



VÝZKUM HRANICE KŘÍDA/TERCIÉR V MAGURSKÉM FLYŠI V ROCE 2000

Cretaceous/Tertiary boundary investigations in the Magura Flysch during year 2000

Miroslav Bubík¹, Marie Adamová², Eva Franců¹, Juraj Franců¹, Przemyslaw Gedl³, Lilian Švábenická⁴

¹Český geologický ústav, Leitnerova 22, 658 69 Brno, e-mail: 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, 118 21 Praha 1

(25-24 Turzovka)

Key words: *Outer Carpathian Flysch, Rača Unit, KT boundary, biostratigraphy, Foraminifera, Dinoflagellata, calcareous nannofossils, geochemistry*

Abstract:

*Cretaceous/Tertiary boundary in the sub-CCD flysch facies of the Magura Flysch of West Carpathians at the Uzgruň-section was studied by methods of biostratigraphy (Foraminifera, Radiolaria, Dinoflagellata, calcareous nannofossils) and organic+inorganic geochemistry. The section consists of 9,1 m thick rhythmic alternation of claystones, marlstones, siltstones and sandstones. Autochthonous agglutinated fauna from hemipelagites allowed to determine the base of Rzehakina fissistomata Zone. Stratigraphically leading dinocysts were identified in the turbidite claystones (neritic elements redeposited downslope). The first occurrence of *Carpate lla cornuta* evidence the basal Paleocene 77 cm above the first occurrence of *R. fissistomata*. Calcareous nannofossils and planktonic foraminifera occur in turbidite marlstones only in the Maastrichtian part of section. Also well-preserved radiolarian assemblage was found just in the Maastrichtian. Organic and inorganic analytic methods did not show differences between turbidite and hemipelagite claystones. Organic matter consist of inertinite kerogen with low hydrogen index - probably partly oxidized terrestrial phytodetrit. Sulphur and iron contents indicate the oxidized to fairly reduced environment.*

Úvod

V roce 2000 bylo na Českém geologickém ústavu započato řešení výzkumného projektu „Hraniční eventy paleocénu v magurském flyši“ podporovaný grantem GAČR č. 205/00/0218. Cílem řešení má být detailní stratigrafie (biostratigrafie podle planktonických a bentózních foraminifer, radiolarií, dinocyst a vápniého nanoplanktonu, chemostratigrafie) na hranici křída/terciér a paleocén/eocén a sledování změn během hraničních eventů spojených s oběma hranicemi.

Hranice KT je dlouhodobě jedním z nejvíce medializovaných problémů geologických věd a váže se k ní značně rozsáhlá literatura. Různí autoři vysvětlují masové vymírání organismů spojené s hranicí KT s paleoklimatickými změnami, anomální vulkanickou činností, dopadem asteroidu nebo nejčastěji příčinným řetězcem kombinujícím více procesů. Při nebo na hranici KT je předpokládána acidifikace povrchových vod (Hansen 1990), prudké ochlazení těsně pod hranicí (Keller - Lindinger 1989),

opakované změny úrovně hladiny oceánu (Keller et al. 1993), nesedimentace či podmořská eroze hlubokomořských sedimentů během zóny P.0 (MacLeod - Keller 1991), prudké snížení produkce Ca karbonátu a negativní posun $d^{13}C$ způsobené zhroutením produktivity povrchové vrstvy oceánu (Keller - Lindinger 1989) atd. Pro celosvětovou korelaci je velmi důležitá izochronní Ir anomálie, výskyt šokového křemene a železných sferul pocházejících z impaktního eventu. Názory ohledně rychlosti vymírání v globálním ekosystému se různí od náhlého celosvětového „masového zabíjení“ (Raup) po dlouhodobější výměnu faun napříč hranicí KT (Keller et al. 1993; MacLeod 1996). Náhlé vymírání popisované v mnoha hraničních profilech se ukázalo být výsledkem jejich stratigrafické nekompletnosti (MacLeod 1996). V mělkých prostředích byly projevy vymírání silnější než v hlubokomořských (Keller 1992). Planktonní biota vysokých zeměpisných šířek byla postižena mnohem méně (Keller et al. 1993) a chladné arktické vody transportované paleoproudy zamezily drastickému vymírání i v některých oblastech nízkých šířek

(Ecuador - Keller et al. 1997). Charakter vymírání je různý pro odlišné taxonomické skupiny. Skutečně náhlé vymírání na hranici KT je v současné době předpokládáno u vápni-
tého nanoplanktonu, zatímco u prakticky všech ostatních skupin je doloženo dlouhodobé etapovité progresivní vymírání trávající několik set tisíc let (MacLeod et al. 1997). V tomto směru však vývoj názorů není stále u konce a objevují se stále nové hypotézy. Současné znalosti o hraničním eventu KT hlubokomořském prostředí pod CCD jsou nedostatečné. Všechny detailně zpracované profily v hlubokomořských sedimentech (např. El Kef, Zumaya, Caravaca, profily v Apeninách, gosauské pánvi, DSDP vrtech 525, 527 a 465) reprezentují sedimentaci nad CCD či v blízkosti oscilující CCD. V sedimentech pod CCD se zachovávají pouze aglutinované foraminifery, někdy dinocysty a vzácně radiolarie. Pouze aglutinované foraminifery jsou skutečně autochtonním prvkem tafocenóz. Hraniční KT event je však postižuje jen velice málo. Podle Gerocha a Nowaka (1984) na hranici KT nastupuje druh *Rzehakina fissistomata* (Grzybowski). Další 14 nastupujících druhů uvádějí Kuhnt et al. (1989). Detailní studium KT profilů Bottacione a Contessa odhalilo v bazálním paleocénu 3 horizonty rozvoje oportunistických infaunních druhů. Taková pionýrská společenstva jsou známa z moderních hlubokomořských prostředí, kde následují po katastrofických událostech (MacLeod et al. 1997). Vzácný a nesouvislý fosilní záznam radiolarií z dobře definovaných KT profilů neposkytuje uspokojivý globální obraz. Změny radiolariových společenstev však obecně nemají charakter masového vymírání, ale spíše výměny faun. Dominance spumellariidních forem na hranici KT nebo těsně nad byla pozorována v různých oblastech (N. Zéland, Rusko, Kalifornie, Hokkaido) avšak její využití pro globální korelace může být zavádějící (Hollis 1997). Hranici KT ve flyšových faciích dosud studovali de Kaenel et al. (1989) v gurnigelském flyši Švýcarska a Sinnyovsky - Stoykova (1995) v Emine flyši Bulharska s použitím nanoplanktonové biostratigrafie. V magurské skupině příkrovů na Moravě byly hraniční KT sedimenty objeveny v račanské jednotce u osady Uzgruň (Švábenická et al. 1997, Bubík et al. 1999a).

KT profil Uzgruň

Zevrubný litologický a sedimentologický popis hraničního KT profilu Uzgruň a jeho předběžnou biostratigrafii na základě foraminifer, radiolarií a vápni-
tého nanoplanktonu podali Bubík et al. (1999a). Pozdější krátká zpráva doplnila biostratigrafii o výsledky P. Gedla ze studia dinocyst (Bubík et al. 1999b). Sedimenty na KT profilu lze charakterizovat jako převážně drobně rytmické střídání turbiditních prachovců a jílovců s hemipelagickými jílovcí. Pískovce tvoří zpravidla laminy, ojediněle silnější lavice (obr. 1). Méně časté jsou polohy turbiditních slínovců a pelokarbonátů. Slínovce mají až 45% karbonátů, turbiditní jílovce zpravidla méně než 10%. U pelosideritů odpovídá karbonátová složka svým složením dolomitickým vápencům. Tyto sedimenty patří ráztockým vrstvám soláňského souvrství. V roce 2000 byl profil důkladně očištěn od sutí a byla potvrzena neporušenost vrstevního

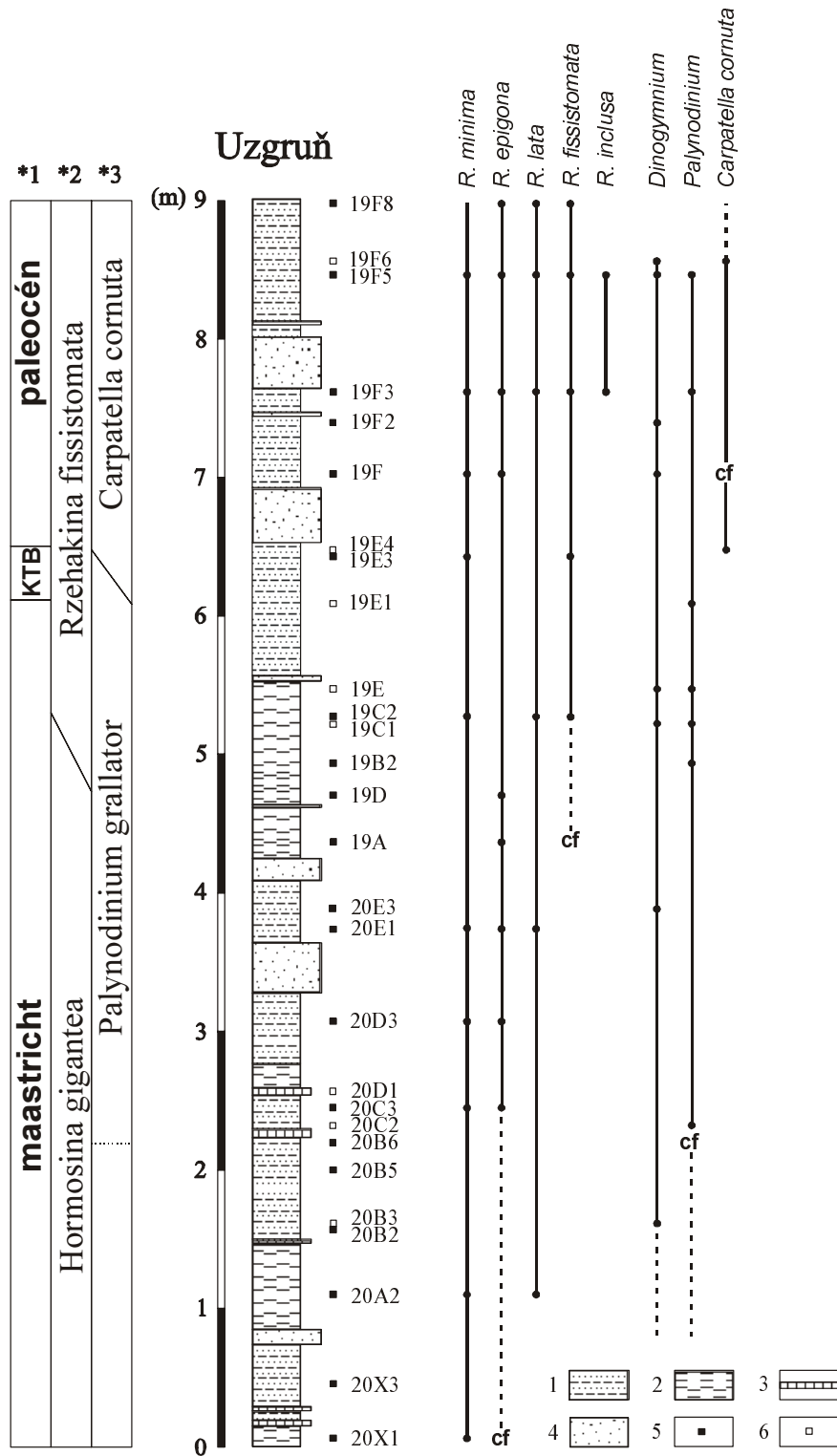
sledu na dosud zasucených místech. Dále se podařilo korelovat dva izolované zářezy potoka (dokumentační body 19 a 20, viz Bubík et al. 1999a) a sestavit složený profil o mocnosti 9,1 m. Byla pořízena psaná i grafická dokumentace celého profilu v detailu řádu mm. Celkem bylo odebráno 31 vzorků na mikrofaunu (foraminifery, radiolarie), 11 vzorků na vápni-
tý nanoplankton, 32 palynologických vzorků (dinocysty) a 11 geochemických vzorků. Výsledky biostratigrafického studia v hemipelagických (autochtonních) a turbiditních (redeponovaných) sedimentech jsou níže popsány odděleně.

Hemipelagické sedimenty

Za hemipelagické byly považovány vložky šedo-
zelených, méně šedých a černošedých nevápni-
tých jílovců ve stropě turbiditních sekvencí mocné několik mm až 13 cm. Jejich vymezení vůči podložnímu turbiditu však nebylo vždy jednoznačné, protože značná část turbiditních jílovců je nevápni-
tých. Na druhé straně některé hemipe-
lagické polohy jasně barevně odlišné od turbiditních jílovců byly značně prachovité s náznakem gradace. Takové polohy mohou představovat jak pelitický turbidit, tak sedimentaci pod vlivem proudění (např. konturové proudy). **Bentózní foraminifery:** hemipelagické jílovce obsahují výhradně aglutinovaný bentos. Předběžně bylo zjištěno více než 70 druhů (Bubík et al. 1999a). Kromě průběžných druhů se vyskytují prakticky v celém studovaném intervalu vůdčí druhy campan-paleocénu *Annectina grzybowskii*, *Caudamina excelsa* a zástupci rodu *Rzehakina*. *Remesella varians* se souvisle vyskytuje ve zhruba 3,3 m mocném intervalu (vzorky 20E1 až 19F, obr. 1). Zajímavý je výskyt velkého jedince *Caudamina* blízkého druhu *C. gigantea*, indexového druhu svrchnosenonské zóny Hormosina gigantea sensu Geroch - Nowak (1984). Překvapivě byl zaznamenán v nejvyšší části profilu (vzorek 19F5, obr. 1), tedy v paleocénu. Zvýšená pozornost byla věnována zástupcům rodu *Rzehakina*, kteří mají pro biostratigrafii na hranici KT zásadní význam. Druhy rodu *Rzehakina* byly determinovány na základě variability definované pomocí biometrického studia (Bubík 1999) a to i na topotypovém materiálu jednotlivých druhů (dosud nepublikováno). První výskyt indexového druhu *Rzehakina fissistomata* stejnojmenné zóny, jejíž báze je kladena na hranici KT (Geroch - Nowak 1984), byl zaznamenán ve vzorku 19C2 (metráž 5,27). Přechodné formy a netypičtí jedinci (?juvenilní) se však vyskytují ještě níže (obr. 1).

Radiolarie: diverzifikované a dobře zachovalé (pyritizované) společenstvo radiolarií bylo zatím zjištěno pouze ve vzorku 19D. Obsahovalo 46 taxonů a umožnilo zařazení do zóny Amphipyndax tylotus (Bak 1999). Nově byly nehojné pyritizované radiolarie zjištěny ve vzorcích 20X1, 20D3, 19C2, 19F a 19F3. Jejich zhodnocení bude možné po získání dostatečného množství jedinců.

Dinocysty: ve společenstvech dominují širomořské taxony (např. *Pterodinium a Impagidinium*). Tento rys je nepříznivý pro vymezení hranice KT, neboť stratigraficky významné taxony tohoto období byly rozšířeny spíše



Obr. 1 - Složený litologický profil KT Uzgruň s vyznačením vybraných vzorků z hemipelagitů a distribucí vůdčích mikrofosilií: zástupců rodu *Rzehakina* (Foraminifera) a dinocyst (Dinoflagellata). Stratigrafie: *1 - chronostratigrafie: KTB - hraniční interval křída/terciér, *2 - zóny aglutinovaných foraminifer sensu Geroch - Nowak (1984), *3 - zóny dinocyst sensu Hansen (1977). Zjednodušená litologie: 1 - střídání nevápničných turbiditních a hemipelagických jílovců, prachovců a pískovců, 2 - střídání jako předchozí avšak s vápničnými vložkami, 3 - turbiditní slínovce, 4 - pískovce, 5 - vzorky z hemipelagitů, 6 - vzorky z turbiditů.

Fig. 1 - Composed lithological chart of the KT Uzgruň section with selected samples position and distribution of stratigraphical marker species: rzehakinids (Foraminifera) and dinocysts (Dinoflagellata). Stratigraphy: *1 - chronostratigraphy: KTB - Cretaceous/Tertiary boundary interval, *2 - agglutinated foraminifera zones sensu Geroch - Nowak (1984), *3 - dinocyst zones sensu Hansen (1977). Simplified lithology: 1 - alternation of non-calcareous turbidite a hemipelagite claystones, siltstones and sandstones, 2 - alternation dttto with calcareous intercalations, 3 - turbidite marlstones and pelocarbonates, 4 - sandstones, 5 - samples from hemipelagites, 6 - samples from turbidites.

v přibřežních vodách. Většina dinocyst z profilu Uzgruň má stratigrafický rozsah svrchní křída - paleogén nebo jejich rozsah není dosud znám. Pro biostratigrafické účely se ukázala být vhodnější společenstva dinocyst z turbiditních jílovců (viz níže).

Turbiditní sedimenty

Pro biostratigrafické studium byly použity sedimenty intervalu Td. Jedná se zpravidla o tmavošedé, černošedé nebo zelenošedé proměnlivě prachovité jílovce a ojediněle šedé slínovce a pelokarbonáty. Vápnité turbiditní jílovce a slínovce jsou kumulovány zhruba do čtyř intervalů v nižší části profilu. Odsud byly získány vápnité nanofosilie a planktonické foraminifery. Jílovce posledních 3,5 m jsou nevápnité (obr. 1), což bohužel zamezuje sledování vápnitého planktonu napříč hranicí KT. Ojedinělé planktonické foraminifery byly zjištěny i v nevápnitých jílovcích ve vyšší části profilu (vz. 19F2).

Planktonické foraminifery: schránky planktonu jsou vzácné a špatně zachovalé - mechanicky poškozené transportem a silně rekrystalované. Nejvýznamnějším dosavadním nálezem je ojedinělá schránka *Abathomphalus mayaroensis* ve vzorku 19E (Bubík et al. 1999a). Nově byla zjištěna *Planoglobulina brazoensis* a *Heterohelix* sp. ve vzorku 20A1, *Planoglobulina?* sp. ve vzorku 20C1 a *Rugoglobigerina* sp. + *Globotruncanita?* sp. ve vz. 19F2. *A. mayaroensis* a *P. brazoensis* dokládají stáří nejvyššího maastrichtu (zóna *A. mayaroensis*).

Bentózní foraminifery: v mikrofauně turbiditních jílovců a slínovců vysoce převládá aglutinovaný bentos (*Recurvoides*, *Spiroplectamina*, *Nothia*, *Paratrochaminoides*, *Karrerulina*) nad vápnitým (*Osangularia*, *Gyroidinoides*, *Nuttallides?*). Bentos patrně představuje směs fauny ze zdrojové oblasti turbiditního proudu a fauny místa sedimentace (úpatí). Velmi hojný výskyt *Spiroplectamina dentata* ve vzorku 20A1 naznačuje, že alespoň některé pseudoasociace turbiditních jílovců přibližně zachovávají kvantitativní složení bentosu zdrojové oblasti turbiditů. Zdrojovou oblastí v tomto případě byl bathyál (svah).

Vápnitý nanoplankton: studované vzorky byly chudé a nanofosilie velmi špatně zachované. Bylo pozorováno naleptání a rekrystalizace, velké plakolity většinou ve fragmentech a nanofosilie s "křehkou" stavbou jsou vzácné nebo chybí. V tafocenózách je silně zastoupen druh *Micula decussata* (např. kolem 60% ve vz. 20C1, 30% ve vz. 20B1). Jeho tělíška jsou odolná vůči mechanickému i chemickému poškození, takže zvýšená četnost je nejspíše druhotná. Vedle průběžných druhů byly zjištěny druhy s prvním výskytem v maastrichtu (*Arkhangelskiella maastrichtiana*, *Cribrosphaerella daniae*, *Lithraphidites quadratus* a *Micula murus*) a také druhy přežívající hranici KT - tzv. KT survivors (*Markalius inversus*, *Braarudosphaera bigelowii* - vzácně a *Biscutum melaniae*). Přítomnost druhu *Micula prinsii* ve vzorcích 20A3, 20A4 a 20B1 umožňuje zařazení daného intervalu do zóny UC20d^{TP} (sensu Burnett 1998), tj. nejvyšší zónou maastrichtu. Hojný výskyt cyst *Thoracosphaera* ani druhy nastupující v paleocénu nebyly zjištěny. Byl zaznamenán

společný výskyt "chladno-" a "teplomilných" prvků. Výskyt druhů *Prediscosphaera stoveri* a *Nephrolithus frequens* a vyšší zastoupení chladnomilného druhu *Micula decussata* ve srovnání s teplomilnou *Watznaueria barnesae* dokládají vliv boreální provincie.

Dinocysty: společenstva dinocyst obsahují četnější taxony považované za přibřežní. Nicméně stejně jako v pelagických sedimentech převažují širomořské taxony nad neritickými. Stratigraficky vůdčí taxony jako *Triblastula utinensis*, *Palynodinium*, *Dinogymnium* a *Carpatella cornuta* se vyskytují pouze jako ojedinělé kusy. Podle nových výsledků studia dinocyst se hranice KT nachází uvnitř 41 cm mocného intervalu mezi vzorky 19E1 a 19E4 (metráž profilu 6,09 až 6,5). Ve vzorku 19E1 byl zjištěn rod *Palynodinium*, jehož poslední výskyt se uvádí na hranici KT. Ve vzorku 19E4 byl zaznamenán první výskyt druhu *Carpatella cornuta* vůdčího pro sedimenty danu. Vzorky zevnitř tohoto intervalu (hemipelagity) neposkytly stratigraficky významné druhy. Další jednotlivý jedinec *C. cornuta* byl nalezen až ve vzorku 19F6 v nejvyšší části profilu. Ojedinělé maastrichtské dinocysty byly pozorovány i výše v profilu nad vzorkem 19E4: jeden exemplář *Dinogymnium (Alisogymnium)* sp. ve vz. 19F a *Palynodinium* sp. ve vz. 19F2 a 19F5. Tyto výskyty představují pravděpodobně redepozice.

Geochemie

Metodami anorganické i organické geochemie byla analyzována sada 11 vzorků reprezentující typické pelitické (resp. karbonátové) horniny za účelem ověření litologie a zjištění paleoprostředí. Z anorganických složek byl sledován obsah TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , C , S , $[\text{CO}_3]$, CaCO_3 a MgCO_3 , u organické hmoty byl stanoven C_{org} , C_{min} a provedena pyrolýza (RockEval). Celkově se z hlediska obsahu organických i anorganických složek neprojevil systematický rozdíl mezi turbiditními a hemipelagickými sedimenty. Organická hmota svou zralostí odpovídá začátku ropného okna. Obsah C_{org} je nízký, pouze turbiditní slínovec z báze profilu poskytl hodnotu 4,3 %. Kerogen má však nízký vodíkový index (HI), má převážně inertinitové složení a vznikl pravděpodobně z terestrického rostlinného detritu deponovaného v provzdušněném prostředí svahu se slínitou sedimentací. Obsah C_{org} v turbiditních jílovcích je nízký, místy však bylo zaznamenáno vyšší hodnoty HI (až 95 ve střední části profilu), a vyšší obsahy síry a železa, což indikuje mírně redukční podmínky uložení. Hemipelagity se v zásadě neliší obsahem C_{org} ani síry. U turbiditních i hemipelagických jílovců byl pozorován trend snížení obsahů síry na mez detekce zhruba v horní třetině profilu. Ve svrchní části profilu byl pozorován mírně zvýšený obsah TiO_2 , což může indikovat změny v zdrojové oblasti (větší podíl bazických vyvřelin).

Závěr

Výzkum hranice KT ve flyšové facii (prostředí pod CCD) v magurském flyši na profilu Uzgruň v r. 2000 prokázal neporušený sled napříč hranicí o mocnosti 9,1 m.

Díky hojnému foraminiferovému bentosu v hemipelagitech byla stanovená báze zóny Rzehakina fissistomata v metráži 5,27 složeného profilu. Na základě dinocyst byl vymezen interval, uvnitř kterého by se měla nalézat hranice KT (metráž 6,09 až 6,5 složeného profilu). Vůdčím druhem je *Carpatella cornuta* s prvním výskytem ve stropě tohoto intervalu. Ukázalo se, že pro biostratigrafii podle dinocyst jsou vhodnější turbiditní jílovce, které obsahují vůdčí druhy redeponované patrně z proximálnějších facií. U aglu-

tinovaných foraminifer a dinocyst, vyskytujících se hojně v celém profilu, nebylo zjištěno vymírání při hranici KT. Druhy zjištěné ve spodní části profilu se vyskytují rovněž ve svrchní. Geochemické metody prokázaly nízké, ale relativně stálé obsahy převážně inertinitového kerogenu vzniklého patrně oxidací terrestrického fyto-detritu. Obsahy síry a železa indikují větrané až mírně redukční prostředí sedimentace.

Literatura:

- Bak, M. (1999): Uppermost Maastrichtian Radiolaria from the Magura Nappe deposits, Czech Outer Carpathians. - Ann. Soc. Geol. Polon., 69, 3-4, 137 - 159. Kraków.
- Bubík, M. (1999): Results of taxonomic research on Cretaceous-Paleogene flysch-type agglutinated foraminifera. - Geologica Carpathica, 50, Special Issue (International Geological Conference „Carpathian Geology 2000“, 1999, Smolenice, Slovak Republic), 17 - 19. Bratislava.
- Bubík, M. - Bağ, M. - Švábenická, L. (1999a): Biostratigraphy of the Maastrichtian to Paleocene distal flysch sediments of the Rača Unit in the Uzgruň section (Magura group of nappes, Czech Republic). - Geologica Carpathica, 50, 1, 33 - 48. Bratislava.
- Bubík, M. - Bağ, M. - Gedl, P. - Švábenická, L. (1999b): Integrovaný biostratigrafický výzkum hranice křída/terciér na lokalitě Uzgruň v roce 1998. - Geol. výzk. Mor. Slez. v roce 1998, 42 - 46. Brno.
- Burnett, J.A. (1998): Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (ed): Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. - Cambridge University Press, 132-199. Cambridge.
- Geroch, S. - Nowak, W. (1984): Proposal of zonation for the Late Tithonian - Eocene, based upon the arenaceous foraminifera from the outer Carpathians, Poland. - In: Oertli, H. (Ed.): Benthos '83; 2nd International Symposium on Benthic Foraminifera, Pau (France), April 11 - 15, 1983. - Elf Aquitaine, ESSO REP and TOTAL CFP, 225-239. Pau.
- Hansen, H. J. (1990): Diachronous extinctions at the K/T boundary; A scenario. - Geol. Soc. America, Spec. Paper 247, 417 - 423. New York.
- Hansen, J. M. (1977): Dinoflagellate stratigraphy and echinoid distribution in Upper Maastrichtian and Danian deposits from Denmark. - Bull. geol. Soc. Denmark, 26, 1-26. Copenhagen.
- Hollis, Ch. J. (1997): Cretaceous-Paleocene radiolaria from Eastern Marlborough, New Zealand. - Institute of Geological & Nuclear Sciences monograph 17, 152 pp. Wellington.
- Kaenel, E. - Salis Perch-Nielsen, K. - Lindinger, M. (1989): The Cretaceous/Tertiary boundary in the Gurnigel Flysch (Switzerland). - Eclogae geol. Helv., 82/2, 555-581. Basel.
- Keller, G. (1992): Paleoecologic response of Tethyan benthic foraminifera to the Cretaceous-Tertiary boundary transition. - In: Takayanagi, Y. - Saito, T. (Eds.): Studies in benthic foraminifera. - Tokai University Press, Tokyo, 77 - 91. Tokyo.
- Keller, G. - Lindinger, M. (1989): Stable isotope, TOC and CaCO₃ record across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 73, 243 - 265. Amsterdam.
- Keller, G. - Barrera, E. - Schmitz, B. - Mattson, E. (1993): Gradual mass extinction, species survivorship, and long-term environmental changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in high latitudes. - Geol. Soc. America Bull., 105, 979 - 997. New York.
- Keller, G. - Adatte, T. - Hollis, C. - Ordóñez, M. - Zambrano, I. - Jimenez, N. - Stinnesbeck, W. - Aleman, A. - Hale-Erlich, W. (1997): The Cretaceous/Tertiary boundary event in Ecuador: reduced biotic effects due to eastern boundary current setting. - Marine Micropaleont., 31, 97 - 133. Amsterdam.
- Kuhnt, W. - Kaminski, M. A. - Moullade, M. (1989): Late Cretaceous deep-water agglutinated foraminiferal assemblages from the North Atlantic and its marginal seas. - Geol. Rundschau, 78, 3, 1121 - 1140. Stuttgart.
- MacLeod, N. (1996): Stratigraphical completeness and planktonic foraminiferal survivorship across the Cretaceous-Tertiary (K/T) boundary. - In: Moguilevsky, A. - Whatley, R. (Eds.): Microfossils and oceanic environments. - University of Wales, Aberystwyth, 327 - 353. Aberystwyth.
- MacLeod, N. - Keller, G. (1991): How complete are Cretaceous/Tertiary boundary sections? A chronostratigraphic estimate based on graphic correlation. - Geological Society of America Bulletin, 103, 1439 - 1457. New York.
- MacLeod, N. - Rawson, P. F. - Forey, P. L. - Banner, F. T. - Boudagher-Fadel, M. K. - Bown, P. R. - Burnett, J. A. - Chambers, P. - Culver, S. - Evans, S. E. - Jeffery, C. - Kaminski, M. A. - Lord, A. R. - Milner, A. C. - Milner, A. R. - Morris, N. - Owen, E. - Rosen, B. R. - Smith, A. B. - Taylor, P. D. - Urquhart, E. - Young, J. R. (1997): The Cretaceous-Tertiary biotic transition. - J. Geol. Soc., London, 154, 265 - 292. London.
- Sinnovskiy, D.S. - Stoykova, K.H. (1995): Cretaceous/Tertiary boundary in the Emine Flysch Formation, East Balkan, Bulgaria: nannofossil evidences. - Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 48, 45-48. Sofia.
- Švábenická, L. - Bubík, M. - Krejčí, O. - Stráník, Z. (1997): Stratigraphy of Cretaceous sediments of the Magura Group of nappes in Moravia (Czech Republic). - Geologica Carpathica, 48, 3, 179 - 191. Bratislava.