

# PALEOPROSTŘEDÍ VE SPODNÍM BADENU NA SEVERNÍM OKRAJI BRNA (DIVIŠOVA ČTVRŤ)

Paleoenvironment during the Lower Badenian along the northern margin of Brno city (the Diviš district)

Pavla Tomanová Petrová<sup>1</sup>✉, Slavomír Nehyba<sup>2</sup>, Karel Diviš<sup>3</sup>, Šárka Hladilová<sup>4</sup>,  
Růžena Gregorová<sup>3</sup>, Jan Vít<sup>1</sup>, Pavel Hudec<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 68 Brno

<sup>2</sup> Ústav geologických věd, PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno

<sup>3</sup> Moravské zemské muzeum, Zelný trh 6, 659 37 Brno

<sup>4</sup> Katedra biologie, PdF UP, Purkrabská 2, 771 40 Olomouc

<sup>5</sup> Moravské naftové doly, Úprkova 6, 695 01 Hodonín

**Key words:** Lower Badenian, sedimentology, paleoecology, foraminifers, molluscs, heavy minerals, Carpathian Foredeep

## Abstract

Lower Badenian sediments were studied on the locality Hvozdíkova at the Diviš district, Brno. There were interpreted 4 lithofacies of Neogene (Lower Badenian) sediments (lithofacies M1, M2, Sl, and Sgl). Occurrence of basal Lower Badenian clastics is connected with existence of coarse-grained delta (foreset). Overlying pelites document pelagic sedimentation of open sea. Garnet dominates in assemblage of heavy translucent minerals.

Rich assemblages of foraminifers, molluscs, spines of echinoids, ostracods and shark fauna were discovered in sediments. Diversified assemblages are dominated by plankton specimens. Species *Orbulina suturalis* Brön., *Praeorbulina glomerata circularis* (Blow) and *Globigerinoides bisphericus* Todd. indicate the Lower Badenian age.

From the point of view of the shark fauna diversity the locality Hvozdíkova is unique; shark fauna is very rare in Lower Badenian clays, and the genera of *Squaliolus* and *Paraetmopterus* are identified for the first time. Oysters – especially species *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi) – dominate in Lower Badenian sediments. Small gastropods (for example *Cancellaria* sp., ?*Tornus* sp., *Rissoa* sp., *Alvania* sp.) probably represent fossils reworked from shallow littoral area.

## Úvod

Během stavby rodinného domu na ulici Hvozdíkova č. p. 7 a výkopu pro plynovod na stejné ulici v Brně-Lesné, Divišově čtvrti (obr. 1), byly v roce 2016 a 2017 nově odkryty spodnobadenské písky a jíly nasedající na podložní granodiority brněnského masivu, které ze starší mapy Nováka et al. (1991) nebyly známy. Z regionálně geologického hlediska se zájmové území nachází ve strukturně složitě oblasti na rozhraní karpatské předhlubně Západních Karpat a brněnského masivu. Práce předkládá sedimentologické i paleontologické zhodnocení a interpretace nově zastižených sedimentů.

## Metodika

Odkrytý profil byl studován klasickými sedimentologickými metodami (např. Walker, James 1992). Sedimentární profil byl zdokumentován, byly vyčleněny litofacie a z několika poloh odebrány vzorky na mikropaleontologické analýzy v celkovém počtu 12 vzorků. Tyto vzorky byly zpracovány standardními postupy v laboratoři Moravského zemského muzea. Vzorky byly nejprve vysušeny, ponořeny do roztoku peroxidu vodíku (1 dl H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na 5l vody), plaveny na sítech o velikosti ok 0,063 mm. Reziduum bylo studováno pod mikroskopem, fosílie vybrány a determinovány. Paleontologický materiál

žraločích a rybích zbytků pochází z výplavu o hmotnosti asi 100 kg sedimentu (odebráno z pelitické facie M2). Makro- a mikropaleontologické sběry a dokladové vzorky hornin jsou uloženy v depozitáři MZM v Brně.

Pro analýzu asociací průsvitných těžkých minerálů (PTM) byly ze dvou poloh písků vyseparovány těžké minerály (velikostní frakce 0,063–0,250 mm) za použití netoxické těžké kapaliny (LST) při hustotě 2,88 g.cm<sup>-3</sup>.

## Výsledky a interpretace

### Sedimentologie

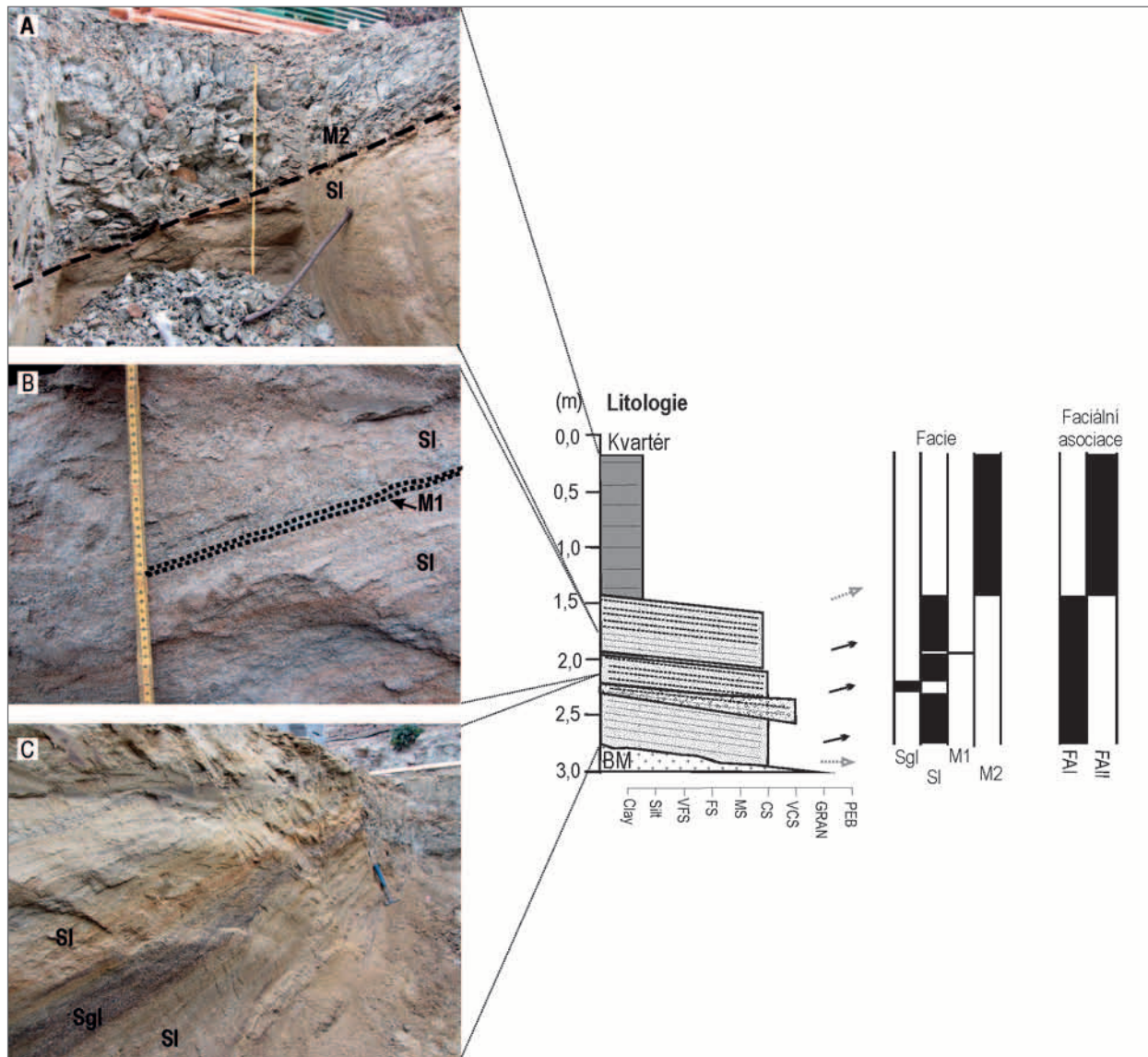
V rámci odkryvu byly zjištěny celkem 4 litofacie neogenních spodnobadenských sedimentů (litofacie M1, M2, Sl a Sgl). Popis litofacií a jejich základní interpretace jsou prezentovány v tabulce 1. Sedimentární profil a příklady litofacií jsou představeny na obrázku 2. Vyčleněné litofacie byly na základě prostorového výskytu a geneze spojeny do dvou faciálních asociací (FA). FA1 je tvořena litofaciemi Sl, Sgl a M1, přičemž litofacie Sl výrazně dominuje. FA1 představuje spodní část odkrytého profilu neogenních sedimentů. FA2 se nachází v nadloží FA1 a je tvořena jedinou litofacií M2. Faciální asociace byly využity k interpretaci depozičního prostředí a procesů sedimentace.

Sedimenty FA1 se nachází v nadloží hornin brněnského masivu. Jejich typickým znakem je tzv. šikmé zvrstvení velké škály. Tyto sedimenty jsou v zájmové oblasti obecně označovány jako tzv. „bazální“ spodnobadenská klastika a popisovány jako brněnské písky (Krystek 1974).

✉ pavla.petrova@geology.cz

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2018-1-2-65>





Obr. 2: Sedimentární profil a přehled studovaných litofacií na příkladech z výkopů na ulici Hvozdíkova v Divišově čtvrti.  
 Fig. 2: Sedimentological log and examples of studied lithofacies within the outcrops in Hvozdíkova street.

úzkém prostoru (omezeném morfologií podloží), což může být spojeno s časným stavem tvorby delty (i vzhledem k rozsahu a mocnosti brněnských písků v širším okolí zájmového prostoru – tzv. bayhead delta). V rámci omezeného prostoru dominuje role přívalové sedimentace s následnou tvorbou turbiditních proudů na podvodních svazích (Gobo et al. 2015). Studovaná lokalita představuje v rámci tělesa brněnských písků relativně okrajový výskyt ve vyšší nadmořské výšce. Role epizodické sedimentace je v tomto případě zvýrazněna polohou facie Sgl, která obsahuje zvýšenou přítomnost zvětralin brněnského masivu. Výrazné změny v depozičních podmínkách jsou dále doloženy přítomností reaktivačních ploch a především vložkou litofacie M1. Tento erozní relikv odrazí jednak nejspíše období krátkodobého přeložení distribučního koryta delty spojeného s přínosem hruběji klastického materiálu do zájmového prostoru, a také relativně hlubší depoziční prostředí, do kterého delta progradovala (srovnej Jopling 1965; Eilertsen et al. 2011).

Sedimenty FA2, které jsou tvořeny vápnatými jíly litofacie M2, interpretujeme jako marinní spodnobadenské sedimenty, tzv. tégly, které jsou spojovány s pelagickou sedimentací otevřeného moře (Nehyba et al. 2008b). Ostrá hranice spodnobadenských jílu a písků, absence strukturních znaků spojených s vlivem vlnění, výčasu či říční činnosti a lamina pelitu ve svrchních partiích brněnských písků svědčí pro relativně hlubší prostředí, do kterého progradovala tělesa/tělesa brněnských písků. Obdobná situace byla v tomto kontextu popsána v prostoru Brna opakovaně (např. Nehyba et al. 2008a) a bývá tradičně vysvětlována jako doklad rychlého nárůstu hladiny ve spojení se spodnobadenskou transgresí. Vzhledem k výrazné roli reliéfu však může být spojena i s „autigenními“ procesy, tj. lokálním omezením přínosu hrubšího materiálu („opuštění delty“), které mohlo být ovlivněno např. morfologií. Progradace tělesa hrubozrnné delty, mocnosti brněnských písků i jejich následné překrytí spodnobadenskou pelitickou sedimentací lze v širším prostoru dnešního okolí Brna spojit se sedimentací v rámci



Obr. 3: Společenstvo foraminifer z vápničných jííl.  
Fig. 3: Assemblage of foraminifers from calcareous clays.

celkového trendu růstu relativní hladiny. Detailnější odlišení systémového traktu ve smyslu sekvenční stratigrafie vyžaduje širší srovnání.

### Paleontologie Foraminifera

Písky v těsném nadloží brněnského masivu obsahují ojediněle úlomky ostnů ježovek, zoarií mechovek, rybí zoubky a zkřídovatěle a korodované schránky foraminifer, jejichž četnost směrem do nadloží klesá – v těsném podloží nadložních jííl jsou písky bezfosilní (vz. 1; tab. 2). Obsahují jednak mělkovodní druhy žijící v teplé vodě na okraji pánve [*Elphidium crispum* (L.), *Hanzawaia boueana* (Orb.), *Ammonia viennensis* (Orb.), *A. beccarii* (L.), *A. tepida* (Cush.)], ale také taxony obývající prostředí hlubších chladnějších vod [*Heterolepa dutemplei* (Orb.), *Nonion commune* (Orb.), *Bolivina antiqua* Orb., *B. dilatata* Rss., *Bulimina buchiana* Orb.].

Společenstvo pocházející z těsného nadloží písků (do 5 cm od báze pelitů), je početně i druhově chudé. Hojněji se vyskytují úlomky ostnů ježovek. Foraminifery jsou zastoupeny planktonem, v jehož rámci se častěji objevuje

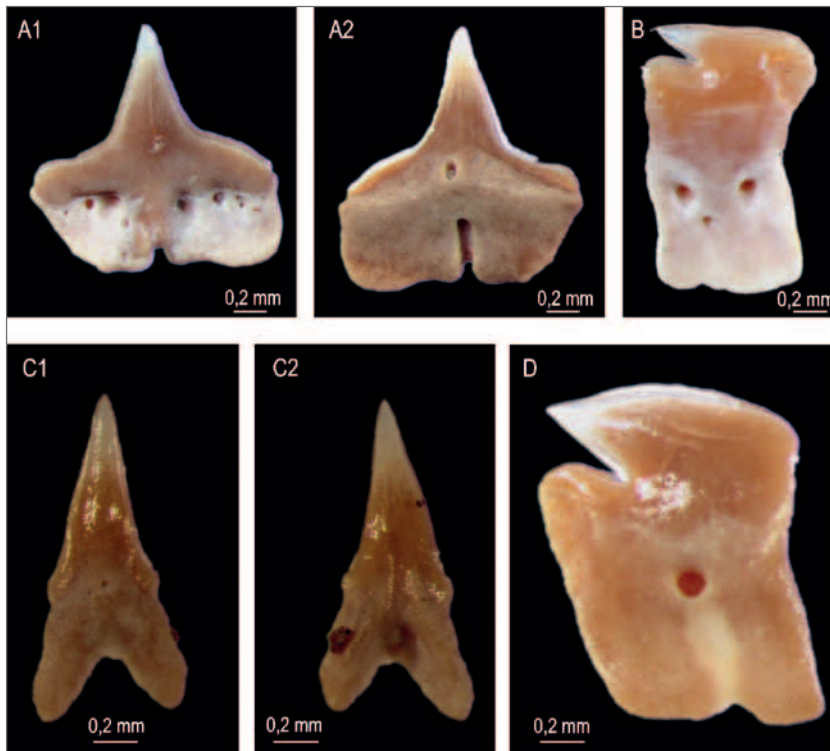
*Globigerinoides bisphericus* Todd. Bentos je zastoupen druhy *Marginulina hirsuta* Orb., *Bulimina buchiana* Orb., *Uvigerina acuminata* Hos., *Heterolepa dutemplei* (Orb.), *Melonis pompilioides* (Ficht. et Moll), *Pullenia bulloides* (Orb.) a dalšími. Mělkovodní taxony mohly být přineseny sedimenty deltového tělesa do hlubších částí pánve, což dokládá i zachování schránek foraminifer.

Fauna nadložních jííl litofacie M2 je poněkud odlišného charakteru. Je výrazně bohatší jak z hlediska počtu, tak i diverzity společenstev (obr. 3). Výrazně kvantitativně převládají planktonní foraminifery nad bentosními (zastoupení planktonní složky obvykle dosahuje 70–90 %). Z analýzy mikrofauny vyplývá, že se jednalo o poměrně hlubší marinní prostředí s normální salinitou s hloubkou sedimentace cca 200–500 m (srovnej Brzobohatý 1982). Z planktonních druhů lze uvést stratigraficky významné taxony *Orbulina suturalis* Brön., *Praeorbulina glomerata circularis* (Blow), *Paragloborotalia mayeri* Cush. et El., *Obandyaella bykovae* (Ais.), *Globigerinoides bisphericus* Todd., dále časté *Globigerina praebulloides* Blow, *G. bulloides* Orb., *G. tarchanensis* Sub. et Chut. a další. Z vápničtého bentosu nelze opomenout spodnobadenské vůdčí fosilie *Uvigerina macrocarinata* Papp et Turn., *Planularia dentata* (Karr.), *Vaginulinopsis pedum* (Orb.), často se ve společenstvech nalézají např. taxony *Lenticulina inornata* (Orb.), *L. calcar* (L.), *L. cultrata* (Mont.), *L. vortex* (Ficht. et Moll), *L. melvilli* (Cush. et Renz), *Marginulina hirsuta* Orb., *Nodosaria hispida* (Sol.), *Pullenia bulloides* (Orb.), *Bolivina dilatata* (Rss.), *B. antiqua* Orb., *B. hebes* MacFad., *Bulimina elongata* Orb., *B. striata* Orb., *Melonis pompilioides* (Ficht. et Moll), *Heterolepa dutemplei* (Orb.), *Angulogerina esuriensis* Horn., *Uvigerina acuminata* Hos., *Nonion commune* (Orb.), *Cassidulina laevigata* Orb. Nezanedbatelnou složku společenstev představují také aglutinované foraminifery *Martinotiella karreri* (Cush.), *M. communis* (Orb.), *Spirorutilus carinatus* (Orb.), *Sigmolinita tenuis* (Czjzk.) a další. Bylo pozorováno pouze několik schránek ostrakodů druhu *Henryhowella asperima* (Rss.), vzácně úlomky ostnů ježovek a radiolárie,

Tab. 2: Přehled, pozice a analýzy studovaných vzorků (ÚT – úroveň terénu).

Tab. 2: Summary, position and analyses of studied samples (ÚT – surface level).

vzorek č.	hornina	pozice v rámci stavby	poznámka	foraminifery	rybí zbytky	měkkýši	průsvitné TM
A	jíly	čelní stěna – nad ÚT	pod vzorkem B	X	X		
B	jíly	čelní stěna – nad ÚT	nejmělčí vzorek od povrchu	X	X		
1C	jíly	čelní stěna – nad ÚT	u báze pelitů, v nadloží 2C		X		
2C	jíly	retenční nádrž – pod ÚT	báze pelitů, do 5 cm od báze	X			
D	jíly	sklep – pod ÚT	poloha s měkkýši, nejhlubší vzorek vzhledem k povrchu terénu	X	X	X	
E	jíly	garáž – ÚT	nad vzorkem D	X	X		
F	jíly	plynovod před domem – pod ÚT			X		
G	jíly	šachta pro vodoměr – pod ÚT	v nadloží vzorku D; 1,6 m od povrchu	X	X		
5	jíly	retenční nádrž – pod ÚT		X			
1	písky	retenční nádrž – pod ÚT	pod spodnobadenskými jíly				X
2	písky	retenční nádrž – pod ÚT		X	X		
3	písky	retenční nádrž – pod ÚT		X			
4	písky	retenční nádrž – pod ÚT	u báze s brněnským masivem	X			X



Obr. 4: Žraločí zuby, lokalita Divišova, Brno. A – *Deania* sp., zub horní čelisti, 1: labiální strana, 2: linguální strana; B – *Paraetmopterus* sp., zub spodní čelisti, labiální strana; C – *Squaliolus* sp., přední zub horní čelisti, 1: labiální strana, 2: linguální strana; D – *Squaliolus* sp., zub spodní čelisti, linguální strana.

Fig. 4: Shark's teeth, the locality Divišova, Brno. A – *Deania* sp., tooth of the upper jaw, 1: labial side, 2: lingual side; B – *Paraetmopterus* sp., tooth of lower jaw, labial side; C – *Squaliolus* sp., anterior tooth of the upper jaw, 1: labial side, 2: lingual side; D – *Squaliolus* sp., tooth of the lower jaw, lingual side.

nebyly pozorovány otolity a jehlice hub. V poloze s nálezy měkkýšů (vzorek D) se kromě hlubokovodnějších foraminifer včetně velkých lentikul v podružném množství vyskytovala velmi mělkovodní *Planostegina costata* (Orb.).

Z biostratigrafického hlediska lze společenstvo pocházející z těsné báze pelitické sedimentace na základě četnějšího výskytu druhu *Globigerinoides bisphericus* Todd a absence rodů *Praeorbulina* a *Orbulina* řadit na bázi spodního badenu. Podle některých názorů by s jistou pochybností (malý počet studovaných jedinců) fauna mohla náležet nejsvrchnějšímu karpátu (Berggren et al. 1995; Hohenegger et al. 2014). Bohatá a diverzifikovaná společenstva foraminifer s druhu *Orbulina suturalis* Brön. a *Praeorbulina glomerata circularis* (Blow) jsou řazena do zóny M5b sensu Berggrena et al. (1995), tedy vyššímu spodnímu badenu.

#### *Selachii a Teleostei*

Celkem bylo získáno 12 žraločích zubů, 10 zubů kostnatých ryb a 2 otolity. Tyto zbytky byly zjištěny v pelitické facii (litofacie M2) o celkové mocnosti 5,5 m (obr. 4).

V nejnižším společenstvu pelitické facie s měkkýší faunou (vzorek D) byly identifikovány zuby 2 žraloků *Squaliolus* sp. a *Deania* sp. a vzácně dentinová šupina (*Selachii* gen. indet.). Z kostnatých ryb se ve vzorku nacházel 1 otolit druhu *Benthoosema fitchi* Brzobohaty et Schultzt, 1978 a zuby zástupců čeledi Trichiuridae.

Společenstvo v nadloží obsahuje podobnou faunu: *Deania* sp., *Paraetmopterus* sp., *Squaliolus* sp., jeden zub *Squaliformes* gen. indet. a dentinovou šupinu (*Selachii* gen. indet.). Z kostnatých ryb se objevují opět především zuby zástupců z čeledi Trichiuridae a jeden otolit druhu *Benthoosema fitchi* Brzobohaty et Schultzt, 1978.

Z paleoekologického hlediska patří všechny taxony žraloků a kostnatých ryb k hlubokovodním druhům. Recentní druh *Deania calcea* (Lowe 1839) obývá zóny v blízkosti dna v hloubkách od 60 do 1 490 m, obvykle žije v hloubkách 400–1 490 m (Cox, Francis 1997) a Springer (1990). Recentní druh *Squaliolus laticaudus* Smith et Radcliffe, 1912 je řazen mezi batypelagické oceanodromní druhy žijící v hloubkách od 200 do 1 200 m (Reiner 1996; Riede 2004). Recentní zástupce čeledi Etmopteridae *Etmopterus spinax* (Linnaeus, 1758) je batydemerzální, pohybující se v hloubkách 200–2 490 m, obvykle v hloubce 200–500 m (Jones et al. 2003). Zástupci čeledi Trichiuridae žijí převážně bentopelagicky v hloubkách pod 200 m. Rod *Benthoosema* z čeledi

Myctophidae preferuje hloubky od 300 do 850 m (Brzobohaty 1997). Zastoupené taxony žraloků a kostnatých ryb představují hlubokovodní prvky a indikují hloubky pod 200 m s přesahem až do hloubek 1 000 m. Hlubokovodní prostředí pod 400 m potvrzuje analýza podobné otolitové fauny v jílech v nedaleké bývalé cihelně v Brně-Králově poli (Brzobohaty 1982 a 1997). Žraločí fauna ve spodnobadenských jílech na Moravě je velmi vzácná a převažují otolity (Brzobohaty – ústní sdělení). Z hlediska diversity žraločí fauny lokalita Hvozdkova významně rozšířila počet zaznamenaných taxonů. Kromě rodu *Deania* sp., který byl identifikován v miocenních sedimentech na ulici Kopečná v Brně (Bubík et al. 2005), byly na Moravě vůbec poprvé zaznamenány rody *Squaliolus* a *Paraetmopterus*. Tyto rody byly prozatím popsány z oblasti Karpat pouze ze spodního miocénu (svrchní burdigal) vídeňské pánve na slovenské lokalitě Cerová-Lieskové (Underwood, Schlögl 2013).

#### *Mollusca*

Relativně hojnější schránky měkkýšů pocházejí ze vzorku D (výplav z pelitů) z hloubky 3,5 m od povrchu terénu. Asociace obsahovala větší počet úlomků misek mlžů (většinou blíže neurčitelných ústřic) a další neurčitelné fragmenty (? svijonožci). Na 4 fragmentech misek mlžů byla pozorována zoaria mechovek (? *Disporella* sp.). Asociaci doplňovala větší akumulace ostnů a destiček



Obr. 5: Fragmentovaná miska ústřice druhu *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi, 1814) ve vápnitých jílech spodního badenu. Autor M. Bouška.

Fig. 5: Fragmented test of oyster *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi, 1814) in calcareous Lower Badenian clays. Author M. Bouška.

ježovky/ježovek, 12 vnitřních jader malých gastropodů (vesměs zřetelně tlakově deformovaných!) – *Cancellaria* sp., *Tornus* sp., *Rissoa* sp., *Alvania* sp. a 1 fragment ulity gastropoda *Sinum* sp. (cf. *striatum*).

Tato poměrně heterogenní asociace bezobratlých indikuje spíše mělkovodní, dobře prokysličené mořské prostředí (fragmenty ježovek potvrzují normální salinitu). Zjištěné druhy drobných gastropodů obývají většinou mělké příbřežní zóny moře s porosty řas a „podmořskými loukami“. Zástupci čeledi Cancellariidae se zahrabávají do sedimentů mořského dna od sublitorálu až po batyál v teplých až tropických mořích a živí se zejména rostlinnou potravou (Dance 2006). Čeleď Adeorbidae (rod *Tornus*) žije v porostech mořských trav nebo v mělké vodě v tropických a subtropických pásmech, samotný rod *Tornus* někdy v hrubozrnném substrátu tvořeném drtí schránek (de Bruyne 2004). Rody *Rissoa* a *Alvania* se hojně vyskytují rovněž v porostech mořských řas a trav, ale i pod kameny, v dobře prokysličené příbřežní zóně v hloubkách do 20 m, kde se živí hlavně řasami; jsou euryhalinní. Některé druhy těchto rodů obývají i prostředí sublitorálu, jiné sestupují až do batyálu (Tatišvili et al. 1968; Hayward et al. 2006). Ontogenetický vývoj čeledi Rissoidae zahrnuje volně plovoucí larvální stadium, což napomáhá značnému prostorovému šíření druhů a umožňuje jejich populacím masivně osidlovat dočasné a extrémní biotopy („r-strategie“) sensu Kowalke, Harzhauser (2004). Různé druhy rodu *Sinum* obývají vesměs písčité dno litorálu až sublitorálu do hloubek 25–200 m (de Bruyne 2004). Mělkomořským měkkýšům z paleoekologického hlediska odpovídá výskyt foraminifer rodu *Planostegina*.

Osm vzorků se schránkami měkkýšů pocházelo přímo z vápnitých jílu litofacie M2 (stratigrafická úroveň vzorku D) – viz obrázek 5. V šesti z nich bylo zjištěno celkem 16 vesměs fragmentovaných misek ústřice druhu *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi, 1814), dva zbývající vzorky poskytly 2 neúplná vnitřní jádra mlže s nepatrnými fragmenty misek určitelné jako *Dosinia* cf. *lupinus* (Linnaeus, 1758), resp. *?Dosinia* sp. Nalezené druhy mlžů indikují dobře provzdušněné marinní prostředí

s normální salinitou a relativně vyšší hloubkou, což je plně v souladu s interpretacemi založenými na studiu mikrofauny.

Zástupci rodu *Neopycnodonte* jsou typičtí filtrátoři, živí se rostlinným a živočišným detritem nebo planktonem. *Neopycnodonte cochlear*, jediný žijící zástupce rodu, je přísně stenohalinní, žije v hloubkách 27–1 500 m, v teplotě 4–12 °C (Záruba 1996). Vyskytuje se hlavně ve slinitých a jílovitých sedimentech (Friedberg 1934–1936; Studencka 1986).

Mlži rodu *Dosinia* se zahrabávají do substrátu (písek, jíl podle de Bruyne 2004; Bagdasarjan et al. 1966). Živí se organickým detritem, řasami, bakteriemi a jinými mikroorganismy. Běžně se vyskytují v litorálu a sublitorálu, preferují hloubky pod zónou přílivu a odlivu. Žijí v teplých, dobře provzdušněných mořských vodách s normální salinitou, jsou však schopni tolerovat i její mírné snížení (Bagdasarjan et al. 1966).

Z tafonomického hlediska existují mezi vzorkem D (výplav) a ostatními studovanými vzorky nápadné rozdíly ve způsobu zachování měkkýšů, část vnitřních jader z výplavu je navíc tlakově deformována. Rovněž paleoekologické nároky jednotlivých nalezených druhů se navzájem liší. Je tedy vysoce pravděpodobné, že alespoň část fauny z výplavu (vzorek D) reprezentuje mělkovodní elementy, které byly redeponovány do hlubokovodnějšího prostředí.

Vzhledem k malému počtu jedinců a k jejich špatnému zachování, které umožňuje vesměs pouze přibližné rodové zařazení, nelze asociaci měkkýšů z Divišovy čtvrti využít pro přesnější stratigrafické interpretace (jednotlivé rody a druhy mají obecně široké rozpětí výskytu v rámci neogénu).

Srovnání nálezů měkkýšů z Divišovy čtvrti s měkkýši zjištěnými na ulici Kopečná v Brně (Bubík et al. 2005) prokazuje, že v Divišově čtvrti je asociace výrazně chudší, a to jak co do počtu druhů, tak co do počtu jedinců. Obě lokality poskytly relativně hojně exempláře *Neopycnodonte navicularis*, z drobných gastropodů je společný pouze taxon *Alvania* sp. Na obou lokalitách byly pozorovány tafonomické rozdíly v zachování jednotlivých měkkýšů včetně tlakových deformací vnitřních jader, proto nelze vyloučit, že přinejmenším část fauny byla redeponována.

### Průsvitné těžké minerály

V asociaci PTM z lokality Divišova čtvrti byly v obou vzorcích (č. 1 a č. 4) zjištěny velmi podobné výsledky, kde je dominantním minerálem granát, který je reprezentován více než 80% podílem (80,47% a 81,25%). Ostatní minerály jsou zastoupeny pouze akcesoricky v množství nepřesahujícím 5%. Ve vzorku č. 4 (bazální části profilu) jsou více zastoupeny minerály skupiny epidotu (4,73%), amfibolu (4,14%) a ještě k nim přistupuje kyanit (3,55%). Ve vzorku č. 1 (při hranici s pelity) je podíl výše uvedených akcesorií nižší a dominantnějšími jsou apatit (3,13%), staurolit (3,65%) a glaukonit (3,13%).

Analýza asociací průsvitných těžkých minerálů (PTM) se v prostředí karpatské předhlubně často používá jako pomocná stratigrafická metoda, díky které bývají

s úspěchem členěny sedimenty neogénu (Krystek 1981). Pro sedimenty spodního miocénu (eggenburg–ottang) jsou typické nízké obsahy granátu a většinou poměrně vysoké obsahy staurolitu a kyanitu, případně zirkonu, zatímco od hranice ottang/karpat je patrná změna asociace PTM projevující se dominancí granátu, která je vysvětlována ukončením snosu zvětralin a sedimentů křídového stáří, tzv. sladkovodního cenomanu, a výzvihem z. okraje pánve.

Více než 80% zastoupení minerálů skupiny granátu naznačuje předpoklad o stratigrafickém řazení sedimentů do karpatu nebo badenu, což potvrzují i výsledky mikropaleontologických analýz, které tyto sedimenty řadí do spodního badenu. Detailnější výzkum geochemie minerálů za účelem zjištění provenience prováděn nebyl, ale ze známých skutečností o obsazích minerálů v horninách širšího okolí je možné si udělat částečnou představu o zdroji a transportu sedimentů. 80% zastoupení granátu naznačuje, že hlavními zdroji jsou především svorové horniny svratecké klenby a svrateckého krystalinika. Podíl minerálů typických pro sedimenty sladkovodního cenomanu, které se později staly součástí sedimentů ottangu (kyanitu, staurolitu, turmalinu a rutilu), je velmi nízký. Dá se tedy předpokládat, že sedimenty ottangu, v rozšíření tak jak je známe dnes, byly překryty nejspíše sedimenty karpatu a v sedimentaci se neuplatnily. Vyšší podíl minerálů skupiny epidotu a amfibolu v bazálním vzorku č. 4 je v dobrém souladu s vlivem hornin brněnského masivu, které se nacházejí v podloží a jsou v nich běžně zastoupeny.

### Závěr

Na lokalitě Hvozdkova v Divišově čtvrti byly zjištěny celkem 4 litofacie neogenních spodnobadenských sedimentů (litofacie M1, M2, S1 a Sgl). Výskyt bazálních spodnobadenských klastik je spojen s existencí hrubozrnné

delty, resp. svahu delty (foreset). Nadložní pelity dokládají pelagickou sedimentací otevřeného moře. Z hlediska zastoupení PTM dominuje v sedimentech granát.

V sedimentech byla interpretována bohatá společenstva tvořená zejména foraminiferami, měkkýši, žraločí faunou, ostny ježovek, příp. ostrakody. V diverzifikovaných společenstvech foraminifer dominují planktonní druhy s *Orbulina suturalis* Brön., *Praeorbulina glomerata circularis* (Blow) a *Globigerinoides bisphericus* Todd., které řadí sedimenty do spodního badenu. Z hlediska diverzity žraločí fauny lokalita Hvozdkova významně rozšířila počet zaznamenaných taxonů v jílech na Moravě, neboť žraločí fauna ve spodnobadenských jílech je zde jinak velmi vzácná. Poprvé byly zaznamenány rody *Squaliolus* a *Paraetmopterus*. Zastoupené taxony žraloků a kostnatých ryb představují hlubokovodní prvky a indikují hloubky pod 200 m s přesahem až do hloubek 1 000 m. Mezi měkkýši dominují ústřice, zejména druh *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi). Drobní gastropodi (např. *Cancellaria* sp., *Tornus* sp., *Rissoa* sp., *Alvania* sp.) představují patrně redepozice z mělčí příbřežní zóny.

### Poděkování

Príspevek byl zpracován v rámci institucionální podpory MK 00009486201, za finanční podpory interních projektů České geologické služby číslo 328200 („Tisk geologických a aplikovaných map“), 322300 („Publikační zhodnocení vrtných, geofyzikálních a geochemických dat z projektu Rebalance zásob podzemních vod“) a 321180 („Základní geologické mapování“) a projektu CETPO (CZ.1.07/2.3.00/20.0166). Dík patří rovněž editorovi Davidu Buriánkovi a recenzentům Nele Dolákové a Jitce Kopecké. Autoři děkují taktéž Henrimu Cappetovi za pomoc při determinaci žraločích zubů, Heleně Gilíkové za pomoc při odběru vzorků a Rostislavu Brzobohatému za determinaci otolitů.

### Literatura

- Bagdasarjan, K. G., Tatišvili, K. G., Kazachašvili, Z. R., Muschelišvili, L. V. et al. (1966). Spravočnik po ekologii morskich dvustvorok. – Nauka, 71–79. Moskva.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III., Aubry, M.-P. (1995). A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. – SEPM (Society of Sedimentary Geology), SEPM Special Publication 54, 129–212.
- Bouma, A. H. (1962). Sedimentology of Some Flysh Deposits: A Graphic Approach to Facies Interpretation. – Elsevier, Amsterdam.
- Brzobohatý, R. (1982). Rybí fauna spodnobadenských vápňitých jílu v Brně-Králově Poli a její paleogeografický význam. – Časopis Moravského muzea, LXVII, vědy přírodní, 57–64.
- Brzobohatý, R. (1997). Paleobathymetrie spodního badenu karpatské předhlubně na Moravě z pohledu otolitových faun. Sborník „Dynamika vztahů marinního a kontinentálního prostředí“, 37–45. Brno.
- Bubík, M., Petrová, P., Brzobohatý, R., Hladilová, Š., Mikuláš, R. (2005). Sedimenty karpatu a spodního badenu na ulici Kopečná v Brně. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2004, 12, 20–24.
- Cox, G., Francis, M. (1997). Sharks and rays of New Zealand. – Canterbury University Press, University of Canterbury. 68 pp.
- Dance, S. P. (2006). Ulity a lastury. – Knižní klub, 1–256. Praha.
- De Bruyne, R. H. (2004). Encyklopedie ulit a lastur. – Rebo Productions, 1–336.
- Eilertsen, R. S., Corner, G. D., Aasheim, O., Hansen, L. (2011). Facies characteristics and architecture related to palaeodepth of Holocene fjord–delta sediments. – Sedimentology, 58, 7, 1784–1809.
- Friedberg, W. (1934–1936). Mięczaki mioceńskie Ziemi Polskich. II. Malże. – Polskie Towarzystwo Geologiczne, 1–284, Atlas. Krakow.
- Gobo, K., Ghinassi, M., Nemeč, W., Sjuršen, E. (2014). Development of an incised valley-fill at an evolving rift margin: Pleistocene eustasy and tectonics on the southern side of the Gulf of Corinth, Greece. – Sedimentology, 61, 4, 1086–1119.

- Gobo, K., Ghinassi, M., Nemeč, W. (2015). Gilbert-type deltas recording short-term base-level changes: Delta-brink morphodynamics and related foreset facies. – *Sedimentology*, 62, 1923–1949.
- Hayward, P., Nelson-Smith, T., Shields, Ch. (2006). Živočišné a rostliny evropského pobřeží. – Svojtka&Co. 1–352. Praha.
- Hohenegger, J., Coric, S., Wagerich, M. (2014). Timing of the Middle Miocene Badenian Stage of the Central Paratethys. – *Geologica Carpathica*, 65, 1, 55–66.
- Jones, E. G., Tselepidis, A., Bagley, P. M., Collins, M. A., Priede, I. G. (2003). Bathymetric distribution of some benthic and benthopelagic species attracted to baited cameras and traps in the deep eastern Mediterranean. – *Marine ecology progress series*, 251, 75–80.
- Jopling, A. V. (1965). Hydraulic factors controlling the shape of laminae in laboratory deltas. – *Journal of Sedimentary Petrology*, 35, 4, 777–791.
- Kowalke, T., Harzhauser, M. (2004). Early ontogeny and palaeoecology of the Mid-Miocene rissoid gastropods of the Central Paratethys. – *Acta Palaeontologica Polonica*, 49, 1, 111–134.
- Krystek, I. (1974). Výsledky sedimentologického výzkumu sedimentů spodního badenu v karpatské předhlubni (na Moravě). – *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkyniae Brunensis, Geologia*, XV, 8, 1–32.
- Krystek, I. (1981). Použití výzkumu společenstev těžkých minerálů v sedimentárních komplexech. – *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkyniae Brunensis, Geologia*, 22, 3, 101–107.
- Lowe, D. R. (1982). Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. – *Journal of Sedimentary Research*, 52, 279–297.
- Nehyba, S., Kirchner, K., Mackovčín, P., Demek, J. (2008a). Sedimentárně-petrografické studium neogenních a pleistocenních sedimentů v oblasti Brno-Švédské šance. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2007*, XV, 1, 31–35.
- Nehyba, S., Tomanová Petrová, P., Zagoršek, K. (2008b). Sedimentological and palaeoecological records of the evolution of the south-western part of the Carpathian Foredeep (Czech Republic) during the Early Badenian. – *Geological Quarterly*, Warszawa, 52, 1, 45–60.
- Nemeč, W. (1990). Aspects of sediment movement on steep delta slopes. – In: Colella, A. – Prior, D. B. (eds): *Coarse-Grained Deltas. – Special Publication of International Association of Sedimentologists*, 10, 29–73. Oxford.
- Novák, Z., Dvořák, J., Havlíček, P., Musil, R., Nekovařík, Č., Jaroš, J. (1991). Geologická mapa ČR, List 24-32 Brno. ÚÚG. Praha.
- Postma, G. (1990). Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. – In: Colella, A. – Prior, D. B. (eds): *Coarse-Grained Deltas. – Special Publication of International Association of Sedimentologists*, 10, 13–27.
- Reiner, F. (1996). *Catálogo dos peixes do arquipélago de Cabo Verde. – Publicações avulsas Instituto Portugues de Investigação Marítima*, 2, 339 pp.
- Riede, K., 2004. Global register of migratory species - from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081. – Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 329 pp.
- Springer, S. (1990). Squalidae. 7–19. In: Quero, J. C., Hureau, J. C., Karrer, C., Post, A., Saldanha, L. (eds). Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). – JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.
- Studencka, B. (1986). Bivalves from the Badenian Middle Miocene marine sandy facies of Southern Poland. – *Palaeontologia Polonica*, 47, 3–128.
- Tatišvili, K. G., Bagdasarjan, K. G., Kazachašvili, Z. R. (1968). *Spravočnik po ekologiji morskich brjuchonogich. – Nauka*, 54–55. Moskva.
- Underwood, C. J., Schlögl, J. (2013). Deep-water chondrichthyans from the Early Miocene of the Vienna Basin (Central Paratethys, Slovakia). – *Acta Palaeontologica Polonica* 58 (3): 487–509.
- Walker, R. G., James, N. P. (1992). Facies Models. Response to sea level changes. – *Geological Association of Canada*, 1–380. Toronto.
- Záruba, B. (1996). Ústřice. Katalog rodových a podrodových taxonů podřádu Ostreina (Bivalvia). – *Vesmír, Národní Muzeum v Praze*, 1–64. Praha.

**Editor:** David Buriánek

**Doporučená citace článku:** Tomanová Petrová, P., Nehyba, S., Diviš, K., Hladilová Š., Gregorová R., Vít, J., Hudec, P. (2018). *Paleoprostředí ve spodním badenu na severním okraji Brna (Divišova čtvrť). – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 25, 1–2, 65–72.