

# Paleoekologické vyhodnotenie fosiliferných vrstiev vrchného bádenu na lokalite Dubová (severozápadná časť Dunajskej panvy)

Paleoecological evaluation of the fossiliferous layers of Upper Badenian at the Dubová site (northwestern part of the Danube basin)

Ivana Koubová<sup>1</sup>, Michal Jamrich<sup>2</sup>, Radoslav Biskupič<sup>3</sup>, Andrej Ruman<sup>2</sup>, Kamil Zágoršek<sup>4</sup>, Natália Hudáčková<sup>2</sup> ✉

<sup>1</sup> Ústav vied o Zemi SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, Slovenská republika

<sup>2</sup> Katedra geológie a paleontológie PRIF UK v Bratislave, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, Slovenská republika

<sup>3</sup> Ludvíka Svobodu 29, 058 01 Poprad, Slovenská republika

<sup>4</sup> Katedra geografie, Fakulta prírodovedně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci, Univerzitní náměstí 1402/2, 461 17, Liberec 1, Česká republika

## Key words:

Middle Miocene, Badenian, Central Paratethys, Northern Danube Basin, Nannofossils, Foraminifera, Mollusca, Bryozoa

✉ natalia.hudackova@uniba.sk

## Editorka:

Pavla Tomanová Petrová

## Abstrakt

Miocénne sedimenty na úpäti Malých Karpát bývajú často veľmi bohaté na fosílie, napriek tomu dočasné odkryvy často nebývajú zdokumentované. V práci predstavujeme výsledky získané zo záchranných prác z už nejestvujúceho odkryvu jz. od obce Dubová, ktorý vznikol vďaka stavebnej činnosti. Veľmi podrobne sme zdokumentovali faunu a flóru marginálnych morských sedimentov vrchného bádenu (spodný seraval) nanoplanktónovej zóny NN6 a ekobiozóny *Ammonia beccarii*, ktorá je laterálnym ekvivalentom zóny *Bulimina/bolivina*. Na základe diverzifikovanej asociácie vápnatého nanoplanktónu, dierkavcov, koralov, mäkkýšov a machoviek interpretujeme zmeny paleoprostredia počas sedimentácie. Aj v krátkom časovom úseku, ktorý reprezentoval profil s hrúbkou 2,5 m, sme odhalili rôzne typy paleoekologického prostredia, ktoré boli ovplyvnené zmenami salinity, prínosom živín a dynamikou vodného prostredia. V celom profile predpokladáme veľmi plytkovodné prostredie, maximálne do 40 m, striedanie epizód s nízkym obsahom kyslíka (prevaha zástupcov rodu *Ammonia*), ktoré vznikali pravdepodobne v závislosti od energie prostredia. Salinita sa počas sedimentácie menila postupne od morskej, dokumentovanej schránkami dierkavcov (*Elphidium*, *Borelis*) a machoviek *Cupuladria* a *Reusirella*, po hyposalínu dokumentovaných mäkkýšmi rodov *Vitta* a *Pustulosia* smerom do nadložja. Vodný stĺpec dokumentuje príbrežné prostredie vonkajšieho šelfu, vysoká abundancia re-depozitov vápnatého nanoplanktónu kriedového a paleogénneho veku umožňuje uvažovať o riečnych prínosoch paleo-Váhu.

## Abstract

The Miocene sediments at the foothills of the Malé Karpaty Mts. are often rich in fossils, temporary outcrops are often not documented yet. This work presents findings from a construction pit southwest of the Dubová village, excavated during the construction activities. We have documented the fauna and flora of the marginal marine sediments of the Upper Badenian (Lower Serravallian) within the NN6 Zone and the *Ammonia beccarii* eco-biozone, which is the lateral equivalent of the *Bulimina–Bolivina* Zone. We interpret paleoenvironmental changes during sedimentation based on the diverse association of calcareous nannoplankton, foraminifera, corals, molluscs, and bryozoans. In a relatively short period, represented by a 2.5-meter-thick profile, we identified various types of paleoecological environments influenced by changes in salinity, nutrient input, and aquatic dynamics. The entire profile suggests a very shallow water environment, maximum up to 40 m, alternating episodes with low oxygen content (predominance of the *Ammonia* genus), likely influenced by the environment's energy. During sedimentation, the salinity gradually transitioned from marine, indicated by foraminifera (*Elphidium*, *Borelis*) and bryozoans *Cupuladria* and *Reusirella*, to hyposaline, marked by the presence of molluscs *Vitta* and *Pustulosia* towards the overlying bed. The water column documents a coastal environment of the outer shelf, and the high abundance of reworked calcareous nannoplankton of the Cretaceous and Paleogene suggests contributions from the paleo-Váh River.

## Doporučená citace článku:

Koubová, I., Jamrich, M., Biskupič, R., Ruman, A., Zágoršek, K., Hudáčková, N. (2024). Paleoekologické vyhodnotenie fosiliferných vrstiev vrchného bádenu na lokalite Dubová (severozápadná časť Dunajskej panvy). – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 31, 1–2, 41–54.

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2024-38933>

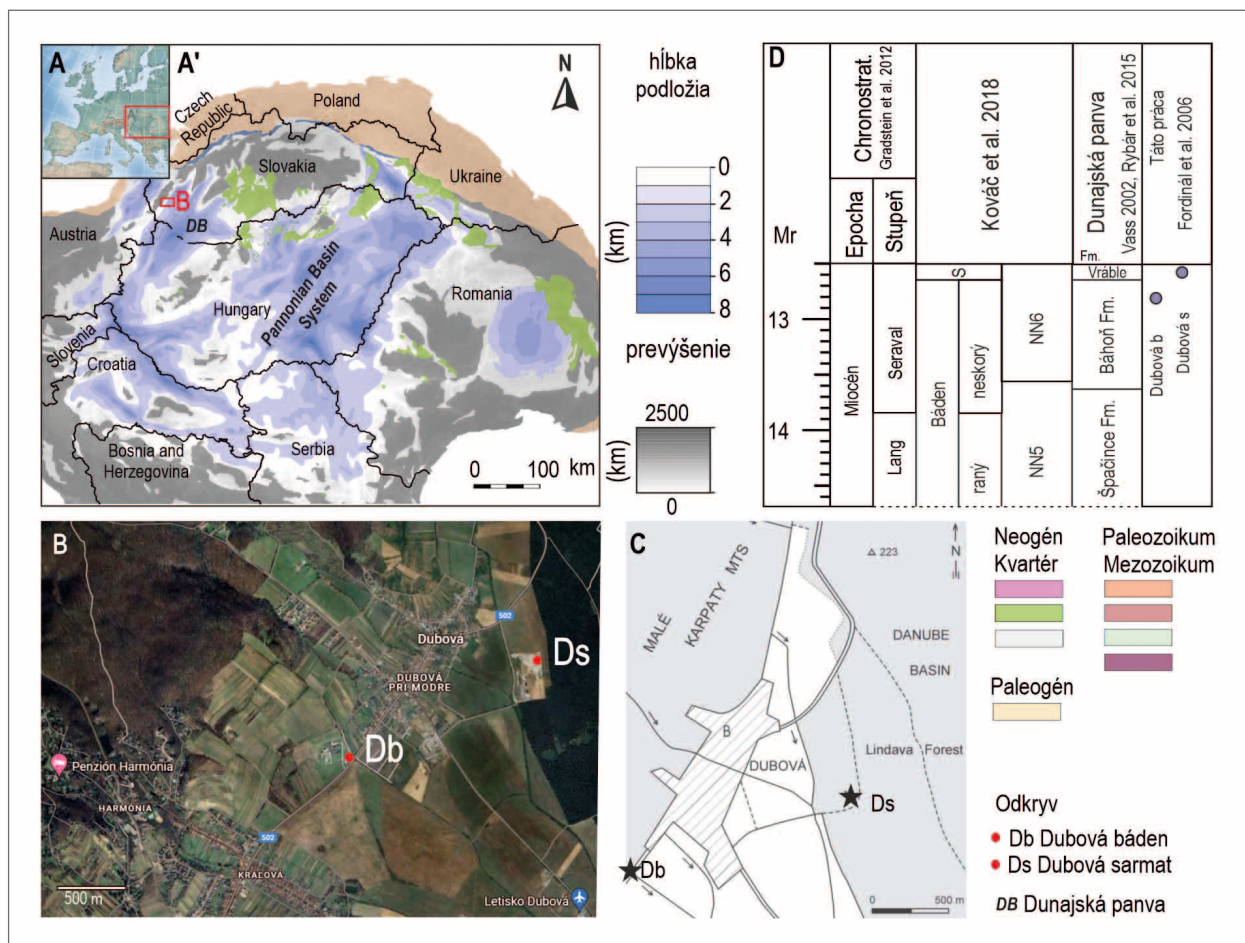
Úvod

Výsledky pochádzajú zo vzoriek z Dunajskej panvy, ktorá patrí k panónskemu systému paniev a je jedným z najväčších neogénnych bazénov v Západných Karpatoch. Panónsky panvový systém je poklesávajúcou štruktúrou vyplnenou neogénnymi usadeninami, hlavne ílmi, pieskami a v priebehu kvartéru štrkmi, pieskom a ílmi Dunaja. Panva vznikala v zaoblúkovanej pozícii za formujúcim sa Karpatským horstvom v priebehu miocénu (Kováč 2000; Vass 2002; Hók et al. 2016). Výplň Dunajskej panvy tvoria sedimenty egenburgu až pliocénu. Panva sa na začiatku miocénu formovala v komplikovanom transtenznom a transpresnom režime a v tomto období sa usadzovali v hlbších častiach panvy hlavne íly a piesky, iba na okrajoch štrky (Kováč 2000). Vďaka poklesávaniu v dôsledku prítomnosti diapíru plášťových hmôt v spodnej časti zemskej kôry (Hók et al. 2016) v strednom miocéne (báden a sarmat) došlo k významnému prehĺbeniu, kedy sa v pomerne krátkej dobe uložilo až 3 000 m hlavne jemnozrnných sedimentov ako ílov, slieňov či pieskocov (Kováč 2000; Vass 2002; Nováková et al. 2020). V strednom miocéne sa prejavovala v celej oblasti významná sopečná činnosť, v dôsledku čoho sa miestami usadilo veľké množstvo vulkanických hornín (Vass 2002; Rybár et al. 2024). Vo vrchnom miocéne nasledovalo štádium ochladzovania (Šujan et al. 2021), ktoré bolo spojené

s ďalším poklesávaním. Panva postupne strácala spojenie s morom, vznikali jazerá (tzv. štádium Panónskeho jazerá).

Biostratigrafickému výskumu neogénnych sedimentov Dunajskej panvy sa venoval ako jeden z prvých Pokorný (1946), neskôr Slavíková (1954) a Cicha (1957). V rámci naftových prospekčných štúdií sa biostratigrafii neogénnych sedimentov venovali odborníci ako Viera Molčíková, Jiří Brzobohatý, Irena Zapletalová a ďalší, ktorých výsledky sa nachádzajú v manuskriptoch správ uložených v archívoch Geofondu ŠGUDŠ a v registratúre Nafta a.s. Z 90. rokov 20. storočia sa biostratigrafii okrajových sedimentov dunajskej panvy venovali Zlinská (1997, 2016), Fordinál (1993a, b, 1995), Fordinál a Tuba (1992), Fordinál et al. (1990, 2006, 2012).

Najnovšie syntézy a reinterpretácie výsledkov starších vrto, hlavne strednomiocénnych sedimentov, pochádzajú od kolektívu autorov z Prif. UK v Bratislave, vytvorených pod vedením prof. M. Kováča v rámci projektu APVV-16-0121 Geodynamics of the Alpine-Carpathian junction area constrained by dating of the Cenozoic evolutionary phases in the Vienna and Danube basins (Rybár et al. 2013, 2014, 2015, 2016; Hladilová a Fordinál 2013; Ruman a Hudáčková 2015; Kováč et al. 2018; Šarinová et al. 2018, 2021; Hudáčková et al. 2020; Nováková et al. 2020 a Vlček et al. 2020, 2022).

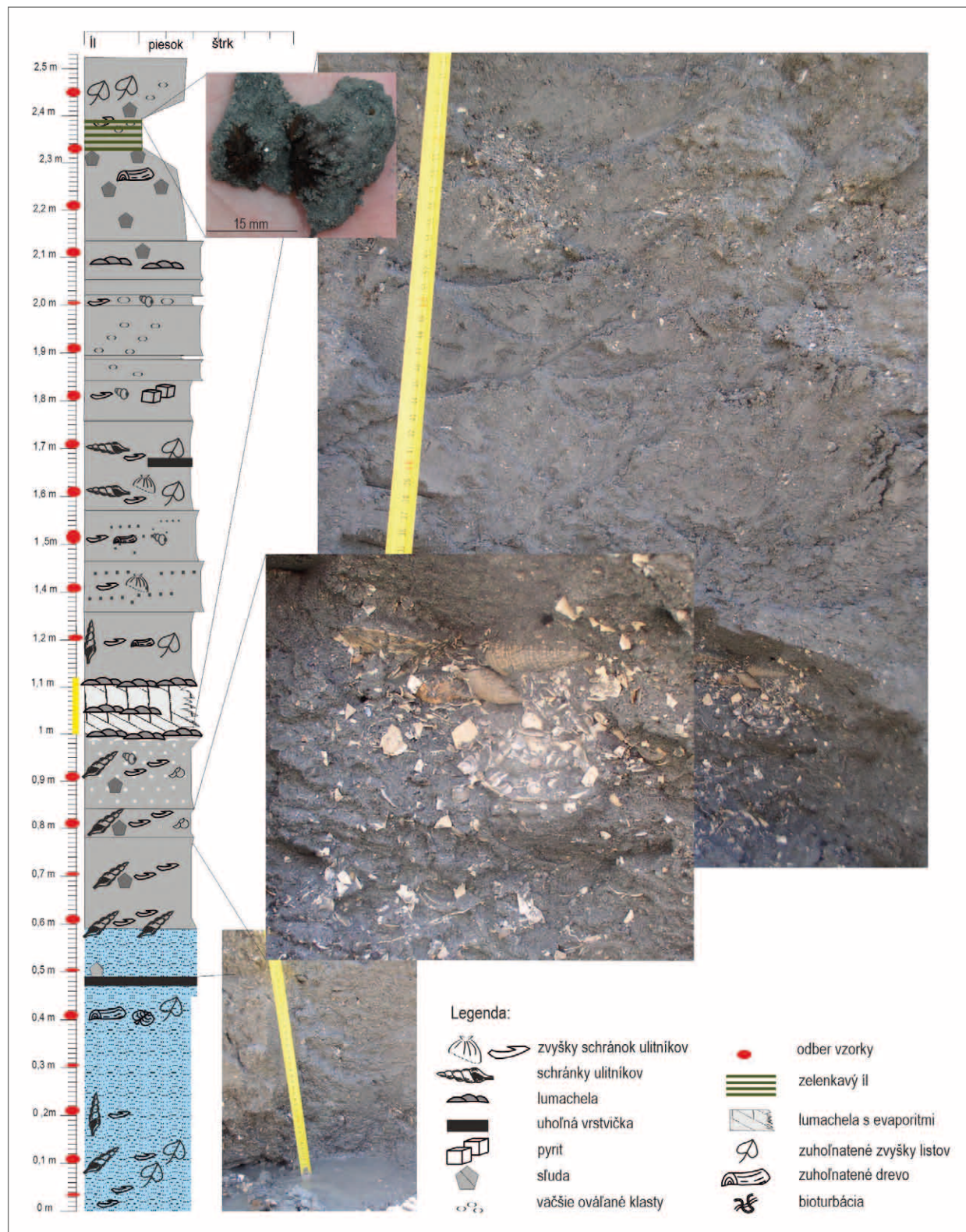


Obr. 1: Lokalizácia a stratigrafická pozícia študovanej lokality.  
Fig. 1: Location and stratigraphic position of the studied site.

### Materiál a metódy

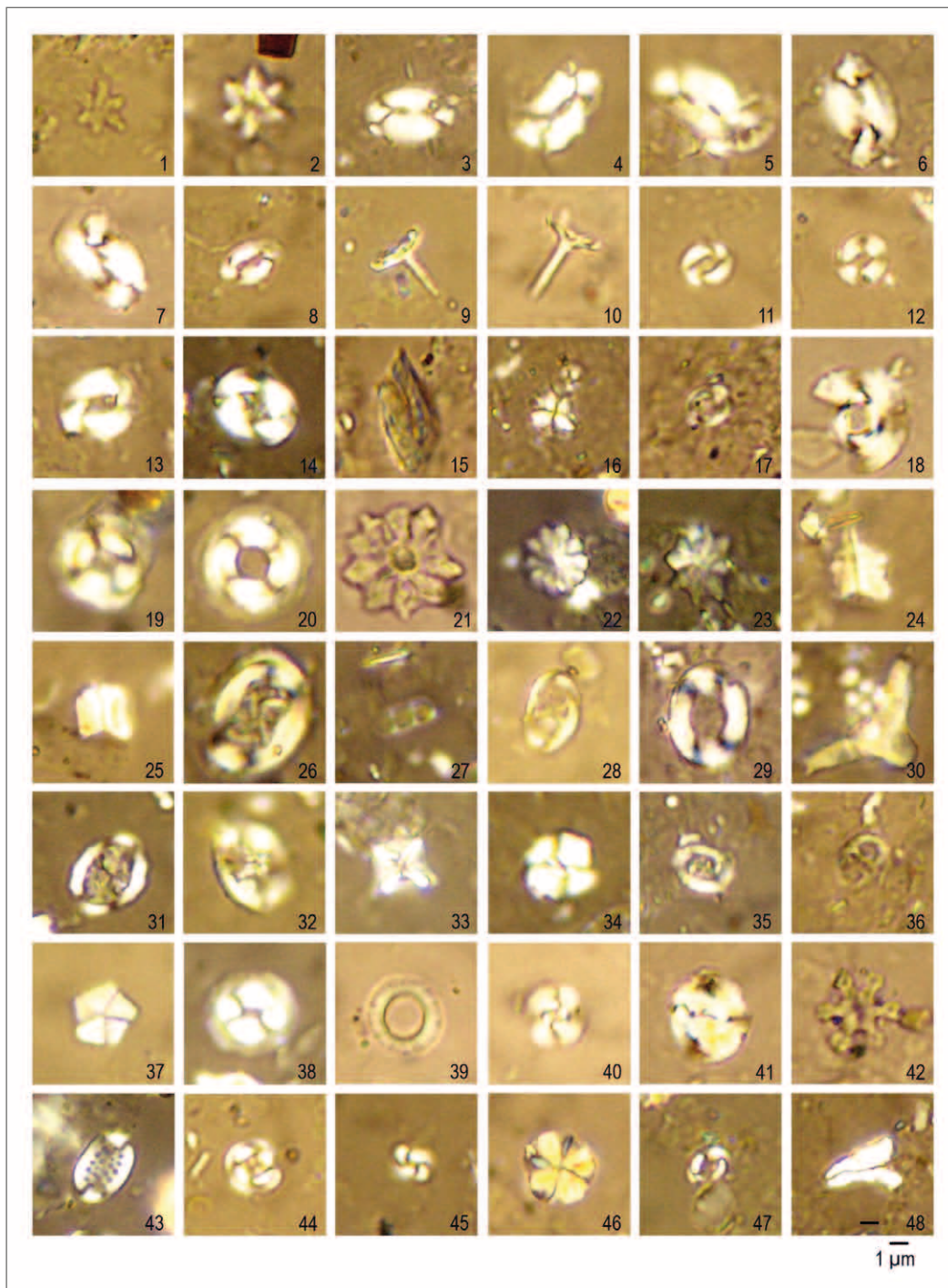
Lokalita Dubová (Db) (48°21'24.18" S 17. 19'56.81") je situovaná v sz. časti Dunajskej panvy v Blatnianskej depresii (obr. 1), na z. okraji obce Dubová, jz. od profilu publikovaného Fordinálom et al. (2006), na obrázku č. 1 Ds (Dubová sarmat Ds) na ceste druhej triedy,

ktorá spája obce Dubová a Modra. Profil v sedimentoch báhoňského súvrstvia (obr. 2) o dĺžke 2,52 m bol vytvorený v rámci výkopových prác pred výstavbou vinárskeho závodu (obr. 1). Odoberatých bolo 25 vzoriek metódou „high resolution“ (každých 10 cm), horninový materiál predstavovali tmavošedé jemnozrnne až hru-



Obr. 2: Schematický profil odkryvu s označením odberu vzoriek.

Fig. 2: Schematic lithology of the exposed profile with sample locations marked.



Obr. 3: Fotodokumentácia vápnitých nanofosilií zo vzoriek z profilu Dubová.

Fig. 3: Photo documentation of calcareous nanofossils from the Dubová profile.

1., 2. *Discoaster druggi*, v. (hĺbka) 0,40–0,42 m, 0,50–0,51 m; 3., 4., 5. *Helicosphaera carteri*, v. 2,10–2,12 m, 0,03–0,04 m, 2,00–2,02 m; 6., 7. *H. wallichii*, v. 2,40–2,42 m, 1,0–1,1 m; 8. *H. walbersdorfensis*, v. 0,30–0,31 m; 9., 10. *Rhabdosphaera sicca*, v. 0,30–0,31 m, 0,90–0,92 m; 11., 12. *Reticulofenestra haqii*, v. 0,10–0,12 m, 0,60–0,62 m; 13., 14. *R. pseudoumbilicus*, v. 1,90–1,92 m, 2,00–2,02 m; 15. *Triquetrorhabdulus rugosus*, v. 0,50–0,51 m; 16. *Sphenolithus abies*, v. 2,50–2,52 m; 17. *Umbilicosphaera jafari*, v. 1,60–1,62 m; 18. *Calcidiscus premacintyreii*, v. 0,90–0,92 m; 19., 20. *Coccolithus formosus*, v. 1,40–1,42 m, 2,00–2,02 m; 21. *Discoaster barbadiensis*, v. 1,0–1,1 m; 22. *D. mohleri*, v. 2,00–2,02 m; 23. *D. saipanensis*, v. 1,90–1,92 m; 24. *Fasciculithus lillianaee*, v. 0,40–0,42 m; 25. *F. tympaniformis*, v. 0,40–0,42 m; 26. *Chiasmolithus grandis*, v. 1,0–1,1 m; 27. *Isthmolithus recurvus*, v. 0,20–0,22 m; 28. *Neococcolithes dubius*, v. 2,20–2,21 m; 29. *Pontosphaera latelliptica*, v. 0,90–0,92 m; 30. *Tribrachiatus orthostylus*, v. 1,60–1,62 m; 31. *Arkhangelskiella cymbiformis*, v. 1,50–1,52 m; 32. *Eiffellithus turriseiffelii*, v. 0,20–0,22 m; 33. *Micula staurophora*, v. 1,0–1,1 m; 34. *Watznaueria barnesae*, v. 1,40–1,42 m; 35. *Cribrosphaerella ehrenbergii*, v. 2,00–2,02 m; 36. *Zeugrhabdotus diplogrammus*, v. 0,40–0,42 m; 37. *Braarudosphaera bigelowii*, v. 0,10–0,12 m; 38. *Coccolithus pelagicus*, v. 0,60–0,62 m; 39. *Coronocycclus nitescens*, v. 1,20–1,21 m; 40. *Cyclicargolithus floridanus*, v. 2,10–2,12 m; 41. *Dictyococcites bisectus*, v. 0,40–0,42 m; 42. *Discoaster deflandrei*, v. 1,60–1,62 m; 43. *Pontosphaera multipora*, v. 0,03–0,04 m; 44. *Reticulofenestra lockeri*, v. 1,50–1,52 m; 45. *R. minuta*, v. 0,10–0,12 m; 46. *Sphenolithus moriformis*, v. 0,03–0,04 m; 47. *Syracosphaera pulchra*, v. 1,50–1,52 m; 48. *Zygrhablithus bijugatus*, v. 2,10–2,12 m.

bozrné ílovité piesky s prítomnosťou sludy (e-appx. 1; obr. 2). Odkryv tvorili na báze tmavé piesčité íly s uhoľnými vrstvičkami, smerom do nadložia piesčitej frakcie pribúdalo, až na telesá piesku s malými obliacikmi (0,3–0,5 mm) v najvyšších častiach. V strednej časti profilu bola dokumentovaná výrazná vrstva tvorená predovšetkým schránkami lastúrnikov *Crassostrea gryphoides*. Obsah vrstiev piesku sa zvyšoval smerom do nadložia. Pozorované boli aj vrstvy pieskov s obliacikmi (s veľkosťou do 1 cm), vrstvy zuhoľnatených rastlín a polohy s konkréciami sádrovcov. Tmavošedé až zelenkasté plastické íly sú pozorované od 2 m smerom do nadložia (e-appx. 1; obr. 2).

Nanofosílie boli študované z preparátov pripravených metódou dekantácie, keď suspenziu vytvorenú zaliatím 3 g rozdrvenej horniny destilovanou vodou do výšky 4,5 cm zbavujeme hrubej a ľahkej frakcie. Hrubá frakcia klesne na dno skúmavky po 3 minútach, jemná frakcia (okolo 2  $\mu\text{m}$ ) sa usadí po 45 minútach. Suspenzia je nakvapkaná na podložné sklíčko po klesnutí hrubej frakcie a po vysušení pripravená na pozorovanie pod svetelným polarizačným mikroskopom Olympus BX 50 pri zväčšení 1 250 $\times$ . Pre účely kvantifikácie získaných miocénnych taxónov bolo z každej vzorky napočítaných 200 jedincov (e-appx. 2; obr. 3).

Dierkavce boli separované zo 100 g vysušenej horniny, horniny boli drvené, macerované v 3–10% roztoku  $\text{H}_2\text{O}_2$ , plavené na sústave sít s priemerom  $\phi$  0,071 mm, 0,125 a 1 mm. Vzorky boli sušené pri teplote menšej ako 35 °C. Po vyplavení boli frakcie odvážené. Informácia o hmotnosti výplavu bola použitá na hodnotenie celkovej abundancie dierkavcov vo vzorkách. Taxonomické zaradenie súhlasí s Loeblichom a Tappanovou (1992) a prácou Cichu et al. (1998), určené taxóny dierkavcov sú uvedené v zozname druhov (e-appx. 3; obr. 4), vzorky sú uchovávané na Katedre geológie a paleontológie Príf UK v Bratislave.

Na spracovanie údajov asociácií nanofosílií a dierkavcov boli použité abundančné diagramy (obr. 5), výpočet diverzity (Shannon\_H a Fisher\_ $\alpha$ ), ktoré boli použité aj v porovnávacom diagrame empiricky vytvorenom Murrayom (1991, 2006) s vyznačením paleoprostredia (obr. 6, 7). Na základe použitia pomeru planktonických a bentických dierkavcov (Murray 1991), s použitím upraveného vzorca (van der Zwaan et al. 1990):  $\text{Depth (m)} = e^3, 58718 + (0, 03534 * \%P)$  a na základe koexistenčného prístupu (Kranner et al. 2022; Hohenegger 2005; Spezzaferri et al. 2004) bola odhadnutá hĺbka sedimentačného priestoru (obr. 7A). Na výpočty a zobrazenie výsledkov boli použité programy Microsoft Excel, Microsoft Access (databáza upravená Hudáčkovou a Hudáčkom 2004), PAST – Paleontological Statistics, ver. 1.70 (Hammer et al. 2001) a POLPAL (Walanus a Nalepka 1999).

Machovky boli študované z frakcie väčšej ako 200  $\mu\text{m}$ . Niekoľko litifikovanejších vzoriek hornín bolo „laboratórne zvetraných“, ako opísali Zágorský a Vávra (2000). Nakoniec boli vzorky vyčistené v ultrazvukovom kúpeli. Vzorky sú uložené v paleontologickom oddelení Národného múzea Praha. Makrofosílie boli odoberané

z kumulovanej vzorky a doplnené zberom počas a po výkopových prácach.

Detailné určenie fosílií a ich fotodokumentácia (obr. 3, 4, 8) boli uskutočnené pomocou rastrovacieho elektrónového mikroskopu Hitachi S3700N v paleontologickom oddelení Národného múzea Praha.

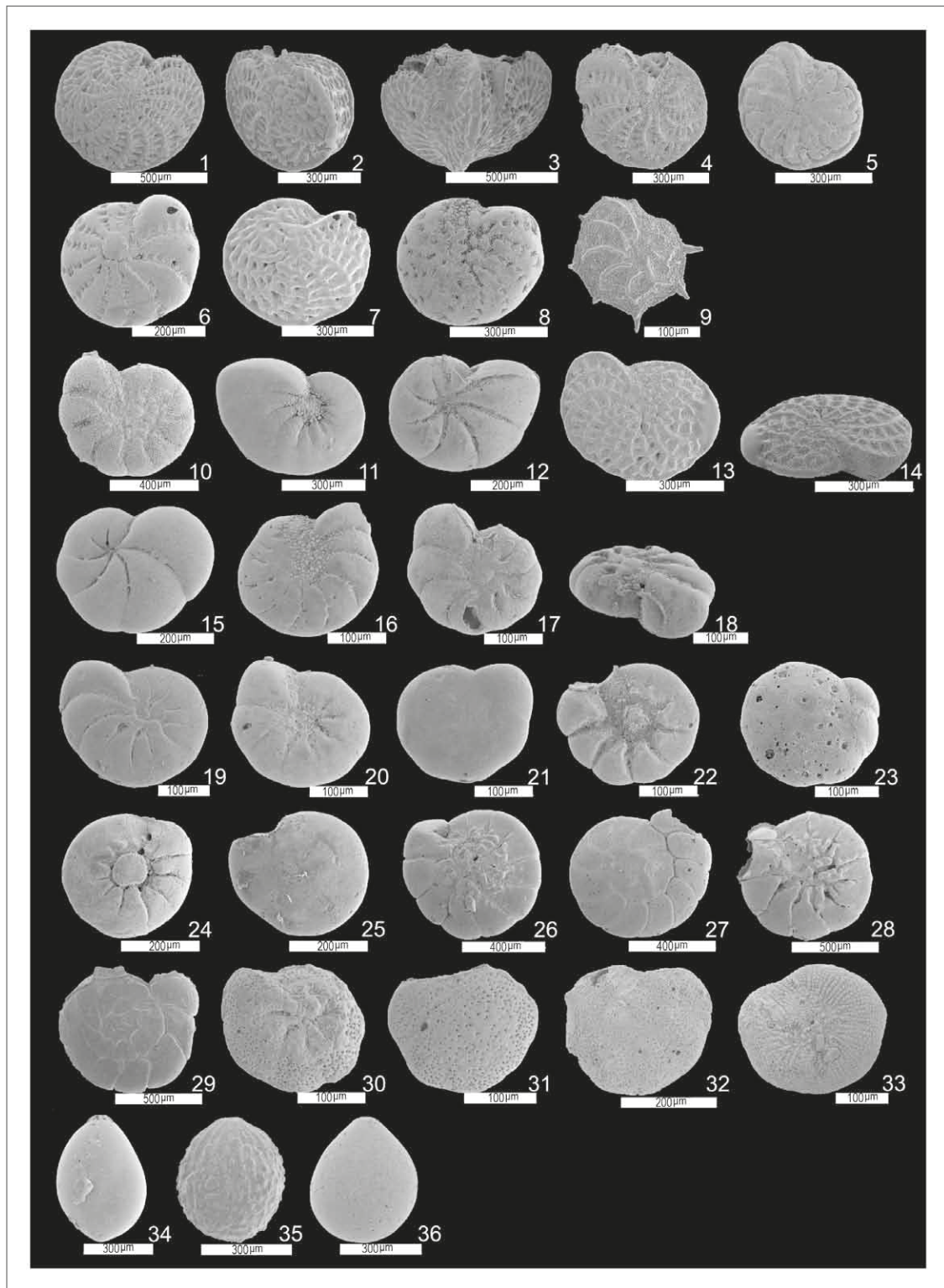
## Výsledky

### Vápnité nanofosílie

Spoločenstvá vápnných nanofosílií (e-appx. 2, obr. 3) boli analyzované z 25 vzoriek z profilu Db. Vo vzorkách bolo určených 9 neogénnych, 25 paleogénnych, 46 kriedových taxónov a 18 priebežných taxónov paleogénu/neogénu. Zachovanie vápnných nanofosílií možno charakterizovať ako priemerné. Najpočetnejšie zastúpenie mali nasledovné taxóny: *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra haqii*, *R. minuta*, *R. pseudoumbilicus*, *Cyclicalolithus floridanus*, *Coccolithus formosus*, *Pontosphaera multipora*, *Syracosphaera pulchra* a *Rhabdosphaera sicca*. Autochtónne vrchnobádenské spoločenstvo je zastúpené druhmi: *Helicosphaera walbersdorfensis*, *H. wallichii*, *Braarudosphaera bigelowii parvula*, *Reticulofenestra haqii*, *R. pseudoumbilicus*, *Syracosphaera pulchra*, *Rhabdosphaera sicca* a *Umbilicosphaera rotula*. Na základe uvedených nanofosílií radíme študované asociácie do vrchného bádenú, do zóny NN6 *Discoaster exilis*. Charakteristickým znakom spoločenstiev boli hojné redepozity kriedového (*Arkhangelskiella cymbiformis*, *Micula staurophora*, *Watznaueria barnesae*) a paleogénneho (*Coccolithus formosus*, *Pontosphaera latelliptica*, *Reticulofenestra umbilicus*) veku. Za spodnomiocénne redepozity považujeme: *Helicosphaera ampliaperta*, *Sphenolithus heteromorphus*. Opis spoločenstiev získaných zo vzoriek profilu Dubová uvádzame v e-appx. 1. Hodnoty druhovej diverzity asociácií vápnných nanofosílií kolísali v rozmedzí od 0,597 vo vzorke DU10 do 0,893 vo vzorke DU21. Ekvitabilita bola najvyššia vo vzorke DU21 (obr. 7C). Pomery diverzít Shannon a Fisher  $\alpha$  (obr. 7C) poukazujú na koncentráciu vzoriek v dvoch skupinách A (4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 17, 18, 24) a B (2, 3, 9, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 25). Vzorky v skupinách sa okrem nižšej Fisher\_ $\alpha$  diverzity v skupine (B) odlišujú nižším obsahom taxónov *Coccolithus pelagicus* a *Reticulofenestra haqii* v skupine A. V klastri B je prevaha autochtónnych neogénnych druhov a priebežných druhov paleogénu a neogénu.

### Dierkavce

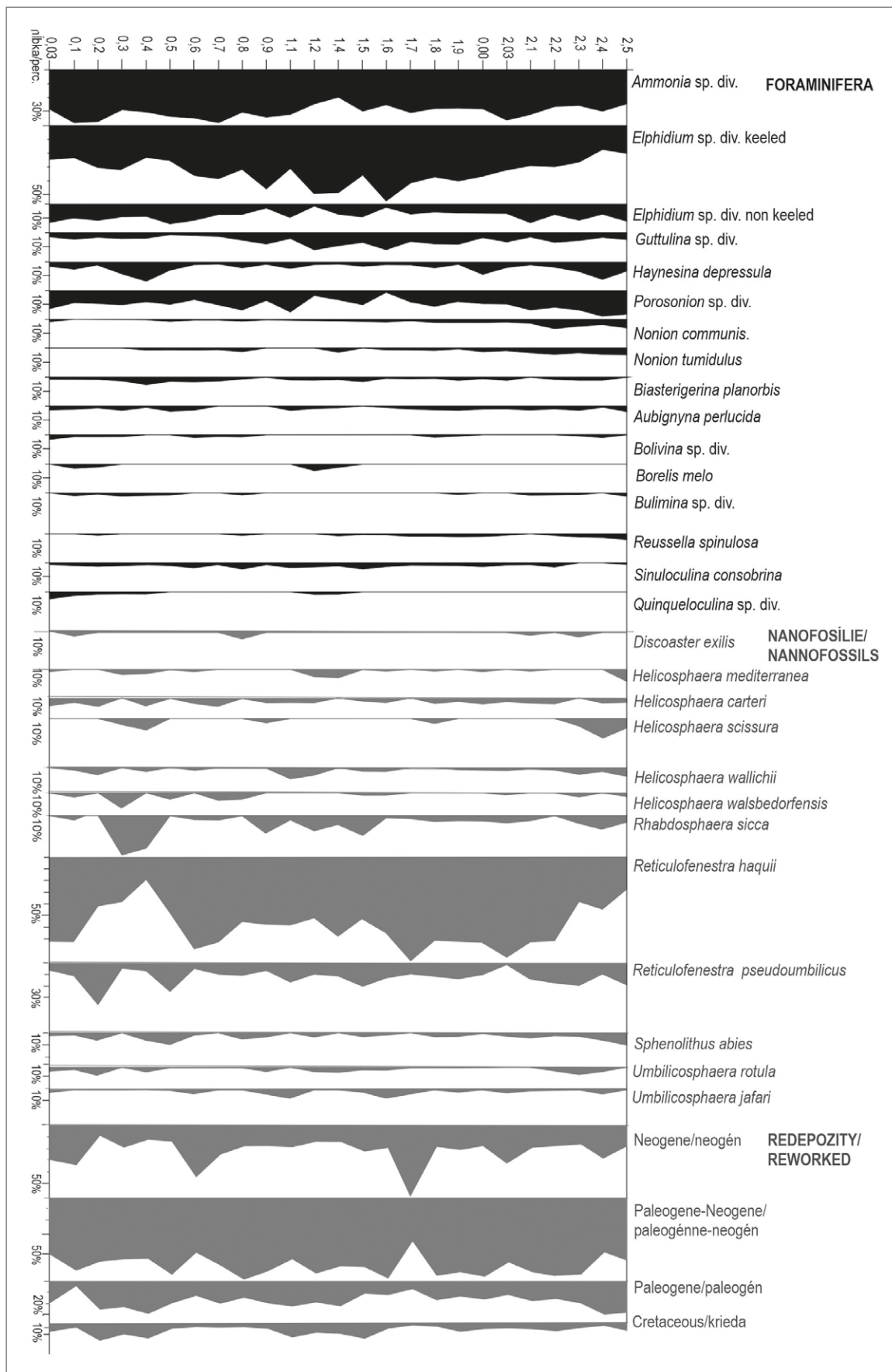
Vo vzorkách z profilu Db bolo určených 45 bentických a 13 planktonických taxónov dierkavcov (e-appx. 3). Bentických dierkavcov bolo v každej študovanej vzorke pomerne viac. Schránky boli dobre zachované, niekedy vyplnené pyritom alebo kalcitom. Najčastejšie sa vyskytovali zástupcovia rodu *Ammonia* (*A. convexa*, *A. inflata*, *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *A. vienensis*) a *Elphidium* (*E. gerthi*, *E. aculeatum*, *E. advenum*, *E. fichtellianum*, *E. cf. margaritaceum*, *E. crispum*, *E. glabrum*, *E. macellum*, *E. reussi*, *E. rugosum*), menej sa vyskytovali zástupcovia rodu *Porosonion* a *Biasterigerina*, akcesoricky sa vyskytovali zástupcovia rodu *Bulimina* a *Bolivina*



Obr. 4: Fotodokumentácia najčastejších dierkavcov zo vzoriek z profilu Dubová.

Fig. 4: Photo documentation of the most common foraminifera from samples from the Dubová profile.

1. *Elphidium crispum* (Linné), v. 0,03 m; 2, 3. *Elphidium crispum* (Linné), def., v. 0,1; 0,2 m; 4. *Elphidium margaritaceum* (Cushman), v. 0,2 m; 5. *Protelphidium* cf. *dolfussi*, v. 0,5 m; 6. *Elphidium reussi* Marks, v. 0,03 m; 7. *Elphidium macellum* (Fichtel a Moll), v. 0,5 m; 8. *Elphidium glabrum* Bystrická, v. 0,6 m; 9. *Elphidium aculeatum* (Orbigny), v. 0,5 m; 10. *Porosonion granosum* (Orbigny), v. 0,1 m; 11. *Nonion commune* (Orbigny), v. 2,1 m; 12. *Nonion depressulum* (Walker a Jacob), v. 1,2 m; 13, 14. *Elphidium* cf. *fichtelianum* (Orbigny), v. 1,1 m; 15. *Nonion bogdanowiczi* Voloshinova, v. 2,3 m; 16. *Porosonion hyalinum* (Bogdanowicz), v. 2,02; 17, 18. *Nonion biporus* Krasheninnikov, v. 1,4 m; 19. *Haynsina depressula* (Walker a Jacob), v. 0,03 m; 20, 21. *Ammonia tepida* (Cushman), a., p., v. 0,5 m; 22, 23. *Ammonia parkinsoniana* (Orbigny), a., p., v. 2,1 m; 24, 25. *Ammonia convexa* Collins, a., p., v. 0,2 m; 26, 27. *Ammonia vienensis* (Orbigny), a., p., v. 0,03 m; 28, 29. *Ammonia inflata* (Seguenza), a., p., v. 0,1 m; 30, 31. *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen a Earland), a., p., v. 0,03 m; 32, 33. *Schackoinella imperatoria* (Orbigny), p., a., v. 0,6 m; 34. *Guttulica austriaca* Orbigny, v. 0,2 m; 35. *Globulina gibba* Deshayes, v. 0,8 m; 36. *Glandulina ovula* Orbigny, v. 0,7 m.



Obr. 5: Percentuálne zastúpenie najčastejšie sa vyskytujúcich dierkavcov a nanofosílií (nad 3 %), ako aj percentuálne zastúpenie redepozitov v asociácii nanofosílií.

Fig. 5: Percentage representation of the most commonly occurring foraminifera and nannofossils (above 3 %), along with the percentage of redeposited material in the nannofossil assemblage.

a ďalšie (obr. 4; e-appx. 1, 3). V dvoch hĺbkových úrovniach (1,4–1,2 m a 0,1 m) sa vyskytovali zástupcovia druhu *Borelis melo* spolu so zástupcami rodu *Quinqueloculina*. Kýľové elfídiá prevažovali nad elfídiami nekýľovými, hlavne v intervale od 1,8 do 0,8 m, v niektorých vzorkách dosiahli až 50 % spoločnosť benthických dierkavcov (obr. 6). Hodnota diverzity Shannon\_H (obr. 7B) v asociáciách dierkavcov sa pohybovala v intervale od 2,2 do 3,15; najnižšia bola vo vzorke 1,9 a 0,6 m (2,106; 2,309); najvyššia bola vo vzorke 0,4 a 2,5 m (2,979; 3,069).

Výsledky odhadu hĺbky sedimentačného prostredia podľa asociácie dierkavcov boli spočítané na základe hodnoty pomeru planktonických a benthických dierkavcov (P/B; Murray 1991). Vzorky pochádzajú z prostredia vnútorného šelfu, nakoľko ani v jednej vzorke nepresiahli hodnotu 20 % obsahu planktonických foriem. Výpočet hĺbky s použitím vzorca upraveného van der Zwaanom a kolektívom v práci z roku (1990) udáva najvyššiu hĺbku, približne 70 m (vo vzorke 0,4 m), ďalšie hodnoty kolíšu od 36 po 60 m vo vzorkách až do 1,2 m a ďalej sa hodnoty pohybujú v rámci 36 až 40 m až do vrchnej časti profilu (obr. 7A). Odhad hĺbky na základe koexistenčného prístupu benthických dierkavcov (obr. 7A) ukazuje vypočítané pravdepodobné hodnoty hĺbky prostredia v rozmedzí od (22 do 28 m – stredná hodnota, maximálna hodnota od 38–46 m, minimálna 5–11 m).

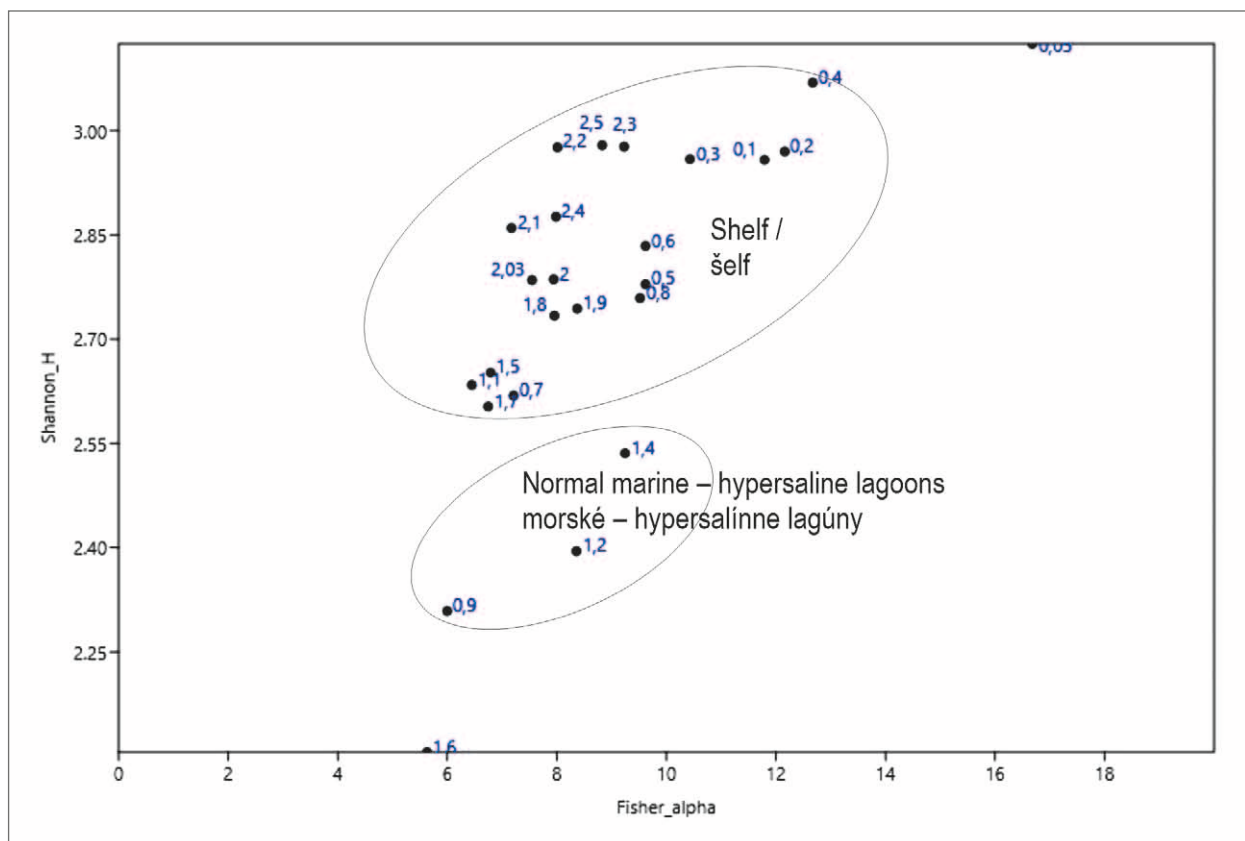
### Koraly

Z vrstiev jemných piesčitých ílov profilu Db bolo vyzbieraných 276 exemplárov kolóniových koralov (obr. 8),

najčastejšie boli exempláre troch druhov hermatypických koralov, ktoré patria do čeľadí Faviidae, Siderastraeidae a Poritidae. Fosilný materiál obsahuje prevažne zvyšky kolónií koralov, neporušené a dobre zachované kolónie boli zriedkavé. Najvyššiu abundanciu dosiahol dominantný faviidny druh *Plesiastraea (Palaeoplesiastraea) desmoulini* (256 exemplárov). Ďalšie dva druhy sa vyskytujú vzácné, z kumulovaných veľkoobjemových vzoriek bolo získaných 8 exemplárov *Siderastraea italica* a 12 exemplárov *Porites vindobonorum prima*. Najväčší exemplár nájdený na lokalite (priemer 161 mm) patrí *P. desmoulini*. Rastové formy koralových kolónií sú masívne a submasívne, alebo sa vyskytujú hrubé inkrustácie nepravidelného tvaru. V niektorých fragmentoch a kolóniách koralov boli identifikované početné stopy bioerózie spôsobenej vrtačnými organizmami. Boli pozorované stopy po činnosti lastúrníkov *Lithophaga* a *Gastrochaena*, mnohoštetinavcov *Polydora* a hubky *Cliona*.

### Mäkkýše

Najvýraznejším elementom boli fosilie druhu *Crasostrea gryphoides* (obr. 8). Nájdené boli väčšinou fragmenty a poškodené schránky veľkých dospelých jedincov. V sedimente sa schránky ustríc zachovali celistvo, väčšina schránok bola pôvodne pomerne dobre zachovaná, niektoré lastúry boli v dôsledku fosilizácie popraskané. K ich poškodeniu a rozlámaniu došlo počas výkopových prác. Na nálezisku sa však zriedkavo nachádzali aj celé a dobre zachované lastúry, ktoré patrili skôr menším mladým jedincom. Masívne a hrubostenné lastúry majú väčšinou

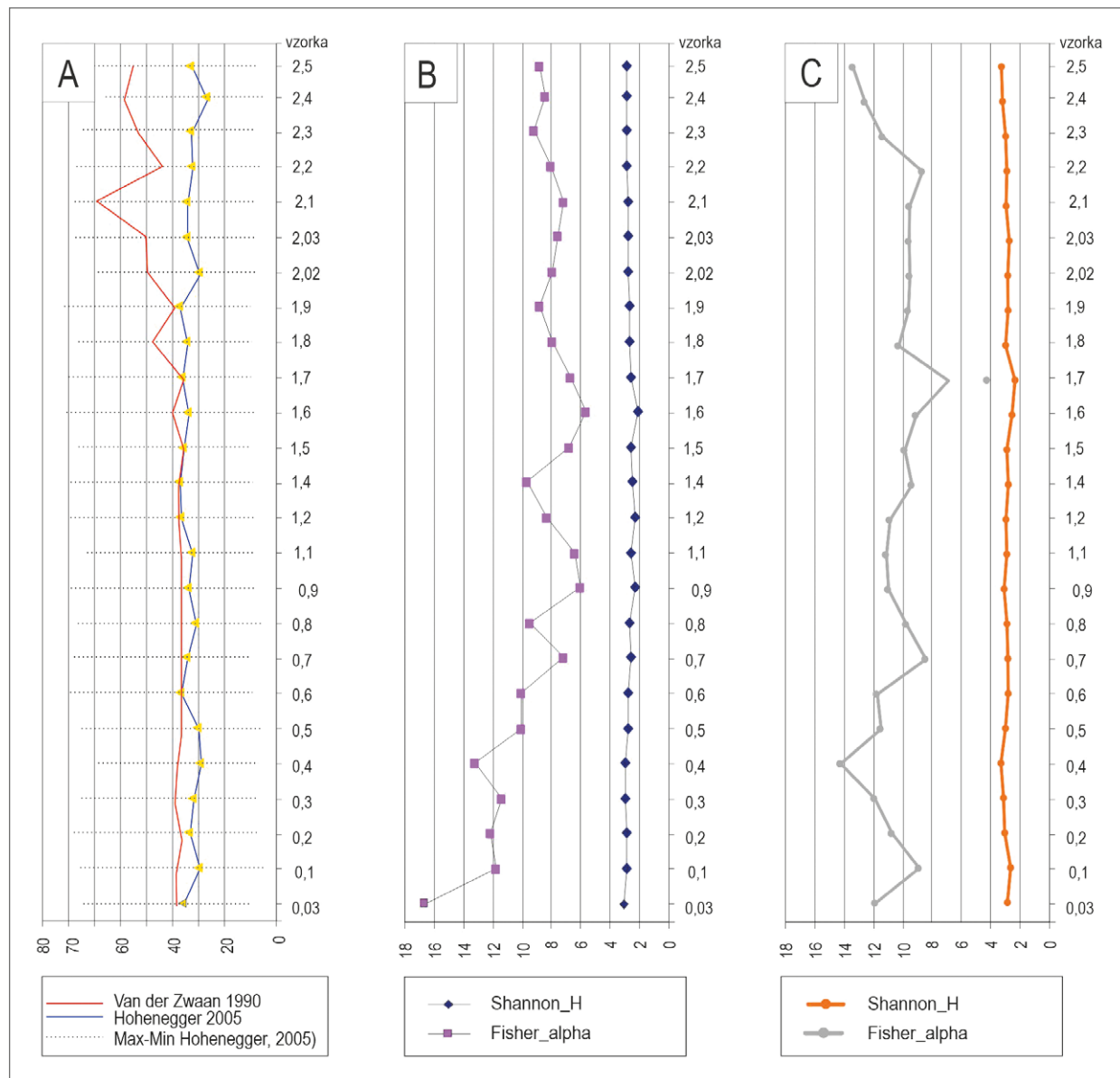


Obr. 6: Porovnanie druhovej diverzity, vypočítanej podľa vzorcov Shannon\_H a Fisher\_alpha (Murray 1991).

Fig. 6: Comparison of species diversity values calculated according to Shannon\_H and Fisher\_alpha formulas (Murray 1991).

charakteristický predĺžený tvar, sú mierne, alebo i silno zahnuté, v ojedinelých prípadoch majú rovný podlhovastý tvar. Vyskytli sa aj formy kratšie, zavalitejšie a klenutejšie. Povrch lastúr je nerovný, zdobený nepravidelnými jemnými, alebo výraznejšími prúžkovými líniami. Veľmi nápadná je hlavne samotná veľkosť schránok, ktoré dorastali do značných rozmerov (maximálne nájdený jedinec

40 cm). Na lokalite sa väčšinou nachádzali poškodené schránky, alebo ich fragmenty s dĺžkou približne od 10 až do 30 cm, takže celé veľké nepoškodené schránky dospelých exemplárov museli dosahovať dĺžku až nad 5 desiatok centimetrov. Okrem machoviek, serpulidných červov a kolóniových koralov druhu *Siderastraea italica* boli na ich schránkach nájdené pripevnené ustrice druhu



Obr. 7: Porovnanie diverzít asociácií mikrofosílií a porovnanie odhadu hĺbky na základ rôzneho prístupu k výpočtu. A – Porovnanie odhadnutej hĺbky sedimentačného priestoru na základe prístupu porovnania obsahu planktonických a bentických dierkavcov (výpočet podľa Van der Zwaan 1990) a na základe koexistencie bentických dierkavcov (Hohenegger 2005; Kranner et al. 2022); B – Porovnanie hodnoty diverzity asociácie dierkavcov podľa vzorca Shannon\_H (ktorý hodnotí rovnomernosť výskytu druhov) a Fisher\_alpha indexu (ktorý hodnotí druhovú diverzitu vo vzťahu k abundancii asociácie); C – Porovnanie hodnoty diverzity asociácie vápnitých nannofosílií podľa vzorca Shannon\_H (ktorý hodnotí rovnomernosť výskytu druhov) a Fisher\_alpha indexu (ktorý hodnotí druhovú diverzitu vo vzťahu k abundancii asociácie).

Fig. 7: Comparison of diversity of microfossil associations and comparison of paleowater depth estimation based on different approach to calculation. A – Comparison of the estimated depth of the sedimentation space based on the approach of comparing the content of planktonic and benthic foraminifera (calculation according to Van der Zwaan 1990) and based on the coexistence of benthic foraminifera (Hohenegger 2005; Kranner et al. 2022); B – Comparison of the value of the diversity of the burrowing association according to the Shannon\_H formula (which evaluates the evenness of the occurrence of species) and the Fisher\_alpha index (which evaluates the species diversity in relation to the abundance of the association); C – Comparison of the value of the diversity of the association of calcareous nannofossils according to the Shannon\_H formula (which evaluates the uniformity of species occurrence) and the Fisher\_alpha index (which evaluates the species diversity in relation to the abundance of the association).

*Ostrea digitalina*, ako aj schránky jedincov vlastného druhu *Crassostrea gryphoides*. Povrch a vnútro lastúr boli tiež často obývané rôznymi vrstvami organizmami, ktoré na schránkach ustríc zanechali množstvo bioerozívnych stôp. Okrem ustríc boli v asociácii lastúrníkov zastúpené najmä druhy *Anadara fichteli*, *Anomia ephippium*, *Acanthocardia turonica* a *Microroripes dentatus*. V spoločenstve ulitníkov sa najhojnejšie vyskytovali taxóny *Vitta tuberculata*, *Sandbergeria perpusilla*, *Bittium cf. reticulatum*, *Pithocerithium turonicum*, *Archimediella carpathica* a *Sphaeronassa dujardini* (obr. 8).

### Machovky

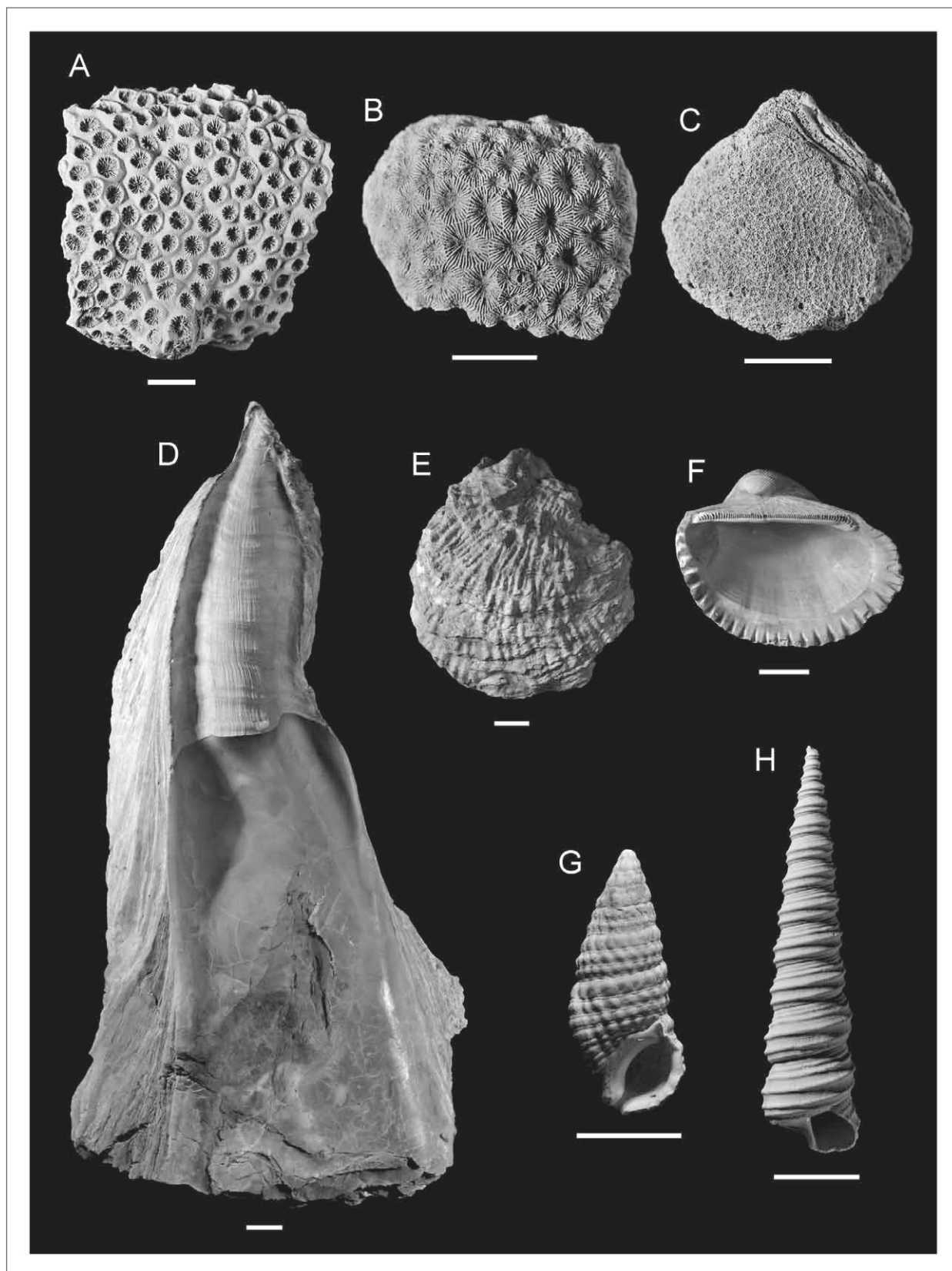
Asociácia machoviek nebola veľmi diverzifikovaná, zo vzoriek bolo určených iba päť taxónov, z ktorých 3 ostali v otvorenej nomenklatúre (e-appx. 4). Asociácii machoviek dominovali kolónie cupulariid, ktoré na základe ich zlého zachovania nebolo možné určiť do druhu. Z častejších zástupcov prevažovali zástupcovia rodu *Cupuladria* nad jedincami a druhmi rodu *Reusirella*. Ostatné druhy sa vyskytovali veľmi vzácne. Okrem machoviek sa vo všetkých vzorkách bohatých na machovky vyskytovali schránky mäkkýšov *Vitta* a *Pustulosia* a fragmenty veľkých ustríc.

### Interpretácia paleoprostredia

Cieľom štúdia sedimentov na profile Dubová b (obr. 2) bolo overenie veku a interpretácia paleoprostredia vystupujúcich sedimentov prostredníctvom integrovaného štúdia makro, mikrofauny a nanoflóry. Spoločenstvo vápnatých nanofosílií určených na profile Dubová možno priradiť k zóne NN6 *Discoaster exilis*, ktorú korelujeme s vrchným bádénom (spodným seravalom). Vek určený na základe vápnatých nanofosílií súhlasí s datovaním veku podľa spoločenstiev dierkavcov s výskytom lokálnych indexových druhov *Bolivina maxima* a *Schackoinella imperatoria*, indikujúcich vrchnobádenskú biozónu *Ammonia viennensis*, ktorá je laterálnym ekvivalentom výraznejšej bulimíno-bolivínovej zóny (Cicha et al. 1998). Vrchnobádenský vek sedimentov potvrdzuje aj výskyt ulitníka *Vitta tuberculata* (Harzhauser et al. 2018).

Spoločenstvo autochtónnych, vrchnobádenských druhov nanofosílií ako *Helicosphaera walbersdorfensis*, *H. wallichii*, *Braarudosphaera bigelowii parvula*, *Reticulofenestra haqii*, *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, *Syracosphaera pulchra*, *Rhabdosphaera sicca* a *Umbilicosphaera rotula* poukazuje sedimentáciu v typických podmienkach vodného stĺpca blízko pobrežia. Potvrdzuje to chýbanie diskoasterov, typických pre šíromorské prostredie. Vysoká abundancia redepozitov kriedového a paleogénneho veku umožňuje uvažovať o terestrických, riečnych prínosoch paleo-Váhu. Planktonické dierkavce sa v asociácii vyskytujú vzácne, zastúpené sú hlavne druhy rodu *Globigerina*, ktoré sú chladnomilné a obývajú vrchnú časť vodného stĺpca (Kiss et al. 2023; Majewski 2010; Spezzaferri 1994) a *Turborotalita quinqueloba* typická pre vysoko-produktívne prostredie (Penaud et al. 2011; Giraudeau 1993). Asociácia dierkavcov poukazuje na plytkovodné, dobre presvetlené okrajové morské prostredia,

kde sa menila salinita a dynamika vodného prostredia. Hĺbka bola odhadnutá približne na 30 m (obr. 7A) a zmena diverzifikovanej asociácie (obr. 3, 7B; e-appx. 3) na asociáciu s prevahou druhov tolerujúcich nízku salinitu (*Elphidium crispum*, *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *A. inflata*) umožňuje predpoklad o prítoku sladkej vody, čo dokazuje aj zvýšená prítomnosť terestrického materiálu vo výplavoch (šišky a zvyšky rastlín). Redepozity vápnatých nanofosílií (*Pontosphaera latelliptica* od 0,28 do 5,28 %), ktoré indikujú oligocénny vek zdrojových hornín spolu s ojedinelými výskytmi *P. latoculata* a *R. lockeri*, môžu podporiť úvahu o Myjavskej pahorkatine ako znosovej oblasti, nakoľko v spoločenstvách nanofosílií boli určené aj nanofosílie kriedového a eocénneho veku, hoci ich obsah v profile zodpovedá rôznym úrovniam, čo by svedčilo o zmene toku (obr. 5). V profile Dubová b nebola identifikovaná sarmatská nanoflóra, a ani dierkavce tohto veku, stratigrafické zaradenie je stanovené ako vrchný bádén. Profil Ds (Dubová-skládka in: Fordinál et al. 2006), vzdialený od profilu Dubová približne 1 500 m, reprezentuje neskôr uložené sedimenty vrábeľského súvrstvia spodnosarmatského veku. Fordinál et al. (2006) opísali z tejto oblasti mäkkýše, dierkavce, lastúrníčky, machovky ako aj vápnaté cysty rias, dokazujúce normálne morské prostredie depozície spodnosarmatských sedimentov v tejto časti Centrálnaj Paratetýdy. Na rozdiel od nami študovaného profilu Db, napriek normálnej salinite preukázanej asociáciou fosílií na profile Ds (Fordinál et al. 2006), sa nevyskytli fosílie koralov. Obsah fosílií hermatypických koralov na študovanej lokalite Db, ktoré pochádzajú z jemných, ílovitých a piesčitých vrstiev z profilu, dokazuje plytkovodný morský biotop pri pobreží Malých Karpát počas vrchného bádenu, podobne ako je na z. svahoch Malých Karpát, kde však boli častejšie prítomné litotamniové vápence (Jamrich et al. 2024). Kolónie koralov voľne ležiace na nestabilnom piesčito-hlinitom substráte vytvorili malé koralové útesy, v ktorých sa častejšie nachádzali miliolidné dierkavce (*Quinqueloculina*, *Sinuloculina*) a zástupca veľkej bentickej fauny dierkavcov so symbiontami *Borelis melo*. Niektoré koralové útesy sa usadili na iných koralových a ustricových kolóniách, a na úlomkoch lastúr mäkkýšov. Napriek väčšinovým nárokom koralov na oligotrofné a priezračné podmienky Chaix a Saint Martin (2008) dokazujú, že hojnosť *P. desmoulini* v slienitých sedimentoch Paratetýdy naznačuje jeho schopnosť prispôbiť sa zakaleným prostrediam. Roniewicz a Stolarski (1991) považovali rody *Plesiastraea*, *Siderastraea* a *Porites* za najodolnejšie voči nepriaznivým podmienkam prostredia, podobné tým, ktoré sú na profile Db dokumentované faunou dierkavcov. Dominancia sesilných lastúrníkov rodov *Crassostrea*, *Ostrea* a *Anomia* naznačuje dobre prúdiacu vodu bohatú na živiny a vysokú hydrodynamiku prostredia v zónach intertidálu a infralitorálu. Prostredie intertidálu a estuárií je dokumentované v strednej časti profilu masovým výskytom druhu *Crassostrea gryphoides*, ktorý je adaptovaný na jemné, mäkké dno v plytkovodných morských paleoprostrediach charakterizovaných miernou až vysokou hydrodynamikou, kde má hromadné výskyty (Harzhauser et al.



Obr. 8: Najčastejšie sa vyskytujúce fosílie makrofauny (koraly, mäkkýše), Dubová-stavenisko, vrchný bádén. A: *Plesiastraea* (*Palaeoplesiastraea*) *desmoulini* Milne-Edwards & Haime, 1851; B: *Siderastraea italica* (Defrance, 1826); C: *Porites vindobonarum prima* Kühn, 1925; D: *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813); E: *Ostrea digitalina* (Eichwald, 1830); F: *Anadara fichteli* (Deshayes, 1852); G: *Pithocerithium turonicum* (Mayer, 1878); H: *Archimediella carpathica* Harzhauser & Landau, 2019; Mierka = 1 cm.  
 Fig. 8: The most frequently occurring macrofauna fossils (corals, molluscs), Dubová-stavenisko, Upper Badenian. A: *Plesiastraea* (*Palaeoplesiastraea*) *desmoulini* Milne-Edwards & Haime, 1851; B: *Siderastraea italica* (Defrance, 1826); C: *Porites vindobonarum prima* Kühn, 1925; D: *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813); E: *Ostrea digitalina* (Eichwald, 1830); F: *Anadara fichteli* (Deshayes, 1852); G: *Pithocerithium turonicum* (Mayer, 1878); H: *Archimediella carpathica* Harzhauser & Landau, 2019; Scale bar = 1 cm.

2016; El-Sabbagh a El Hedeny 2016). Vysoká abundancia chemosymbiotického lastúrnika *Microroripes* poukazuje na eutrofiu a hypoxiu v substráte a koreňovom systéme morských tráv (Taylor a Glover 2000; Holcová et al. 2019). V spoločenstve ulitníkov dominovali *Archimediella carpathica* a zástupcovia čeľade Cerithiidae. Ako uvádzajú Harzhauser et al. (2018) a tiež Harzhauser a Landau (2019), druh *A. carpathica* uprednostňoval plytkovodné morské, vnútorné neritické a lagúnové paleoprostredia čiastočne s morskou trávou; druh sa hojne vyskytoval aj v plytkovodných morských a pobrežných prostrediach s koralovými patch rífmami (Kovács a Vicián 2021). Bežne sa vyskytujúce ulitníky čeľade Cerithiidae tiež poukazujú na prítomnosť morských tráv a plytkovodné podmienky (Reich et al. 2015). Prítomnosť ulitníkov *Vitta*, *Pustulosia*, *Bittium* a *Pithocerithium* spolu s lastúrnikmi rodov *Congeria*, *Donax* a *Ervilia* môže indikovať zníženú salinitu vody.

Ekologickým faktorom vplyvujúcim na diverzitu fosílií a zmenu asociácií bol pravdepodobne obsah živín, prítomná fytoceenóza a dynamika vodného prostredia. Na základe dominancie euryhalínnych druhov a absencie normálne morských druhov smerom do nadložia dokumentujeme zmenu salinity od normálne morskej až po hyposalinnú.

#### Záver

- Analýza spoločenstiev vápňitých nanofosílií a dierkavcov z profilu Dubová v rámci monitorovania hranice bádén/sarmat určila spoločenstvo vápňitých nanofosílií vrchnobádenského (spodnosaravalského) veku, zóny NN6 *Discoaster exilis* a zónu *Ammonia beccarii* ako ekvivalent zóny *Bulimina-Bolivina*.
- Interpretácia paleoprostredia podľa autochtónnych vrchnobádenských druhov mikro a makro organizmov poukazuje na príbrežné prostredie vonkajšieho šelfu porasteneho morskou trávou, alebo s obsahom koralových patch rífov, hlboké približne 30 m

s normálnou salinitou. Salinita sa znižovala smerom do nadložia.

- Vysoká abundancia redepozitov kriedového a paleogénneho veku umožňuje uvažovať o terestrických, riečnych prínosoch paleo-Váhu. Ako o znosovej oblasti možno uvažovať o Myjavskej pahorkatine, nakoľko v spoločenstvách nanofosílií boli určené nanofosílie kriedového až oligocénneho veku.

#### Podakovanie

Tento príspevok by nemohol vzniknúť bez spolupráce s RNDr. M. Hornáčkom, ktorý nám predstavil lokalitu a zapožičal študijné materiály. Autori ďakujú za komentáre a hodnotnú diskusiu doc. RNDr. Š. Hladilovej, CSc., a RNDr. K. Fordinálovi, Ph.D. Tiež sa chceme poďakovať agentúram Agentúra na podporu výskumu a vývoja, Vedecká grantová agentúra MŠVVaM SR a SAV a Kultúrna a edukačná grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky, ktoré prostredníctvom financovania grantov APVV 22-0523, APVV-20-0079, VEGA 2/0012/24 a KEGA 051UK-4/2023 umožnili terénne práce a spracovanie materiálu a jeho prezentáciu.

#### Elektronická príloha (electronic attachment):

e-appx. 1: Opis sedimentu zo vzoriek z profilu Dubová, opis výplavu a opis asociácie vápňitých nanofosílií.

e-appx. 1: Description of the sediment from the Dubová profile samples, description of the washing residuum and description of the calcareous nannofossils association.

e-appx. 2: Výskyt nanofosílií zo vzoriek z profilu Dubová.  
e-appx. 2: List of calcareous nannofossils of the Dubová profile samples.

e-appx. 3: Výskyt dierkavcov zo vzoriek z profilu Dubová.  
e-appx. 3: List of Foraminifera of the Dubová profile samples.

e-appx. 4: Výskyt machoviek vo vzorkách profilu Dubová.  
Supplement no. 4 – List of Bryozoa of the Dubová profile samples.

#### Literatura

- Cicha, I. (1957). Zpráva o mikrobiostatigrafických výzkumech neogénu na západním a východním upatí Malých Karpát. – In: Buday, T. (ed.): Zpráva o přehledném výzkumu neogenu pro generální mapu ČSR. Listy Žilina, Bratislava, Česká Třebová. MS, Archiv Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Bratislava.
- Cicha, I., Rögl, F., Rupp, C., Čtyrkoká, J. (1998). Oligocene-Miocene foraminifera of the central Paratethys. – *Abhandlungen Der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 549, 1–325.
- El-Sabbagh, A. M., El Hedeny, M. M. (2016). A shell concentration of the Middle Miocene *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) from Siwa Oasis, Western Desert. – *Journal of African Earth Sciences*. 120, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.04.007>
- Fordinál, K. (1993a). Genus *Melanopsis* (Gastropoda) in Upper Miocene sediments in the Bratislava area. – *Západné Karpaty, Séria Paleontológia*. Bratislava, 17, 57–69.
- Fordinál, K. (1993b). Representatives of genus *Parvidacna* (Bivalvia) in Pannonian sediments of the Bratislava area. – *Západné Karpaty, Séria Paleontológia*. Bratislava, 17, 71–79.
- Fordinál, K. (1995). Bivalvia (Dreissenidae, Cardiidae) from Upper Miocene Sediments in Bratislava. – *Geologické práce, Správy*. Bratislava, 100, 27–36.
- Fordinál, K., Tuba, L. (1992). Biostratigrafické a paleoekologické vyhodnotenie sedimentov územia centrálnej časti Bratislavy. – *Geologické práce, Správy*. Bratislava, 96, 63–68.
- Fordinál, K., Mataniová, D., Tuba, L. (1990). Ekostratigrafia vrchného miocénu a pliocénu Bratislavy. – MS, Archiv Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Bratislava.

- Fordinál, K., Maglay, J., Elečko, M., Nagy, A., Moravcová, M., Vlačíky, M., Kohút, M., Németh, Z., Bezák, V., Polák, M., Plašienka, D., Olšovský, M., Buček, S., Havrila, M., Hók, J., Pešková, I., Kucharič, L., Kubeš, P., Malík, P., Baláz, P., Liščák, P., Madarás, J., Šefčík, P., Baráth, I., Boorová, D., Uher, P., Zlinská, A., Žecová, K. (2012). Vysvetlivky ku geologickej mape Záhorskej nížiny 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7–232.
- Fordinál, K., Zágóršek, K., Zlinská, A. (2006). Early Sarmatian biota in the northern part of the Danube Basin (Slovakia). – *Geologica Carpathica*, 57, 2, 123–130.
- Giraudeau, J. (1993). Planktonic foraminiferal assemblages in surface sediments from the southwest African continental margin. – *Marine Geology*, 110, 1–2, 47–62. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(93\)90104-4](https://doi.org/10.1016/0025-3227(93)90104-4)
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001). PAST. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – *Palaeontologia Electronica* 4, 1, 9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Harzhauser, M., Djuricic, A., Mandic, O., Neubauer, T. A., Zuschin, M., Pfeifer, N. (2016). Age structure, carbonate production and shell loss rate in an Early Miocene reef of the giant oyster *Crassostrea gryphoides*. – *Biogeosciences*. 13, 4, 1223–1235. <https://doi.org/10.5194/bg-13-1223-2016>
- Harzhauser, M., Grunert, P., Mandic, O., Lukeneder, P., García Gallardo, Á., Neubauer, T. A., Carnevale, G., Landau, B. M., Sauer, R., Strauss, P. (2018). Middle and Late Badenian palaeoenvironments in the northern Vienna Basin and their potential link to the Badenian Salinity Crisis. – *Geologica Carpathica*, 69, 129–168. <https://doi.org/10.1515/geoca-2018-0009>
- Harzhauser, M., Landau, B. (2019). Turritellidae (Gastropoda) of the Miocene Paratethys Sea with considerations about turritellid genera. – *Zootaxa*, 4681, 1, 1–136. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4681.1.1>
- Hladilová, Š., Fordinál, K. (2013). Upper Badenian Molluscs (Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda) from the Modra-Kráľova locality (Danube Basin, Slovakia). – *Mineralia Slovaca*, 45, 35–44, web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086.
- Hohenegger, J. (2005). Estimation of environmental paleogradient values based on presence/absence data: a case study using benthic foraminifera for paleodepth estimation. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 217, 115–130. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.11.020>
- Hók, J., Kováč, M., Pelech, O., Pešková, I., Vojtko, R., Králiková, S. (2016). The Alpine tectonic evolution of the Danube Basin and its northern periphery (southwestern Slovakia). – *Geologica Carpathica*, 67, 5, 495–505. <https://doi.org/geoca-2016-0031>
- Holcová, K., Dašková, J., Fordinál, K., Hrabovský, J., Milovský, R., Scheiner, F., Vacek, F. (2019). A series of ecostratigraphic events across the Langhian/Serravallian boundary in an epicontinental setting: the northern Pannonian Basin. – *Facies* 65, 36. <https://doi.org/10.1007/s10347-019-0576-1>
- Hudáčková, N., Hudáček, J. (2004). Databáza fosilií-technické spracovanie. – *Mineralia Slovaca Geovestník*, 36, 2, 24.
- Hudáčková, N., Holcová, K., Halášová, K., Kováčová, M., Doláková, N., Trubač, J., Rybár, S., Ruman, A., Stárek, D., Šujan, M., Jamrich, M., Kováč, M. (2020). The Pannonian Basin System northern margin paleogeography, climate, and depositional environments in the time range during MMCT (Central Paratethys, Novohrad-Nógrád Basin, Slovakia). – *Palaeontologia Electronica*, 23, 3, a50. <https://doi.org/10.26879/1067>
- Chaix, C., Saint Martin, J. P. (2008). Les faunes de sclérectiniaires hermatypiques dans les plates-formes carbonatées méditerranéennes au Miocène supérieur. – *Geodiversitas*, 30, 1, 181–209.
- Jamrich, M., Rybár, S., Ruman, A., Kováčová, M., Hudáčková, N. (2024). Biostratigraphy and paleoecology of the upper Badenian carbonate and siliciclastic nearshore facies in the Vienna Basin (Slovakia). – *Facies*, 70, 5. <https://doi.org/10.1007/s10347-023-00679-2>
- Kiss, P., Hudáčková, N., Titschack, J., Siccha, M., Heřmanová, Z., Silye, L., Ruman, A., Rybár, S., Kučera, M. (2023). Convergent evolution of spherical shells in Miocene planktonic foraminifera documents the parallel emergence of a complex character in response to environmental forcing. – *Paleobiology*, 1–17. <https://doi.org/10.1017/pab.2022.48>
- Kováč, M., Rybár, S., Halášová, E., Hudáčková, N., Šarinová, K., Šujan, M., Baranyi, V., Kováčová, M., Ruman, A., Klučiar, T., Zlinská, A. (2018). Changes in Cenozoic depositional environment and sediment provenance in the Danube Basin. – *Basin Research*, 30, 97–131. <https://doi.org/10.1111/bre.12244>
- Kováč, M. (2000). Geodynamický, paleogeografický a štruktúrny vývoj karpatsko-panónskeho regiónu v miocéne: Nový pohľad na neogénne panvy Slovenska. – *Veda*. Bratislava. 202 s.
- Kovács, Z., Vicián, Z. (2021). New Cancellariidae (Neogastropoda) assemblages from the Middle Miocene of Hungary with description of a new species. – *Central European Geology*, 64, 2, 59–73. <https://doi.org/10.1556/24.2020.00006>
- Kranner, M., Harzhauser, M., Beer, C., Auer, G., Piller, W. E. (2022). Calculating dissolved marine oxygen values based on an enhanced Benthic Foraminifera Oxygen Index. – *Scientific Reports*, 12, 1376. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05295-8>
- Loeblich, A. R., Tappan, H. (1992). Present status of foraminiferal classification. – In: Takayanagi, Y. and Saito, T. (eds). *Studies in Benthic Foraminifera*. – Proceedings of the Fourth Symposium on Benthic Foraminifera, 93–102, Sendai, Tokai University Press.
- Majewski, W. (2010). Planktonic Foraminiferal Response to Middle Miocene Cooling in the Southern Ocean (ODP Site 747, Kerguelen Plateau). – *Acta Palaeontologica Polonica*. 55, 3, 541–560. <http://dx.doi.org/10.4202/app.2009.0088>
- Murray, J. W. (1991). *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Logman Scientific & Technical, London, 1–397.
- Nováková, P., Rybár, S., Šarinová, K., Nagy, A., Hudáčková, N., Jamrich, M., Teodoridis, V., Kováčová, M., Šujan, M., Vlček, T., Kováč, M. (2020). The late Badenian–Sarmatian (Serravallian) environmental transition calibrated by sequence stratigraphy (Eastern Danube Basin, Central Paratethys). – *Geologica Carpathica*, 71, 4, 291–313. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.71.4.1>
- Penaud, A., Eynaud, F., Voelker, A. H. L., Marret, F., Turon, J. L., Rossignol, L., Blamart, D., Mulder, T. (2011). Hydrological processes affecting the subtropical NE Atlantic Hydrological processes affecting the subtropical NE Atlantic (34–38 °N) over the last 30 ka: evidence from phyto-and zooplankton assemblages Hydrological processes affecting the subtropical NE Atlantic. – *Biogeosciences Discussions*. 8, 1–47. <https://doi.org/10.5194/bgd-8-1-2011>

- Pokorný, V. (1946). K mikrobiostratigrafii neogénu pannonské pánve v okolí Ivánky na Slovensku. – Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky, 21, 262–273.
- Reich, S., Di Martino, E., Todd, J. A., Wesselingh, F. P., Renema, W. (2015). Indirect paleo-seagrass indicators (IPSIs): A review. – *Earth-Science Reviews*, 143, 161–186. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.01.009>
- Roniewicz, E., Stolarski, J. (1991). Miocene Scleractinia from Holy Cross Mountains, Poland; Part 2. Archeocoeniid - astraeid - fungiid fauna. – *Acta Geologica Polonica*. 41, 69–83.
- Ruman, A., Hudáčková, N. (2015). Middle Miocene chitons (Polyplacophora) from the Slovak part of the Vienna Basin and the Danube Basin (Central Paratethys). – *Acta Geologica Slovaca*, 7, 2, 155–173.
- Rybár, S., Šujan, M., Kováč, M., 2013: Middle Miocene sedimentary facies and depositional environments of Blatné depression. – *Mineralia Slovaca*, 45, 4, 15–16.
- Rybár, S., Šarinová, K., Halásová, E., Hudáčková, N., Zlinská, A., Kováč, M., Šujan, M. 2014: Biostratigraphy, sedimentology and paleoenvironment of the Middle Miocene Želiezovce depression of the Danube Basin Environmental, Sedimentary & Structural Evolution of the Western Carpathians: 9th ESSEWECA conference. – Bratislava: Geophysical Institute, Slovak Academy of Sciences, 2014. - ISBN 978-80-85754-31-5. - S. 54-55
- Rybár, S., Halásová, E., Hudáčková, N., Kováč, M., Kováčová, M., Šarinová, K., Šujan, M. (2015). Biostratigraphy, sedimentology and paleoenvironments of the northern Danube Basin: Ratkovce 1 well case study. – *Geologica Carpathica*, 66, 1, 51–67. <https://doi.org/10.1515/geoca-2015-0010>
- Rybár, S., Kováč, M., Šarinová, K., Halásová, E., Hudáčková, N., Šujan, M., Kováčová, M., Ruman, A., Klučiar, T. (2016). Neogene changes in palaeogeography, palaeoenvironment and the provenance of sediment in the Northern Danube Basin. – *Bulletin of Geosciences*, 91, 2, 367–398. <https://doi.org/10.3140/bull.geosci.1571>
- Rybár, S., Šarinová, K., Jourdan, F., Mayers, C., Sliva, L. (2024). Middle Miocene volcanic flare-up preceding and synchronous with the Langhian/Serravallian sea-level decline in the North Pannonian Basin: Insights from 40Ar/39Ar dating, geo-seismic analysis, and 3D visualization of the subterranean Kráľová stratovolcano. – *Basin Research*, 36. <https://doi.org/10.1111/bre.12844>
- Slavíková, K. (1954). Mikrostratigrafie pannonské pánve. Mikro-biostratigrafie západní části Malodunajské nížiny (hlubinná vrtba Báhoň). – MS, Archív Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Bratislava.
- Spezzaferri, S. (1994). Foraminiferal paleoecology and biostratigraphy of the Grund Formation (Molasse Basin, Lower Austria). – *Geologica Carpathica*, 55, 2, 155–164.
- Spezzaferri, S., Rögl, F., Coric, S., Hohenegger, J. (2004). Paleoenvironmental changes and agglutinated foraminifera across the Karpatian/Badenian (early/middle Miocene) boundary in the Styrian Basin (Austria, Central Paratethys). – In: Bubík, M. a Kaminski, M. A. (eds). *Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*, Grzybowski Foundation Special Publications, 8, 423–459.
- Šarinová, K., Rybár, S., Halásová, E., Hudáčková, N., Jamrich, M., Kováčová, M., Šujan, M. (2018). Integrated biostratigraphical, sedimentological and provenance analyses with implications lithostratigraphic ranking: the Miocene Komjatice Depression of the Danube Basin. – *Geologica Carpathica*, 69, 4, 382–409 <https://doi.org/10.1515/geoca-2018-0023>
- Šarinová, K., Hudáčková, N., Rybár, S., Jamrich, M., Jourdan, F., Frew, A., Mayers, C., Ruman, A., Subová, V., Sliva, L. (2021). 40Ar/39Ar dating and palaeoenvironments at the boundary of the early-late Badenian (Langhian–Serravallian) in the northwest margin of the Pannonian basin system. – *Facies*, 67, 29. <https://doi.org/10.1007/s10347-021-00637-w>
- Šujan, M., Braucher, R., Mandic, O., Fordinál, K., Brixová, B., Kyška Pipík, R., Šimo, V., Jamrich, M., Rybár, S., Klučiar, T., Aster Team, Ruman, A., Zvara, I., Kováč, M. (2021). Lake Pannon transgression on the westernmost tip of the Carpathians constrained by biostratigraphy and authigenic 10Be/9Be dating (Central Europe). – *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 127, 3, 627–653.
- Taylor, J. D., Glover, E. (2000). Functional anatomy, chemosymbiosis and evolution of the Lucinidae. – In: Harper, E. M., Taylor, J. D., Crame, J. A. (eds). *The evolutionary biology of the Bivalvia*. – Geological Society, London, Special Publication 177, 207–225. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.177.01.12>
- van der Zwaan, G. J., Jorissen, F. J., de Stigter H. C. (1990). The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ration: Constraints and applications. – *Marine Geology*, 95, 1. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(90\)90016-D](https://doi.org/10.1016/0025-3227(90)90016-D)
- Vass, D. (2002). Litostratigrafia Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén. – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. Bratislava. 202 s.
- Vlček, T., Šarinová, K., Rybár, S., Hudáčková, N., Jamrich, M., Halásová, E., Šujan, M., Franců, J., Nováková, P., Sliva, L., Kováč, M., Kováčová, M. (2020). Paleoenvironmental evolution of Central Paratethys Sea and Lake Pannon during the Cenozoic. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 559, 109892. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109892>
- Vlček, T., Kováčová, M., Šarinová, K., Rybár, S., Hudáčková, N., Ruman, A., Jamrich, M., Franců, J. (2022). Multiproxy constraints on Central Paratethys Sea and Lake Pannon paleoclimate and paleoenvironment transitions during the Middle–Late Miocene (Danube Basin, Slovakia). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 600, 111058. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111058>.
- Walanus, A., Nalepka, D. (1999). Polpal Program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis. – *Acta Palaeobotanica, Supplementum* 2, 659–661. <http://www.adamw.alanus.pl/2017/polpa11999/index.html>. <https://www.adamw.alanus.pl/Polpal.Html>
- Zágoršek, K., Vávra, N. (2002). A new method for the extraction of bryozoans from hard rocks from the Eocene of Austria. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*. 142, 2, 249–258.
- Zlinská, A. (1997). Biostratigrafické vyhodnotenie vzoriek z regiónu Podunajská nížina – východ. – MS, Archív Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Bratislava.
- Zlinská, A. (2016). Terciérna mikrofauna z hlbokých vrtov v železovskej priehlbine (Dunajská panva). – *Mineralia Slovaca*, 48, 1, 61–82.