petrová, P. (2004). Foraminifery brněnských písků ve vrtu Černovice TGB-1. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2003, 14–17.
- Čtyroký, P. (1972): Die Molluskenfauna der *Rzehakia* - (*Oncophora*) - Schichten Mährens. – Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 76, 41–141.
- Gilíková, H., Hladil, J. (eds), Bubík, M., Černý, J., Buriánek, D., Dvořák, I., Faměra, M., Havíř, J., Hrdličková, K., Kalvoda, J., Konečný, F., Kociánová, L., Kováčik, M., Kryštofová, E., Krumlová, H., Kumpán, T., Kunceová, E., Maštera, L., Melichar, R., Müller, P., Nehyba, S., Otava, J., Pecina, V., Pecka, T., Tomanová Petrová, P., Poul, I., Poulová, D., Rez, J., Skácelová, D., Skácelová, Z., Slobodník, M., Šikula, J., Šrámek, J., Večeřa, J., Vít, J., Weiner, T. (2010). Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list 24-413 Mokrý-Horákov. – 239 s. MS Česká geologická služba, Praha.
- Mandic, O., Harzhauser, M. (2003). Molluscs from the Badenian (Middle Miocene) of the Gaiendorf Formation (Alpine Molasse Basin, NE Austria) – Taxonomy, Paleocology and Biostratigraphy. – Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A, 104, 85–127.
- Mikuláš, R. (2004). Bioerosion in the geologic record of the Czech Republic. Field trip guide for the pre-conference excursion. 4th International Bioerosion Workshop, August 22–28, Czech Republic. – Institute of Geology Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague.
- Nehyba, S. (2001). Lower Badenian coarse-grained deltas in the southern part of the Carpathian Foredeep (Czech Republic). – Abstracts of 21st Meeting of International Association of Sedimentologists. Davos : IAS, 96–97.
- Otava, J., Balák, I., Baldík, V., Bubík, M., Buriánek, D., Čáp, P., Černý, J., Franců, J., Fůrychová, P., Gilíková, H., Havlín, A., Hladil, J., Janderková, J., Kociánová, L., Kolečka, V., Konečný, F., Kryštofová, E., Kumpan, T., Melichar, R., Müller, P., Paleček, M., Pecina, V., Pecka, T., Sedláček, J. Mgr., Sedláčková, I., Šrámek, J., Tomanová Petrová, P., Večeřa, J., Vít, J. (2013). Vysvětlivky k Základní geologické mapě České republiky 1:25 000, list 24-411 Jedovnice. – 298 s., MS Česká geologická služba, Praha.
- Papp, A., Rögl, F., Seneš, J. et al. (1973). Chronostratigraphie und Neostatotypen. Miozän der zentralen Paratethys. Bd. III. M₂ Ottnangien. – Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava. 844 s.
- Papp, A., Cicha, I., Seneš, J., Steininger, F. et al. (1978). Chronostratigraphie und Neostatotypen. Miozän der zentralen Paratethys. Bd. VI. M₄ Badenien (Moravien, Wielicien, Kosovien). – VEDA, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava. 600 s.
- Švagrovský, J. (1982). Archaeogastropoda und Mesogastropoda des oberen Badeniens von Borský Mikuláš (NO-Teil des Wiener Beckens) und ihre stratigraphische Bedeutung. – Geologický zborník – Geologica Carpathica, 33, 1, 3–50.
- Tomanová Petrová, P., Gilíková, H., Nehyba, S. (2011). Spodnobadenské klastické sedimenty zastížené v lomu Kalcit (Brno-Líšeň). – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 18, 2, 68–71.