

BLATNIČKA – VÝZNAMNÝ PROFIL V MAGURSKÉM FLYŠI PRO VÝZKUM HRANIČNÍHO EVENTU PALEOCÉN/EOCÉN V HLUBOKOMOŘSKÉM PROSTŘEDÍ POD CCD

Blatnička – the important section in the Magura flysch for investigations of the Paleocene/Eocene Boundary Event in deep-sea sub-CCD environment

MIROSLAV BUBÍK¹ – MARIE ADAMOVÁ² – EVA FRANČU¹ – JURAJ FRANČU¹ – PRZEMYSŁAW GEDŁ³ – LILIAN ŠVÁBENICKÁ⁴

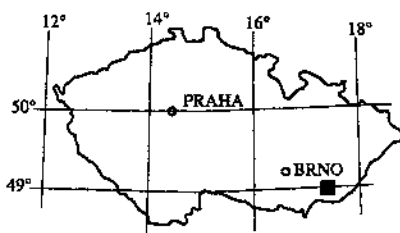
¹Český geologický ústav, Leitnerova 22, 658 69 Brno (bubik@cgu.cz)

²Český geologický ústav, Geologická 6, 152 00 Praha 5

³Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Senacka 1, 31-002 Kraków, Poland

⁴Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

(35-11 Veselí nad Moravou)



Key words: Magura Group of Nappes, Bílé Karpaty Unit, Paleocene/Eocene Boundary, Biostratigraphy, Taphonomy, Events, Sedimentology, Foraminifera, Calcareous nannofossils, Dinoflagellata

Abstract: The changes in the Paleocene/Eocene boundary were studied in the sub-CCD flysch facies of the Bílé Karpaty Unit at Blatnička. A detailed taphonomic and sedimentologic analysis of selected turbidite rhythm revealed a bioturbation of at least upper 11 cm of turbidite marls and indicated the CCD drop for a relatively long period after deposition of the turbidite. Preliminary results of the biostratigraphic study (calcareous nannofossils, agglutinated foraminifera) enabled to assign the studied 17 m thick section to upper part of the Paleocene/Eocene boundary interval. Palynologic study evidenced the presence of *Apectodinium*, sp. acme. Preliminary geochemical analysis evidenced oxygenated environment and increasing redox potential trend up the section.

ÚVOD

V roce 2000 bylo na Českém geologickém ústavu započato řešení výzkumného projektu „Hraniční eventy paleocénu v magurském flyši“ podporované grantem GACR č. 205/00/0218. Cílem výzkumu má být detailní a komplexní stratigrafické zpracování hraničních vrstev na hranici křída/terciér (KT) a paleocén/eocén (PcE) ve faciích pod CCD (tedy v nevápnitých faciích) a sledování projevů hraničních eventů spojených s oběma hranicemi.

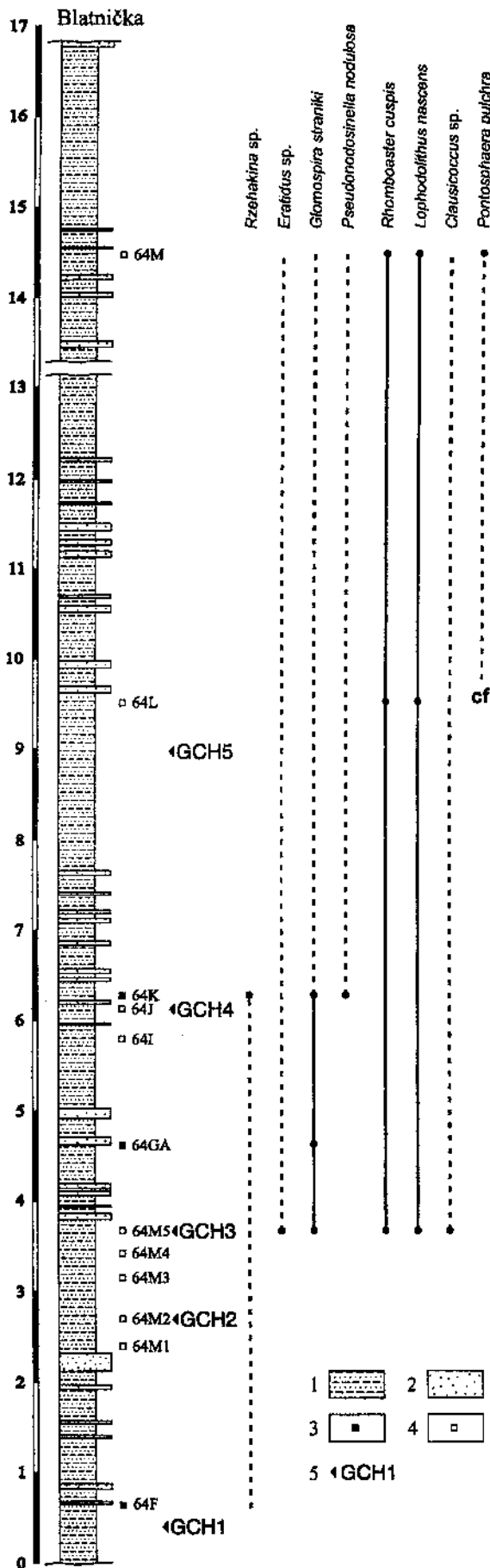
Hranice PcE představuje složitý problém s dlouhou historií. Mezi stratigrafickým záznamem stratotypů thanetu a ypresu zeje mezera více než 2 mil. let (56,6–54,37 mil. let). Vžilo se pro ni označení hraniční interval paleocén/eocén. Zatímco za hranici stupňů thanet/ypres lze pokládat bázi ypreské transgrese, o umístění hranice oddělení (PcE) není dosud rozhodnuto. Různí autoři navrhovali z praktických důvodů fixovat hranici PcE na hranici nanozón

NP9–NP10, na hranici foraminiferových zón P5–P6 nebo do úrovně negativní izotopové anomálie $\delta^{13}\text{C}$. Absurdní situace v chronostratigrafii terciéru, kdy definice hranic vyšších jednotek následně vede k redefinici stupňů, vyvolala pochyby o udržitelnosti současných pravidel stratigrafické nomenklatury vůbec (AUBRY et al., 1999). Celkem lze v hraničním intervalu PcE vymezit 7 různých eventů (AUBRY et al., 1999), případně až 17 (BERGGREN – AUBRY, 1998), umožňujících interregionální korelaci. Dokud nebude hranice PcE definována a fixována hraničním stratotypem (GSSP), bude vhodné hovořit o hraničním intervalu PcE a místo chronostratigrafie používat korelačního potenciálu rozpoznávaných eventů.

Ačkoli v hraničním intervalu PcE rozhodně nedošlo k vymírání prvního řádu, hlubokomořská bentózní společenstva byla postižena s intenzitou několikanásobně převyšující mnohem známější událost na hranici KT. Náhle vymřely četné druhy abysálního a batyálního foraminiferového bentosu přežívající z křídly (TJALSMA – LOHMANN, 1983). Výsledky studia stabilních izotopů kyslíku ukázaly extrémně vysoké teploty dnových vod (kolem 10°C), které přetrvávaly po zhruba 100 tisíc let (STOIT, 1992). Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ batyálních foraminifer z tethydních oblastí vykazují náhlý negativní posun o 3 ‰ právě v době výrazného vymírání a nízká hodnota přetrvává po zhruba 1 milion let (SCHMITZ et al., 1996). Tyto hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ svědčí pro zvýšenou produktivitu ve fotické zóně. Vysoká produktivita se projevila v tethydních pánvích sedimentací sapropelových poloh (SPEUER et al., 1997), zvýšeným obsahem Ba, SiO₂, a P₂O₅ (SCHMITZ et al., 1997) a oportunistickými společenstvy foraminifer (SPEUER et al., 1997; KAMINSKI et al., 1996).

Společenstva aglutinovaných foraminifer ve spodním batyálu a abysálu pod CCD byla rovněž výrazně postižena, ačkoli o něco méně než vápnitý bentos na kontinentálních svazích. Na hranici PcE uvádějí GEROCH – NOWAK (1984) 7 posledních výskytů (LO) a 3 první výskytů (FO) pro karpatký flyš, KAMINSKI et al. (1988) 15 LO a 1 FO na Trinidadu, WINKLER (1984) 6 LO a žádný FO ve Schlieren flyši Švýcarska a KAMINSKI et al. (1996) lokální vymizení 13 druhů z více než 78 v numidském flyši Maroka. Nejdramatičtější výměna aglutinovaných faun s 20 LO a 35 FO na hranici PcE byla pozorována v Severním moři (CHARNOCK – JONES, 1990).

Asociace vápnitých nanofosilií vykazují menší změny na hranici PcE ve srovnání s vymíráním během události KT.



V hraničním intervalu PcE nicméně vymřelo 9 rodů kokolitoforid a 8 nových se objevilo, nejspíše v souvislosti s teplotním maximem a zvýšenou produktivitou (AUBRY, 1998). Nedávno byla výrazně zjemněna nanostratigrafie na přechodu PcE rozdělením zóny NP10 na čtyři subzóny (AUBRY, 1996). Obzvláště důležitým bioeventem je nástup *Tribrachiatius digitalis* (báze zóny NP10a), který byl korelován sází stupně ypres. Na druhé straně EGGER upozornil na problémy identifikace prvních jedinců *Tribrachiatius bramlettei*, a tím i báze zóny NP10 (EGGER et al., 1997). V hraničním intervalu PcE byl zaznamenán rozvoj discoasteridů, který je spojován s globálním oteplením. Hojný výskyt discoasteridů v asociaci s *Tribrachiatius bramlettei* (zóna NP10) byl pozorován na lokalitě Anthering v rhenodanubickém flyši Rakouska (EGGER et al., 1997).

Pozoruhodné jsou změny společenstev dinocyst v hraničním intervalu PcE. Celosvětově rozšířená akmezóna rodu *Apectodinium* dobře koreluje s obdobím teplotního maxima (BUJAK – BRINKHUIS, 1998).

Výzkumu eventů v hraničním intervalu PcE ve facích pod CCD byla dosud věnována nepoměrně menší pozornost než v mělkých vápničných facích umožňujících studium planktonických foraminifer, vápničného nanoplanktonu a stabilních izotopů. Z fací pod CCD je pro tento účel nevhodnější turbiditní sedimentace se střídáním nevápničných hemipelagitů s vápničnými turbiditními sedimenty. Nabízí možnost studia autochtonních faun aglutinovaných foraminifer, dinocyst aj. a zároveň vápničných mikro- a nanofosilií, z nichž alespoň část obvykle představuje synsedimentární redepozici stratigraficky cennou. V takové facii, navíc s četnými horizonty bentonitů, studovali přechod PcE EGGER et al. (1997) v rhenodanubickém flyši Východních Alp (Anthering). Na našem území představuje nevhodnější zatím objevený PcE profil zářez v Blatničce.

PROFIL BLATNIČKA

Hraniční PcE sedimenty v Blatničce patří nivnickému souvrství bělokarpatské jednotky. Odkryty jsou v dlouhém zářezu podél panelové cesty na místní skládce TKO na v. konci obce Blatnička. Předběžné studium prokázalo přítomnost hranice biochronů NP9-NP10 vápničných nanofosilií a aglutinovaná společenstva akmezóny *Glomospira* (BUBÍK – ŠVÁBENICKÁ, 1994). Souvislý vrstevní sled hraničními sedimenty o pravé mocnosti přibližně 17 m je zachován v relativně málo porušené tektonické šupině s jediným přesmykem v 13 m profilu (obr. 1). Převažují vápničné jíly/jílovce a slínny nad jemnozrnnými vápničnými pískovci, prachovci a nevápničnými jíly (hemipelagity). Ze sedimentologického hlediska se vyznačuje vysokou převahou turbiditních sedimentů nad hemipelagity. Pro představu –

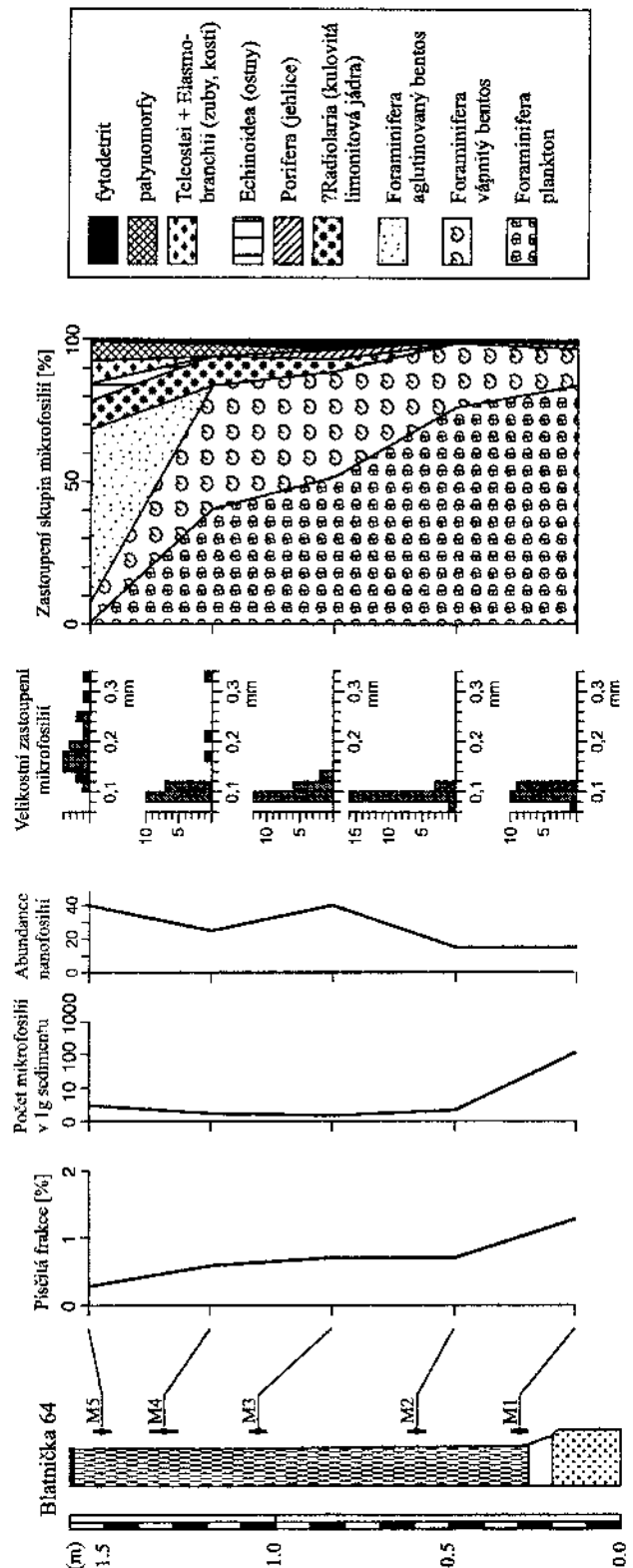
Obr. 1. Schematizovaný litologický profil hraničními sedimenty paleocén/eocénu v Blatničce s vyznačením výskytu vřdčích druhů aglutinovaných foraminifer a vápničných nanofosilií. Legenda: 1 – rytmické střídání šedých jíln, slínů, prachovců a lamin pískovců, 2 – jemnozrnné vápničné pískovce (zobrazeny polohy 3 cm), 3 – vzorky z hemipelagických jíln, 4 – vzorky z turbiditních jíln a slínů, 5 – geochemické vzorky.

podíl hemipelagitů tvoří jen asi 3 % na celkové mocnosti. Báze pískovcových lavic jsou relativně hustě pokryty ichnofosiliemi (hyporeliéfy). Zatím byl determinován *Thalassinoides* a další materiál čeká na zpracování (UCHMAN, písemné sdělení). Aby bylo možné optimalizovat zorkování turbiditních jílovců, byl detailně prostudován vybraný 165 cm mocný turbiditní rytmus tvořený intervaly Tc-e (obr. 2). Celkem bylo v Blatničce odebráno 17 palynologických vzorků, 13 vzorků na vápnitý nanoplankton, 19 vzorků na foraminifery a 5 geochemických vzorků.

TAFONOMICKÁ ANALÝZA TURBIDITNÍCH SEDIMENTŮ

Ve vybraném turbiditním rytmu mocném 160 cm bylo odebráno 5 vzorků z vápnitých jílovců intervalu Te (obr. 1, 2). V rámci Te intervalu byly sledovány následující parametry:

- Obsah psamitické frakce. Psamitická frakce v celém intervalu nedosahuje 2 % a směrem vzhůru postupně klesá.
- Vápnitost. Obsah Ca karbonátu byl analyzován ve vzorcích 64M2 a 64M5 a ukázal mírně rostoucí trend do nadloží (o 12 %).
- Četnost mikrofosilií v 1 g sedimentu. Velmi vysoká hodnota byla zjištěna na bázi Te intervalu (169 ex/g), zbytek nedosahuje hodnoty 10 ex/g. Ve vyšší části Te byl zaznamenán mírně rostoucí trend.
- Zastoupení velikostních frakcí mikrofosilií. Ve studovaných vzorcích byl měřen průměr 20 náhodně vybraných mikrofosilií – foraminifer a radiolarií subglobulárního tvaru (protažené tvary nebyly měřeny). Sestavené histogramy (obr. 2) jasně demonstrují velikostní vyřídění v intervalu Te, kromě nejvyšší části, kde vyřídění není patrné. Předposlední vzorek 64M4 vykazuje přechodné znaky: vyřídění jemnějších frakcí a podřadnou nevyříděnou směs.
- Distribuce a vzájemný poměr jednotlivých skupin mikrofosilií. Pro kvantitativní studium byla použita frakce nad 0,063 mm. Byly počítány veškeré fosilní zbytky z celkového množství 300 v každém vzorku. Na bázi intervalu Te silně převažuje drobný foraminiferový plankton (až 80 %). Tento plankton i nečetný bentos jsou redeponovány z křídly. Výše mírně roste podíl jehlic hub, limonitových jader ?radiolarií, zuhelnatělého fytodetritu a palynomorf. V posledním vzorku 11 až 6 cm pod stropem turbiditního jílovice se náhle objevují ostny irregulárních ježovek, kosti a zuby ryb a žraloků, a hojně aglutinované foraminifery (až 60 %). Aglutinované foraminifery jsou jednoznačně paleogenní (*Glomospira straniki*, *Eratidus* sp.) a poprvé se ojedinele objevuje paleogenní plankton (*Morozovella*, *Subbotina*) a vápnitý bentos. Radiolarie jsou zastoupeny křemitými jádry spumellarií („*Cenosphaera lenticularis*“).
- Abundance nanofosilií v zorném poli – preparáty byly připraveny jednotnou metodikou. Hodnoty rostou od 10–20 jedinců na bázi na 30 až 50 ve stropě intervalu Te.
- Podíl křídlových redepozic u vápnitých nanofosilií. Od



Obr. 2. Výsledky detailního mikropaleontologického, tafonomického a sedimentologického kvantitativního studia intervalu Te (turbiditní jílovec) vybraného turbiditního rytmu. Podrobnosti k metodice viz text.

podloží do nadloží mírně klesá podíl redepozic ze svrchní křídly: z 20 % ve vzorcích 64M1 a M2, přes 18 % v M3, 17,5 % v M4 na 15,7 % v M5.

- Zachování a distribuce nanofosilií. Celý studovaný Te

interval byl bohatý na vápnitě nanofosilie. Pro detailní kvantitativní rozbor bylo v každém vzorku počítáno 400–500 nanofosilií. Ve všech sledovaných vzorcích tvoří *Coccolithus ex gr. pelagicus* přibližně 50 % v rámci paleogenní složky. *C. pelagicus* oproti jiným druhům vápnitých nanofosilií je relativně odolnější (mechanicky i chemicky) a jeho vysoký obsah je patrně druhotný. Zajímavý je kvantitativní nárůst druhu *Discoaster multiradiatus*: ve vzorcích 64M1 – M4 se jeho četnost pohybuje od 3,5 do 5,6 %, ve vzorku 64M5 se náhle zvyšuje na 12,5 %. Velké plakolity a diskoasteridy jsou většinou mechanicky poškozené a často pouze ve fragmentech. Na rosetových typech diskoasteridů byly pozorovány stopy naleptání v procházejícím světle patrné jako vyložené otvory na ploškách segmentů připomínající díry v ementalu.

Z výše uvedených pozorování a naznačených trendů lze usuzovat na bioturbaci horních asi 30 cm turbiditních sedimentů patrně činností irregulárních ježovek. Jejich ostny se objevují v nejvyšší části turbiditních jílovců současně se zbytky ryb a žraloků a hojnými aglutinovanými foraminiferami. Aglutinované foraminifery jsou zastoupeny morfotypy žijícími jako pasivní epifauna, takže jejich výskyt v nejvyšší části turbiditních jílovců dokládá bioturbaci. Ojedinelé paleogenní planktonické foraminifery a nehojný vápnitý bentos tamtéž jsou patrně rovněž zataženy z povrchu dna bioturbací vzhledem k absenci velikostního vyřídění.

BIOSTRATIGRAFIE

Společenstva aglutinovaných foraminifer získaná z hemipelagických jílovců mají nižší druhovou četnost a stratigraficky vůdčí druhy jsou vzácné. Od vzorku 64M5 výše se ovšem ojedinelé objevují eocenní prvky jako *Eratidus* sp. sensu BUBIK (1995), *Glomospira straniki*, *Reophax elongatus* a *Pseudonodosinella nodulosa* (obr. 1). Zároveň absence typických paleocenních vůdčích druhů jako *Annectina grzybowskii* a zástupců rodů *Rzehakina* a *Caudammia* napovídá, že studovaný profil lze srovnávat s vyšší částí hraničního intervalu PcE. Výjimkou je výskyt *Rzehakina minima* ve vzorku 64K (obr. 1). Právě u tohoto druhu však není jisté, že podlehl vymírání spolu s ostatními rzehakiniidami, protože v eocénu se pravděpodobně stal ancestorom druhu *Psammionopelta gradsteini*. Nehojné nálezy planktonických foraminifer v turbiditních jílovcích zatím nepostačují k vymezení biozón či jejich biochronů.

Palynologické vzorky byly většinou pozitivní. V nižší části studovaného profilu (metráž 2,0–3,6 m, viz obr. 1) se nejčastěji vyskutují dinocysty *Apectodinium* sp. (*A. homomorphum*, *A. quinquelatum*, and *A. parvum*) a *Deflandrea* sp. Výše (4,7–6,2 m) zcela převládlo *Apectodinium* sp. (akmezóna?). V tomto okamžiku je těžké činit jasné stratigrafické závěry. Výskyt četných dinocyst *Apectodinium* svědčí pro nižší část hraničního intervalu PcE před prvním výskytem *A. augustum* (datovaným na 55,6 mil. let).

Tafocenózy vápnitých nanofosilií z turbiditního jílovcu (vzorky 64M1–M5) sestávají ze svrchnokřídových redepozic (15–20 %), redepozic z nižších částí paleocénu (mizivé

procento) a druhů paleocénu–eocénu, které lze považovat za synsedimentární redepozice či dokonce zčásti za autochtonní nanofosilie (viz „Závěr“). Paleogenní složka má vysokou druhovou četnost, avšak i relativně vysokou dominanci (kolem 50 % *Coccolithus ex gr. pelagicus*, hojně *Toweius*). Charakteristická je přítomnost diskoasteridů včetně *Discoaster multiradiatus* (3 až 12 %) a *Discoaster* sp. (6–7 ramen), *Chiasmolithus consuetus*, *Ch. eograndis* a *Campylosphaera dela*. Dále bylo možno pozorovat:

- ojedinelý (do 1 %) výskyt zástupců rodu *Fasciculolithus* (*F. thomasi*, *F. schaubii* a *F. tympaniformis*), *Zygodiscus herlynyi*, *Placozygus sigmoides* a malé plakolity rodů *Prinsius* a *Hornibrookina* s posledním výskytem uváděným ve svrchní části zóny NP9 (PERCH-NIELSEN 1985, AUBRY 1998)
- výskyt druhů *Zygrhablithus bijugatus*, *Lophodolithus nascens* a *Pontosphaera cf. plana*, nastupujících v hraničním intervalu PcE (AUBRY, 1998)
- vzácné přítomnost *Rhombaster cuspis*, jehož rozsah je korelován s vyšší částí zóny NP9 až NP10
- překvapivě přítomnost rodu *Clausicoccus*, jehož první výskyt uvádí AUBRY (1998) až od báze ypresu (uvnitř NP10)
- špatně zachované exempláře *Rhombaster-Tribrachiatius* (ve vzorku 64M5), zástupci rodu *Tribrachiatius* včetně *T. bramlettei* však nebyli zjištěni.

Ve vyšší části studovaného profilu (vzorky 64M a 64L, viz obr. 1) byl v tafocenózách pozorován úbytek fasciculitů, diskoasteridů a *Rhombaster cuspis*. Pozoruhodný je výskyt *Neococcolithes cf. dubius* (vz. 64L), jehož typická forma je dosud uváděna až z nanozóny NP12. Zajímavé pozorování bylo učiněno u druhů *Pontosphaera duocava* a *P. pulchra*, které pravděpodobně představují vývojovou linii. První netypické formy *P. pulchra* se objevily ve vz. 64L, výše ve vz. 64M již byly zaznamenány typické formy.

Vápnitě nanofosilie ze studovaných vzorků dokládají stáří odpovídající hraničnímu intervalu PcE (sensu AUBRY et al., 1999), a to pravděpodobně jeho střední části.

GEOCHEMIE

Předběžné analýzy organické i anorganické složky hornin byly zaměřeny na ověření petrografie a ověření možnosti dalšího výzkumu např. organické hmoty pro paleoenvironmentální vývody. Analýzám bylo podrobeno 5 vzorků turbiditních jílovců (Te interval turbiditu). Pozoruhodný je trend růstu obsahu karbonátů do nadloží. Ve střední části studovaného profilu lze podle obsahu karbonátu označit turbiditní pelity jako slíny (vzorky GCH4 a GCH5). Poměr dvoj- a trojmocného železa považovaný často za indikátor redox potenciálu rovněž v rámci studovaných vzorků plynu stoupá do nadloží. Obsahy síry pod mezí detekce vyvolávají redukční podmínky.

Obsah organické hmoty u všech vzorků byl nízký (pod 1 %). Tmavší syté šedé jíly a slíny obsahovaly překvapivě méně organických látek, než světle šedé vápnitě prachovité jíly a slíny. Z hlediska organické facie je vzorek GCH1 nejbogatší na vodík (HI = 23 mg/g). Ostatní vzorky jsou buď

oxidované, nebo vyloužené srážkovou vodou. Tepelná přeměna hornin odpovídá počátku ropného okna ($T_{max} = 437\text{--}441^\circ\text{C}$), takže horniny byly vystaveny katagenním podmínkám blízkým 100°C .

ZÁVĚR

Výsledky tafonomické analýzy Te intervalu vybraného turbiditního rytmu přinesly nové poznatky důležité pro strategii vzorkování pro biostratigrafii a geochemii. Kromě turbiditních jílu/slínů uložených turbiditním proudem a hemipelagických jílu sedimentujících ze suspenze byla odlišena poloha vzniklá promísením horní vrstvy turbiditního jílovce s bazálními hemipelagickými jíly bioturbací. Je známo, že pozice CCD při kontinentálních okrajích je nestabilní a že rozsáhlejší karbonátový turbiditní proud může způsobit pád CCD na relativně dlouhou dobu. K tomu patrně docházelo i během sedimentace nivnického souvrství v hraničním intervalu PcE. Podle přítomnosti vápnitých foraminifer z intervalu svrchní paleocén–spodní eocén v bioturbované svrchní poloze turbiditních jílovců lze předpokládat hemipelagickou sedimentaci vápnitých jílu po určité dobu po usazení turbiditu. Návrat CCD do původní úrovně pak přerušil podmínky příznivé pro formy s vápnitou schránkou (včetně ježovek) a dále sedimentovaly nevápnité jíly osídlené pouze aglutinovanými foraminiferami. Pokud je tento model správný, bude možné z bioturbovaných poloh získat autochtonní neredeponovanou mikrofaunu pro biostratigrafii a izotopové studium. Předběžné výsledky biostratigrafie podle aglutinovaných foraminifer a vápnitého nanoplanktonu ukazují, že studovaný profil uvnitř vybrané tektonické šupiny odpovídá patrně pouze vyšší části hraničního intervalu PcE nad eventem vymírání bentózních foraminifer. V další etapě výzkumu bude proto potřeba věnovat pozornost i obsahu nadložní a podložní tektonické šupiny v zářezu v Blatničce.

Literatura

- AUBRY, M. P. (1996): Towards an upper Paleocene–lower Eocene high resolution stratigraphy. – In: AUBRY, M. P. – BENJAMINI, C. (eds.): Paleocene/Eocene boundary events in space and time. – Israel J. Earth Sci., 44, 239–253. Jerusalem.
- AUBRY, M. P. (1998): Early Paleogene Calcareous Nanoplankton Evolution: A Tale of Climatic Amelioration. – In: AUBRY, M. P. – LUCAS, S. – BERGGREN, W. A. (eds.): Late Paleocene – early Eocene climatic and biotic events in the marine and terrestrial records. – Columbia University Press, 158–203. New York.
- AUBRY, M. P. – BERGGREN, W. A. – VAN COUVERING, J. A. – STEININGER, F. (1999): Problems in chronostratigraphy: stages, series, unit and boundary stratotypes, global stratotype section and point and tarnished golden spikes. – Earth Sci. Rev., 46, 99–148. Amsterdam.
- BERGGREN, W. A. – AUBRY, M. P. (1998): The Paleocene/Eocene Epoch/Series Boundary: chronostratigraphic framework and estimated geochronology. – In: AUBRY, M. P. – LUCAS, S. – BERGGREN, W. A. (eds.): Late Paleocene–early Eocene climatic and biotic events in the marine and terrestrial records. – Columbia University Press, 18–36. New York.
- BUBÍK, M. – ŠVÁBENICKÁ, L. (1994): Bioevents at the Paleocene/Eocene boundary in flysch sediments of the Bílé Karpaty Unit (West Carpathians, Czech Republic). – Geolines, 1, 3–5. Praha.
- BUJAK, J. P. – BRINKHUIS, H. (1998): Global warming and dinocyst changes across the Paleocene/Eocene Epoch Boundary. – In: AUBRY, M. P. – LUCAS, S. – BERGGREN, W. A. (eds.): Late Paleocene–early Eocene climatic and biotic events in the marine and terrestrial records. – Columbia University Press, 277–295. New York.
- EGGER, H. – BICHLER, M. – DRAXLER, I. – HOMAYOUN, M. – HUBER, H. J. – KIRCHNER, E. CH. – KLEIN, P. – SURENIAN, R. (1997): Mudturbidites, Black Shales and Bentonites from the Paleocene/Eocene Boundary: the Anthering Formation of the Rhenodanubian Flysch (Austria). – Jb. Geol. B.-A., 140, 29–45. Wien.
- GEROCH, S. – NOWAK, W. (1984): Proposal of zonation for the Late Tithonian – Eocene, based upon the arcnaceous foraminifera from the outer Carpathians, Poland. – In: OERTLI, H. (Ed.): Benthos 1983; 2nd International Symposium on Benthic Foraminifera, Pau (France), April 11 – 15, 1983. – Elf Aquitaine, ESSO REP and TOTAL CFP, pp. 225–239. Pau.
- CHARNOCK, M. A. – JONES, R. W. (1990): Agglutinated foraminifera from the Palaeogene of the North Sea. – In: HEMLEBEN, C. et al. (Eds.): Palaeoecology, biostratigraphy, palaeoceanography and taxonomy of agglutinated foraminifera. – 139–244, NATO ASI Series C, Math. Phys. Sci., 327, Kluwer Acad. Publ. Dordrecht.
- KAMINSKI, M. A. – GRADSTEIN, F. M. – BERGGREN, W. A. – GEROCH, S. – BECKMANN, J. P. (1988): Flysch-type agglutinated foraminiferal assemblages from Trinidad: Taxonomy, stratigraphy and paleobathymetry. – Abh. Geol. Bundesanst., 41, 155–227. Wien.
- KAMINSKI, M. A. – KUHN, W. – RADLEY, J. D. (1996): Palaeocene-Eocene deep water agglutinated foraminifera from the Numidian Flysch (Rif, Northern Morocco): their significance for the palaeoceanography of the Gibraltar gateway. – J. Micropalaeont., 15, 1–19. London.
- PERCH-NIELSEN, K. (1985): Cenozoic calcareous nanofossils. In: BOLLIG, H. M. – SAUNDERS, J. B. – PERCH-NIELSEN, K. (eds.): Plankton Stratigraphy. – Cambridge University Press, 427–554. Cambridge.
- SCHMITZ, B. – SPEIJER, R. P. – AUBRY, M.-P. (1996): Latest Paleocene benthic extinction event on the southern Tethyan shelf (Egypt): Foraminiferal stable isotopic ($d^{13}\text{C}$, $d^{18}\text{O}$) records. – Geology, 24, 4, 347–350. Cardiff.
- SCHMITZ, B. – CHARISI, S. D. – THOMPSON, E. I. – SPEIJER, R. P. (1997): Barium, SiO_2 (excess), and P_2O_5 as proxies of biological productivity in the Middle East during the Paleocene and the latest Paleocene benthic extinction event. – Terra Nova, 9, 95–99. Oxford.
- SPEIJER, R. P. – SCHMITZ, B. – VAN DER ZWAAN, G. J. (1997): Benthic foraminiferal extinction and repopulation in response to latest Paleocene Tethyan anoxia. – Geology, 25, 8, 683–686. Cardiff.
- STOTT, L. D. (1992): Higher temperatures and lower oceanic pCO_2 : a climatic enigma at the end of the Paleocene epoch. – Paleoceanography, 7, 395–404. Washington.
- TJALSMA, R. C. – LOHMANN, G. P. (1983): Paleocene-Eocene bathyal and abyssal benthic foraminifera from the Atlantic Ocean. – Micropalaeontology, Spec. Publ., 4, 90 pp. New York.
- WINKLER, W. (1984): Rhabdammina-fauna: What relation to turbidites? Evidence from the Gurnigel-Schlieren Flysch. – In: OERTLI, H. (Ed.): Benthos 1983; 2nd International Symposium on Benthic Foraminifera, Pau (France), April 11–15, 1983. – Elf Aquitaine, ESSO REP and TOTAL CFP, pp. 611–617. Pau.