

## Interpretácia paleoprostredia spodnosarmatských sedimentov z okolia Malaciek a Perneka (slovenská časť Viedenskej panvy)

NATÁLIA HUDÁČKOVÁ<sup>1</sup> a ADRIENA ZLINSKÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina,  
842 15 Bratislava; hudackova@fns.uniba.sk

<sup>2</sup>Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava;  
adriena.zlinska@geology.sk

### Paleoecological interpretation of the Lower Sarmatian sediments from the Malacky and Pernek vicinity (Slovak part of the Vienna Basin)

In the paper the results of the foraminiferal analysis of three drill cores of sediments from the Malacky (MZ 55) and Pernek (ZNV 11, ZNV 12) localities are presented. Altogether 27 rock samples were studied for the biostratigraphical and paleoecological purposes. In the washed material we identified 68 taxa of foraminifers (attachment 1). Obtained assemblages are ranked into Early Sarmatian. The most abundant members of assemblages in the studied material were the species of the *Ammonia* genus together with a small miliolide taxa. Mentioned assemblages characterize the shallow water environment of the lagoons up to lowermost marshes of various water salinity. In the second type assemblage the keeled elphidids prevail and document the younger assemblage of the Large elphidia Zone (Grill, 1941). This assemblage characterizes deeper water of normal marine to hypersaline lagoon. We provide in the paper a correlation of the main paleoecological changes in the studied boreholes.

**Key words:** foraminifers, paleoecological interpretations, Lower Sarmatian, Vienna Basin

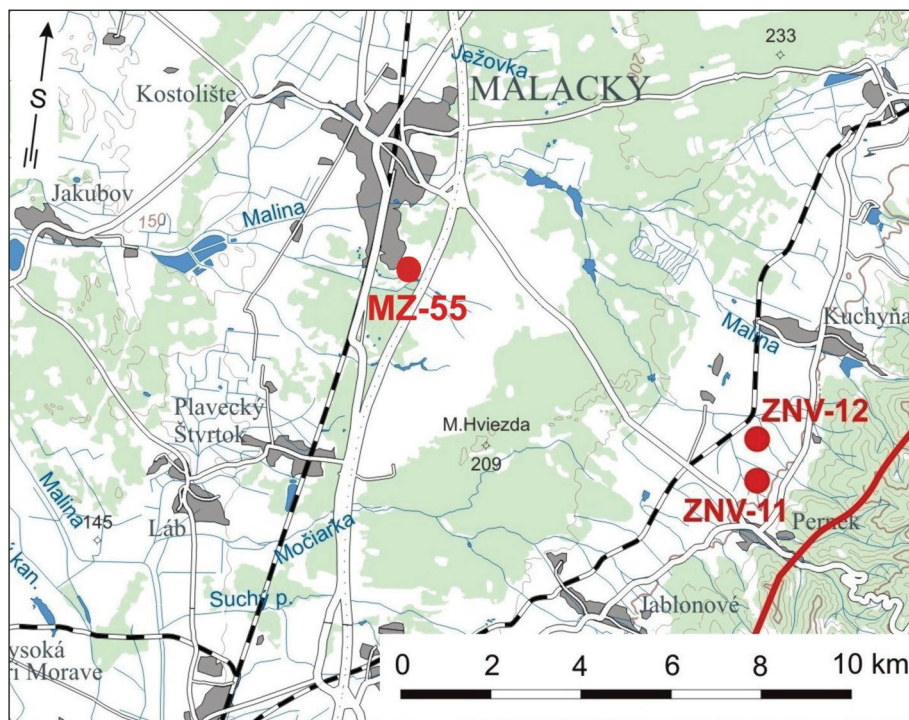
### Úvod

Viedenská panva je jednou z predobľukových panví v Západných Karpatoch. Roztvárala sa v blízkosti subdukčnej zóny vonkajších Karpát. Jej výplň možno rozdeliť na dve štruktúrne etáže, na čo upozornil už Andrusov (1938). Štruktúrne členenie panvy bolo využité aj pri regionálnom rozdelení panvy na senickú a záhorsko-dolnomoravskú časť (Vass, 2002). Staršia ranomiocénna etáž vznikla sčasti v rámci západoslovenskej strižnej zóny (Marko a Kováč, 1996) v prevládajúcom transpresnom režime, sčasti v extenznom režime na chrbtoch flyšových príkrovov kolíznej akrečnej prizmy (*piggy-back*). Mladšia stredno a pozdnomiocénna štruktúrna etáž panvy vznikla v transtenznom režime. Sedimenty sarmatu dosahujú hrúbku cca 500 m a zaberajú geograficky najširšiu oblasť (Jiříček, 1972). Odlíšiť sedimenty sarmatu a bádenu na základe dierkavcov je veľmi zložitá. Keďže úplne miznú planktonické formy, ktoré sú základom modernej biostratigrafie (Cicha et al., 1975; Zlinská, 1998; Andrejeva-Grigorovič et al., 2001), sťažuje sa aj možnosť určenia veku na základe izotopového zloženia schránok z dôvodov zmien obsahu solí vo vodách (Branzila a Chira, 2005; Piller a Harzhauser, 2005; Bannikov, 2009). V sarmate sa opierame o nástup nových druhov bentických dierkavcov, ako *Anomalinoidea badensis* (Orb.), *Elphidium reginum* (Orb.), *Nodobacularella* sp. a *Articulina sarmatica* (Karrer), niektoré z nich však

evidujeme už v najvrchnejšom bádene (Cicha et al., 1998; Zlinská, 1997, 1998). Vysvetlenie zmien v podmienkach sarmatského mora a pokusy o interpretáciu veľmi rôznorodých sedimentačných podmienok v oblasti Paratetýdy sú v posledných rokoch v centre záujmu rôznych autorov, pretože v tomto období prebiehali ako klimatické, tak aj geologické zmeny (Filipescu, 2004; Sztanó et al., 2005; Branzila a Chira, 2005; Piller a Harzhauser, 2005; Piller et al., 2007; Bannikov, 2009; Cornée et al., 2009; Koubová a Hudáčková, 2010). V slovenskej časti panvy nachádzame veľmi rôznorodé plytkovodné spoločenstvá, ktoré boli viazané aj na časovú líniu. Klasické biozóny Grilla (1941) predstavujú spoločenstvá zón veľkých elfidií (= *Elphidium reginum*, *Elphidium hauerinum*) a zóny *Porosonion granosum* (obr. 2).

### Lokalizácia a materiál

Skúmané vrty MZ 55, ZNV 11 a ZNV 12 sa nachádzajú v katastrálnom území Malaciek (obr. 1), ktoré je situované v centre južnej časti Záhorskej nížiny na nive a terase rieky Moravy. Podľa geomorfologického členenia územia Slovenska (Mazúr a Lukniš, 1980) je malacké územie zaradené do Borskej nížiny v Záhorskej nížine. Vrty boli odvrátené v dvoch geomorfologicky odlišných častiach; MZ 55 v znížene – tzv. Záhorské pláňavy, vrty ZNV 11 a ZNV 12 v oblasti Boru. Bor má charakter zvlnenej roviny, tvorenej pieskovými dunami a presypmi.



Obr. 1. Geografická pozícia študovaných vrtov.

Fig. 1. Geographical position of the studied wells.

Prevrtané sedimenty neogénu patria holičskému súvrstviu; pôvodne ho opísali Elečko a Vass (in Baňacký et al., 1996) ako súvrstvie zahrňujúce celý sarmat vo Viedenskej panve. Prevládajúcim litotypom súvrstvia je sivý vápnitý íl/ílovec až siltovce s polohami piesku/rozpadavého pieskovca a s vložkami kyslého tufu. Holičské súvrstvie leží v strede panvy transgresívne na studienčanskom súvrství. Na okrajoch transgreduje na ranomiocénne sedimenty, resp. na flyš vonkajších Karpát. Nadloží sú sedimenty skalického súvrstvia. V študovanom materiáli tufy neboli zastúpené.

Vrty prevrtali okrem záujmových sedimentov neogénu aj kvartérne sedimenty, zastúpené hlavne pôdami, hlinito-

-kamenitým delúviom a delúviom so sivozeleným škvrnitým ílom. Neogénne, teda sarmatské sedimenty vo vrtoch ZNV 11 a ZNV 12 zastupovali najmä sivozelené íly s vrstvičkami pieskov (obr. 3). Sedimenty spodného sarmatu v jadrách vrtu MZ 55 boli tvorené hlavne tmavosivým ílovcom s prímiesou siltu. V intervale 856,17 – 856,24 m sa vrstva jemnozrnného pieskovca nahor zjemňuje do siltovca s laminami ílu. Interval 856,24 – 856,58 m tvorí škvrnitý sivohnedý ílovec s červenkastými škvrnami a sivohnedý ílovec s malým množstvom siltu. V intervale 861 až 862 m zelenosivý ílovec prechádza do laminovaného siltovca až jemnozrnného pieskovca. Veľmi tenké laminy sú tvorené ílom. Od 857,60 m je jadro tvorené sivým sludnatým

| Mil.r. | Stupeň       | Geomagnetická polarita | N Zóny     | M Zóny     | Vápnité nanofosílie | Regionálne biozóny (Grill 1941)                                                                                 | Regionálne stupne | Regionálne súvrstvia (Vass 2002) |
|--------|--------------|------------------------|------------|------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 12     | Serravallian | C5                     | N14<br>N13 | M11<br>M10 | NN7                 | Porosonion granosum                                                                                             | Sarmat            | skalické súv.                    |
|        |              | C5A                    | N12        | M9b        | NN6                 | Elphidium hauerinum<br>Elphidium reginum<br>Anomalinoides dividens<br>Ammonia vienensis<br>Velapertina indigena |                   | holičské súv. radimov.v.         |
| 13     |              | C5AA                   |            | M8/M9      |                     | Globigerina druryi/<br>G. nepenthens                                                                            | Báden             | studienčanské súv.               |
|        |              | C5AB                   | N11        | M7         | NN5                 | Orbulina suturalis                                                                                              |                   | sanberské súv.                   |
|        |              | C5A                    | N10        |            |                     |                                                                                                                 |                   | jakubovské súv.                  |
|        |              | C                      |            |            |                     |                                                                                                                 |                   |                                  |

Obr. 2. Stratigrafická tabuľka, vytvorená na základe korelácie štandardných zón (Gradstein et al., 2004; Ogg, 2007), lokálnych biozón (Grill, 1941; Cicha et al., 1975) a litologických jednotiek (Vass, 2002).

Fig. 2. Stratigraphical charts compiled by the correlation of the standard biozonation (Gradstein et al., 2004; Ogg, 2007) with local biozones by Grill (1941) and Cicha et al. (1975) as well as local lithostratigraphical formations sensu Vass (2002).

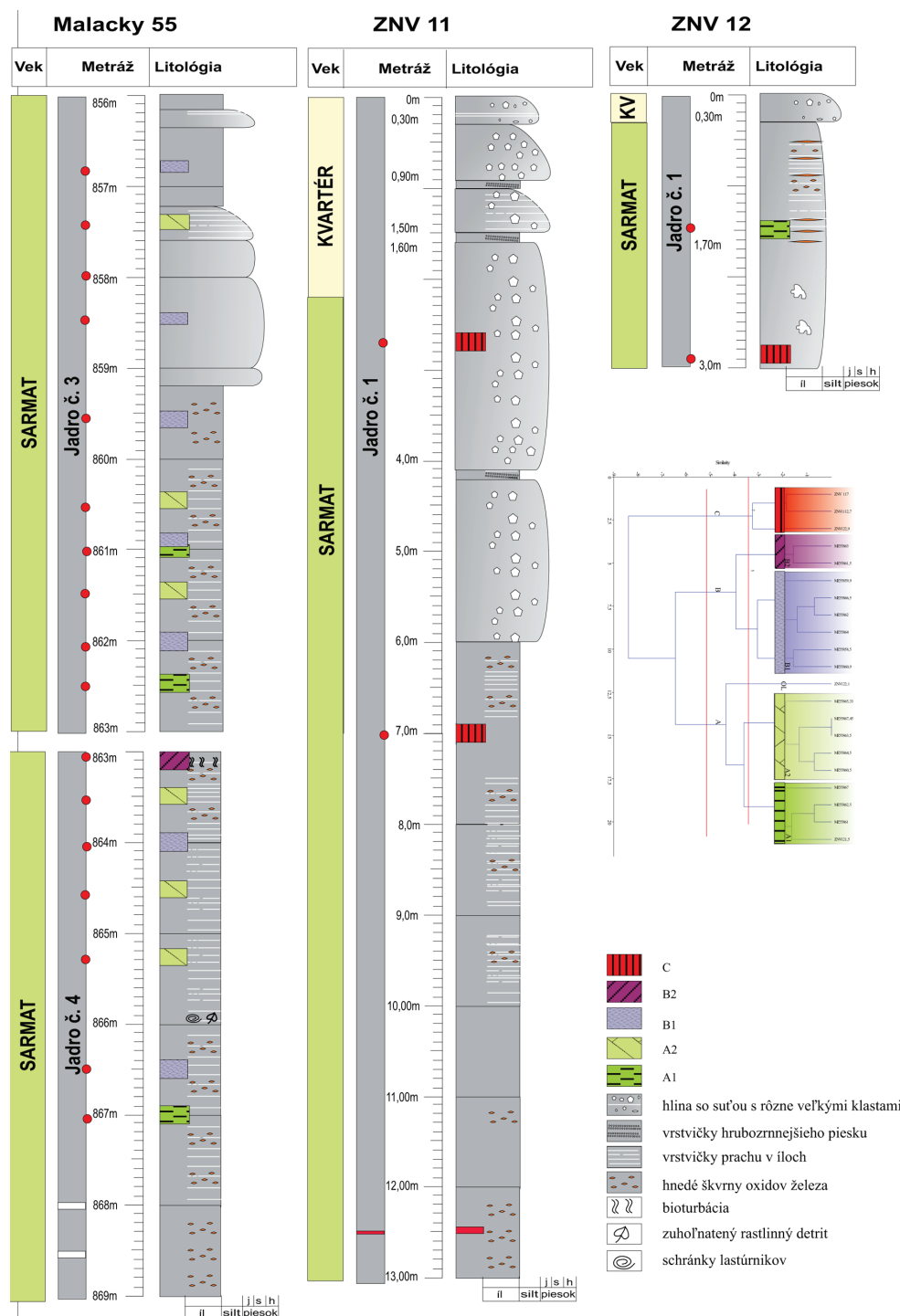
jemnozrnným pieskovcom. V hĺbke 858 – 859 m je vrstva silne rozrušeného jemnozrnného až strednozrnného pieskovca. V podloží, v hĺbke 859,2 m, je sediment tvorený sivohnedým škvrnitým ílovcom s červenkastými škvrnami, a to až do hĺbky 863 m. V intervale 863 až 869 m sa striedajú zelenosivé škvrnité ílovce s prímiesou siltu s početnými siltovými laminami, v najhlbšej časti jadra sa vyskytujú zelenosivé škvrnité ílovce.

## Metodika

Za účelom vyseparovania schránok dierkavcov boli vzorky drvené (na veľkosť 1 cm<sup>3</sup>), rozpúšťané vo vode s prídavkom H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a pyrofosforečnanu alebo rewoquatu. Po rozpustení boli plavené na sitách s  $\phi$  0,07 mm na získanie frakcie so skamenelinami. Mimoriadne znečistené vzorky boli podrobené čisteniu pomocou ultrazvuku.

**Obr. 3.** Schematické litologické zobrazenie študovaných vrtov s pozíciou odobraných vzoriek a spoločenstiev skupín vymedzených kvalitatívnou analýzou pri združovaní wardovou metódou.

**Fig. 3.** Lithological columns of the studied wells with marked position of the samples and clusters resulted from the qualitative cluster analysis using Ward's clustering method.



Dierkavce boli skúmané a dokumentované nielen pomocou svetelného mikroskopu, ale boli aj pozlátané a snímané v elektrónovom mikroskope Hitachi S-800 (Ústav informatiky SAV). Dokumentačný fotografický materiál je zobrazený na fototabulkách 1 a 2. Ostatná fauna a flóra bola pozorovaná na svetelnom mikroskope a tiež fotograficky zdokumentovaná.

Pri biostratigrafickom vyhodnotení sme sa opierali o štandardnú zonáciu Grilla (1941) a Cichu et al. (1975). Okrem biostratigrafie sme sa snažili interpretovať podmienky sedimentácie na základe obsahu foraminifér, najmä na základe dominance ekologicky významných druhov. Pri základnom ekologickom zaradení sme vychádzali z prác niektorých autorov – Kaiho (1999), Spezzaferri et al. (2002) a Murray (2006). V práci bola použitá aj viacrozmerná štatistická metóda zhľukovania. Interpretácie paleoprostredia boli doplnené na základe interpretácie hodnôt diverzity (H) – Simpsonov vzorec  $D = 1/\sum n_i (n_i - 1)/N (N - 1)$ , kde  $i$  je počet druhov a  $N$  celkový počet v spoločenstve – využili sme hlavne základný typ zisťovania diverzity –  $\alpha$  diverzitu, z dôvodu rôzneho prístupu k vyhodnocovaniu vzoriek. Ternárne diagramy (Murray, 2001, 2006) boli použité na zaradenie študovaných spoločenstiev do približného typu paleoprostredia. Údaje boli spracovávané pomocou programov PAST (Hammer et al., 2001) a POLPAL (Nalepka a Walanus, 2003).

### Výsledky

Za účelom biostratigrafického zaradenia a interpretácie paleoekologických podmienok boli detailne študované íly holičského súvrstvia z troch vrstev okolia Malaciek a Perneka. Vrt MZ 55 bol vŕtaný v blízkosti zastavanej oblasti Malaciek a vrty ZNV 11 a ZNV 12 bližšie k obci Pernek. Z vrtu MZ 55 bolo študovaných 12 m sedimentov z jadra 3 a 4 (856 – 863 m a 863 – 869 m), vrty ZNV 11 a ZNV 12 boli plytké vrty. Vo vrte ZNV 11 bol do neogénu zaradený sediment z hĺbky 6,00 – 13,00 m a vo vrte ZNV 12 sediment hĺbky 0,30 – 3,00 m. Z uvedených sedimentov boli odobrané vzorky v intervaloch 20 – 40 cm (obr. 3). Vo výplavoch z vrtných jadier sa v hojnej miere nachádzali schránky dierkavcov, ihlice hubiek a ostne ježoviek, zvyšky juvenilných lastúrníkov a ulitníkov a tiež hojné množstvo schránok lastúrníčiek (ostrakód). V niektorých vzorkách vrtu MZ 55 sa vyskytli lastúrníčky, rozsievky, šupiny a kostičky rýb. Lastúrníčky boli veľmi často poškodené predátormi, pravdepodobne naticidmi (fototab. 2, obr. 9). Podobné poškodenia dokumentovala vo svojej práci ako fenomén „N“ Maddocks (1988).

Vyseparované schránky dierkavcov umožnili datovať horninový sled do sarmatu, pričom vrt MZ 55 obsahoval

spoločenstvá dierkavcov typických pre najspodnejší sarmat – zónu *Ammonia vienensis* (obr. 2). Vo vrtoch ZNV 11 a ZNV 12 bola určená mladšia časť spodného sarmatu, zóna veľkých elfidií, možno až bazálna časť zóny *Elphidium hauerinum* (obr. 2).

Pre porovnanie vzoriek sme si zvolili postupy zhľukovacej analýzy, pričom – rešpektujúc rôzny prístup k vyhodnocovaniu vzoriek – boli vstupnými údajmi prezencia a absencia druhov. Na základe zhľukovacej analýzy (združovanie Wardovou metódou) boli odlišené 3 hlavné skupiny vzoriek (A, B, C) na hladine podobnosti – 5. V skupine A sa nachádzali vzorky, ktoré sa na hladine podobnosti – 3,5 rozdelili do 2 podskupín s 1 „outlierom“ (A1: MZ 55 – 867 m, MZ 55 – 862,5 m, MZ – 861 m, ZNV 12 1,5 m; A2: MZ 55 – 865,33 m, MZ 55 – 867,45 m, MZ 55 – 863,5 m, MZ 55 – 864,5 m). Skupina B bola na hladine – 3,5 rozdelená na dve nerovnomerné skupinky, pričom B1 združovala vzorky MZ 55 – 859,6 m, MZ 55 – 866,5 m, MZ 55 – 862 m, MZ 55 – 864 m, MZ 55 – 860,9 m, MZ 55 – 858,5 m a B2 vzorky (MZ 55 – 863 m, MZ 55 – 861,5 m). Posledná skupina C, združovala vzorky z vrstev ZNV 11 a ZNV 12 (ZNV 12 2,9, ZNV 11 12,7 a ZNV 11 7) (obr. 3). Zisťovanie diverzity bolo tiež obmedzené spracovaním časti materiálu, preto boli využité hlavne  $\alpha$  diverzita a taxická diverzita. Redepozity iného veku neboli pri analýze údajov brané do úvahy. Najnižší počet druhov obsahovali vzorky MZ 55 – 864, MZ 55 – 862, MZ 55 – 859,9, MZ 55 – 867,45, MZ 55 – 866,5, MZ 55 – 861,5, MZ 55 – 865,33, najvyšší ZNV 12 2,9, ZNV 11 12,7 a ZNV 11 7, pričom ZNV 12 2,9 obsahovala 22 sarmatských druhov. Najvyššiu dominanciu ( $D = 0,7$  až  $0,95$ ) dosahovali vzorky MZ 55 – 863,6, MZ 55 – 866,5, MZ 55 – 862,1, MZ 55 – 861,6; najnižšiu ZNV 11 7, ZNV 11 12,7, ZNV 12 2,5. V ternárnych diagramoch boli vzorky zaradené do oblastí normálne slanej až hypersalínnej lagúny.

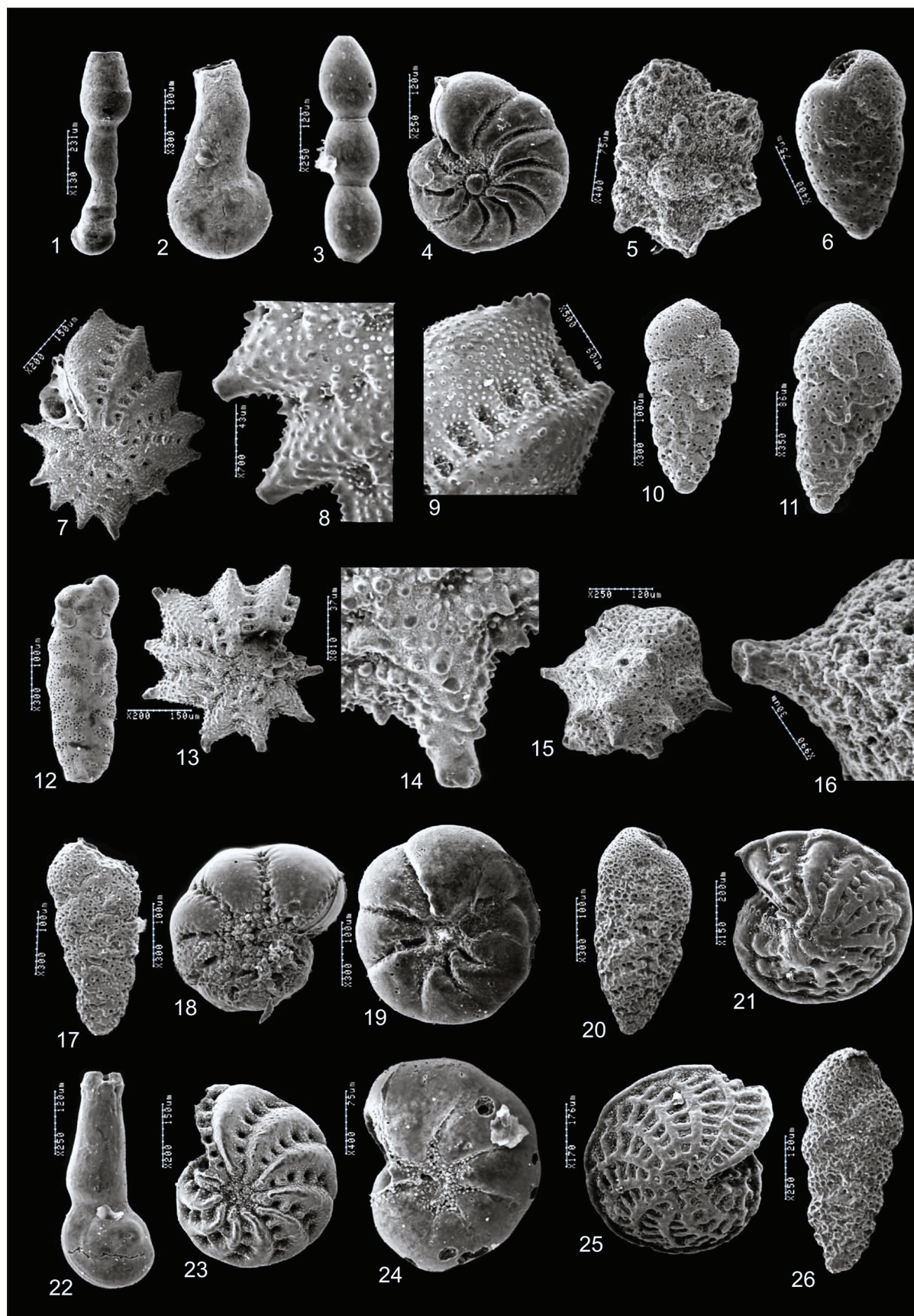
### Záver

V práci boli mikropaleontologicky vyhodnotené tri vrty z oblasti Malacky – zásobník (MZ 55) s horizontmi jadier pôvodne určenými ako vrchný báden a sarmat z oblasti Perneka (ZNV 11 a ZNV 12). Z fosilií boli podrobne vyhodnocované dierkavce. Na biostratigrafické a paleoekologické účely bolo odobratých a vyhodnotených 27 vzoriek s intervalom cca 20 – 40 cm, ich paleontologický obsah bol zdokumentovaný v databáze Viennadat. Z dierkavcov bolo určených celkovo 68 taxónov. Najdôležitejšie druhy a spoločenstvá boli odfotografované (fototab. 1 a 2).

Určiť stratigrafické rozhranie sarmat/báden bolo veľmi problematické, prechod sarmat/báden v uvedenej

**TAB. I.** 1 – *Articulina sarmatica* (Karrer), ZNV 11/7 – 7,1 m; 2 – *Articulina articuloides* Gerke-Issaeva, ZNV 11/12,5 – 12,7 m; 3 – *Orthomorphina dina* (Vengl.), ZNV 11/12,5 – 12,7 m; 4 – *Nonion biporus* Krash., ZNV 12/2 – 2,1 m; 5 – *Schackoinella imperatoria* (Orb.), ZNV 12/2 – 2,1 m; 6 – *Bolivina* sp., ZNV 12/2 – 2,1 m; 7 – 9 – *Elphidium josephinum* (Orb.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 10, 11, 17, 20, 26 – *Bolivina* sp. (cf. *B. moldavica* Didk.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 12 – *Bolivina sarmatica* Didkovsky, ZNV 12/2,9 – 3 m; 13 – 14 – *Elphidium josephinum* (Orb.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 15 – 16 – *Schackoinella imperatoria* (Orb.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 18 – *Porosonion granosum* (Orb.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 19 – *Ammonia ex gr. beccarii* (L.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 21 – *Elphidium rugosum* (Orb.), ZNV 13/14,7 – 14,8 m; 22 – *Articulina articuloides* Gerke-Issaeva, ZNV 12/2,9 – 3 m; 23 – *Elphidium* aff. *hauerinum* (Orb.), ZNV 12/2,9 – 3 m; 24 – *Nonion tumidulus* Pischvanova, ZNV 12/2,9 – 3 m; 25 – *Elphidium macellum* (F.-M.), ZNV 13/14,7 – 14,8 m.







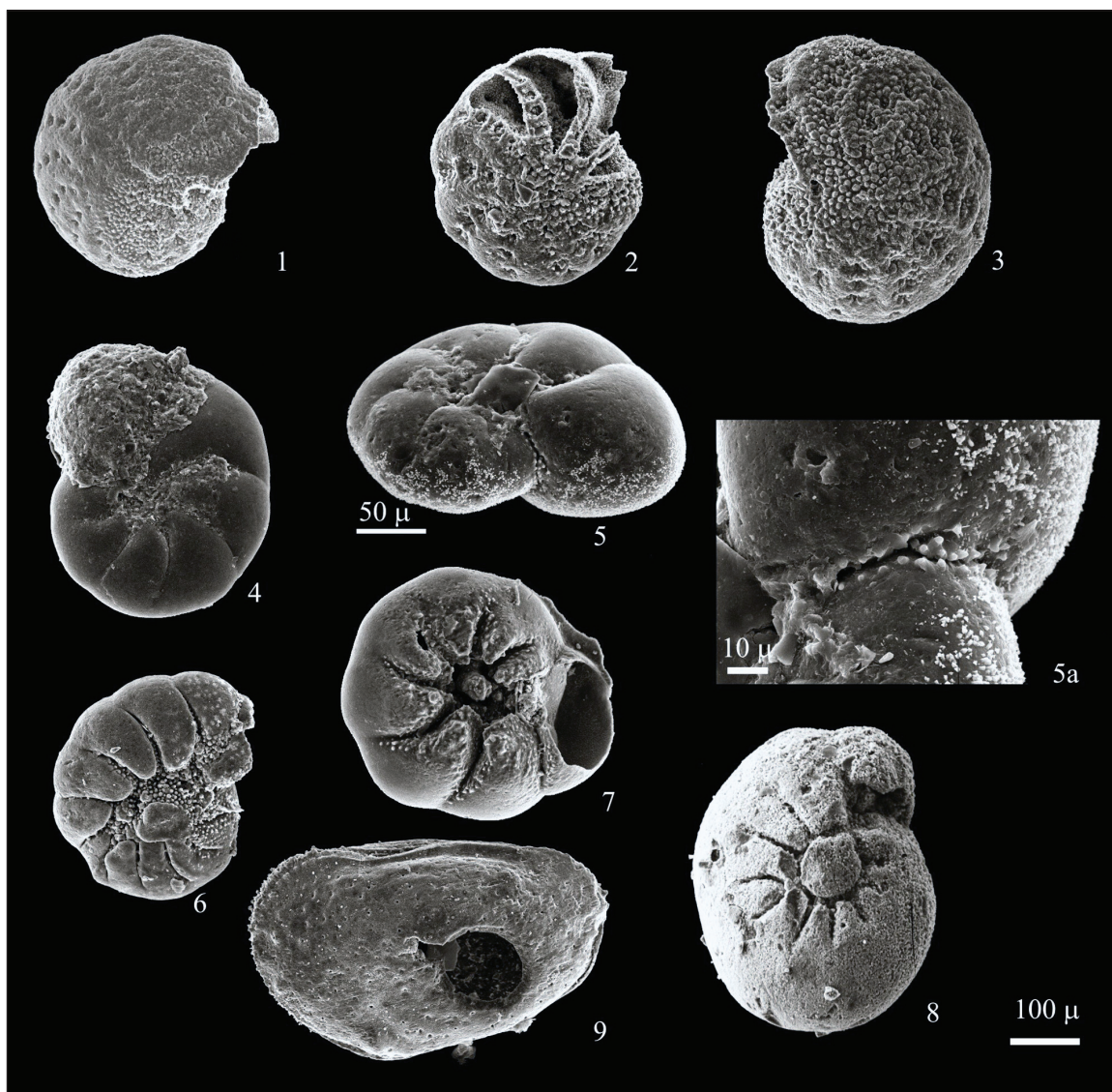
oblasti je pravdepodobne neprerušný a je vyvinutý vo veľmi plytkom a salinitne rozkolísanom prostredí, kde sa indexové fosílie takmer nevyskytujú. Najčastejšie sú prítomné monoasociácie tolerantných, oportunistických druhov s veľkým stratigrafickým rozpätím. Takúto zónu nazýva Grill (1941) zónou *Ammonia vienensis* (pôvodne nazývaná rotáliev zóna) – premenovaná v zmysle Medzinárodných pravidiel zoologickej nomenklatúry (čl. 54, 2, 1988). V prípade, že sme zistili v spoločenstvách redeponované vrchnobádenské druhy, priklonili sme sa k sarmatskému veku, pretože predpokladáme redepozície na hranici SB1. Všetky študované sedimenty sme mohli zaradiť do spodného sarmatu, zóny *Ammonia vienensis*, *Anomalinoides badenensis* a do zóny veľkých elfidií. Zóna

*Ammonia vienensis* bola identifikovaná vo vrte MZ 55 (867 – 856,33 m), zóna *Anomalinoides badenensis* a zóna veľkých elfidií vo vrtoch ZNV 11 a ZNV 12.

Analýza prostredia depozície bádenskej a sarmatskej výplne Viedenskej panvy v okolí zásobníka Malacky poukazuje na značnú faciálnu členitosť, a to ako z hľadiska sedimentologického, tak paleontologického.

Na základe biostratigrafického vyhodnotenia študovaného materiálu sme vytvorili korelačnú schému nami spracovaných jadier vrtoz spolu s načrtnutím najvýraznejších zmien paleoprostredia počas sedimentácie (obr. 3).

Diferenčným prvkom rozdelenia študovaných spoločenstiev do skupín bola dominancia rodu *Ammonia*.



**TAB. 2.** 1 – *Elphidium* cf. *joukovi* Serova MZ 55 864,6; 2, 3 – *Elphidium* cf. *grilli* Papp MZ 55 860; 4, 5, 5a – *Haynesina depressula* (Walker et Jacobs), 4 – MZ 55 867,1, 5 – 5a – MZ 55 863,1; 6 – *Porosonion martkobi* (Bogdanowicz) MZ 55 864,1; 7 – *Ammonia vienensis* (Orb.) MZ 55 867,5; 8 – *Ammonia parkinsoniana* (Orb.) MZ 55 864,6; 9 – Valva lastúrnica poškodená pravdepodobne útokom predátora MZ 55 vzorka 17. Mierka zväčšenia je uvedená v rohu tabuľky, ak bola iná, je uvedená pri dotýčnom obrázku. / Ostracod shell with sign of damage probable by a predator attack. Magnification of the species is in the right corner of the table. In the case of other magnification, it is near the figure.

V skupine A – v spoločenstvách – rod *Ammonia* výrazne dominoval (obr. 3), v podskupine A1 pribudol k amóniám rod *Haynesina*. Celá skupina mala veľmi chudobný obsah druhov 2 – 5. Druhá skupina vzoriek – B – bola druhovo bohatšia (vzorky obsahovali 5 – 9 druhov). V tejto skupine sa v podskupine B1 okrem rodu *Ammonia* vyskytli *Nonion* a malé miliolidy. Dve vzorky, oddelené na hladine podobnosti 3,2, obsahovali chudobné spoločenstvá s obsahom rodu *Anomalinoidea*. Posledná skupina vzoriek – C – obsahovala spoločenstvo tvorené prevažne rôznymi druhmi rodu *Elphidium*.

Spoločenstvá foraminifer spodného sarmatu v študovaných sedimentoch z okolia Malaciek obsahujú ako dominantný prvok rod *Ammonia* sp. div. spolu s malými miliolidami, čo je charakteristické pre veľmi plytké prostredia (do 1 m) maršov, prechodných, alebo hyper-, či hyposalinných. V hlbších častiach študovaných vrtoch (približne 850 m) je sarmat vyvinutý v mierne hlbšom prostredí, do 10, maximálne 20 m hĺbky, kde sa v okrajových častiach (vrt MZ 55) striedajú spoločenstvá dierkavcov *Ammonia* a *Ammonia/Haynesina* s monoasociáciami *Anomalinoidea badensis*, ktoré interpretujeme ako hlbokovodnejšie oblasti s dnom porasteným riasami, s deficitom kyslíka pri dne. V mnohých polohách sú vyvinuté monoasociácie s *Ammonia vienensis* (MZ 55 861 – 862), charakterizujúce plytkovodné, pravdepodobne eutrofné prostredia so zníženou salinitou [*Ammonia vienensis* je schopná tolerovať salinitu 1 ppm (Bradshaw, 1957) a môže dokonca znášať až krátke obdobia anoxie (Murray, 2006)]. Vo vrtoch ZNV 11 a ZNV 12 boli identifikované pravdepodobne mladšie spoločenstvá zóny veľkých elfidií. Vo vzorkách prevládali morfotypy elfidií s kýlom, ktoré patria k herbivornej skupine epifaunálnych elfidií, obývajúcej – už o málo hlbšie – teplé až mierne prostredie so salinitou blízkou normálnej salinite, alebo až hypersalínne (35 – 70 ‰) prostredie (Murray, 2006).

**Podakovanie.** Táto práca bola finančne podporená Agentúrou pre vedu a výskum, projektom APVV-0280-07 a ministerstvom školstva prostredníctvom projektu KEGA K-09-009-00. Autori vyjadrujú podakovanie spoločnosti Nafta, a. s., za poskytnutý študijný materiál a Dr. Kamilovi Zágoršekovi za umožnenie využitia SEM mikroskopu Hitachi S 3700N a projektu Barrande I.

## Literatúra

- ANDREJEVA-GRIGOROVICH, A. S., KOVÁČ, M., HALÁSOVÁ, E. & HUDÁČKOVÁ, N., 2001: Litho and biostratigraphy of the Lower and Middle Miocene sediments of the Vienna Basin (NE part) on the basis of calcareous nannoplankton and foraminifers. Scripta Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. *Geologia*, 30, 23 – 27.
- ANDRUSOV, D., 1938: Etude géologique de la zone des Klippes internes des Carpathes Occidentales. Ille partie: Tectonique. *Rozpr. St. geol. Úst. Čs. Republ.*, 9, 135 p.
- BAŇACKÝ, V., ELEČKO, M., VASS, D., POTFAJ, M., SLAVKAY, M., IGLÁROVÁ, L. & ČECHOVÁ, A., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Chvojnickej pahorkatiny a severnej časti Borskej nížiny 1 : 50 000. *Manuskript. Bratislava, archív St. Geol. Úst. D. Štúra*, 44 s.
- BANNIKOV, A. F., 2009: On Early Sarmatian fishes from the Eastern Paratethys. *Paleontological journal*, 43, 5, 569 – 573.
- BRADSHAW, J. S., 1957: Laboratory studies on the rate of growth of the foraminifer "*Streblus beccarii* (Linné) var. tepida (Cushman)". *J. Paleontology*, 31, 1 138 – 1 147.
- BRANZILA, M. & CHIRA, C., 2005: Microfossils assemblages from the Badenian/Sarmatian boundary in boreholes from the Moldavian Platform. *Acta palaeont. roman.*, 5, 17 – 26.
- CICHA, I., ČTYROKÁ, J., JIŘÍČEK, R. & ZAPLETALOVÁ, I., 1975: Principal biozones of the Late Tertiary in Eastern Alps and West Carpathians. In: Cicha, I. (ed): *Biozonal Division of the Upper Tertiary Basins of the Eastern Alps and West Carpathians. IUGS. Proceedings of the VI. Congress Bratislava*, 19 – 34.
- CICHA, I., RÖGL, F., ČTYROKÁ, J., RUPP, Ch., BAJRAKTAREVIC, Z., BALDI, T., BOBRINSKAYA, O. G., DARAKCHIEVA, St., FUCHS, R., GAGIC, N., GRUZMAN, A. D., HALMAI, J., KRASHENINNIKOV, V. A., KALAC, K., KORECZ-LAKY, I., KRHOVSKY, J., LUCZKOWSKA, E., NAGY-GELLAI, A., OLSZEWSKA, B., POPESCU, Gh., REISER, H., SCHMID, M. E., SCHREIBER, O., SEROVA, M. Y., SZEGŐ, E., SZTRAKOS, K., VENGLINSKYI, I. V. & WENGER, W., 1998: Oligocene – Miocene Foraminifera of the Central Paratethys. *Abh. Senckenberg. naturforsch. Gesell. (Frankfurt a. Main)*, 549, 1 – 325, 61 Figs., 3 Tab., 79 Pls.
- CORNÉE, J. J., MOISSETTE, P., SAINT MARTIN, J.-P., KÁZMÉR, M., TÓTH, E., GOROG, A., DULAI, A. & MULLER, P., 2009: Marine carbonate systems in the Sarmatian (Middle Miocene) of the Central Paratethys: the Zsámbék Basin of Hungary. *Sedimentology*, 56, 6, 1 728 – 1 750.
- FILIPESCU, S., 2004: *Anomalinoidea dividens* bioevent at the Badenian/Sarmatian boundary – a response to paleogeographic and paleoenvironmental changes. Stud. Univ. "Babes-Bolyai" Geologia. Cluj-Napoca, XLIX/2, 21-26. Cluj-Napoca.
- GRADSTEIN, F., OGG, J. & SMITH, A., eds., 2004: A geologic time scale 2004. *Cambridge University Press*, 589 p.
- GRILL, R., 1941: Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasse-Anteilen. *Öl u. Kohle (Berlin)*, 37, 595 – 602.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D., 2001: PAST Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1, 9 p.
- JIŘÍČEK, J., 1972: Problém hranice sarmat/panon ve Vídeňské, Podunajské a Východoslovenské pánvi. *Miner. Slov. (Bratislava)* 4, 14 s.
- KAIHO, K., 1999: Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Mar. Micropaleontology*, 37, 67 – 76.
- KOUBOVÁ, I. & HUDÁČKOVÁ, N., 2010: Foraminiferal successions in the shallow water Sarmatian sediments from the MZ 93 borehole (Vienna Basin, Slovak part). *Acta geol. slov.*, 2, 1, 47 – 58.
- MADDOCKS, R., 1988: One hundred million years of predation on ostracods: The fossil record in Texas. In: Ikeya, N. & Ishizaki, K. (eds): *Evolutionary biology of ostracoda: Its fundamentals and applications. Proceedings of the 9th International Symposium on Ostracoda. Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 11, 637 – 657.
- MARKO, F. & KOVÁČ, M., 1996: Rekonštrukcia miocénnej tektonickej evolúcie Vadvoskej kotliny na základe analýzy štruktúrneho a sedimentárneho záznamu. *Miner. Slov. (Bratislava)*, 28, 81 – 91.
- MAZÚR, E. & LUKNIŠ, M., 1980: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. 1. vydanie. *Bratislava, Slovenská kartografia*.
- Medzinárodné pravidlá zoologickej nomenklatúry 1988, Praha, 5 – 188.
- MURRAY, J. W., 2001: The niche of benthic foraminifera, critical thresholds and proxies. *Mar. Micropaleontology*, 41, 1 – 7.
- MURRAY, J. W., 2006: Ecology and applications of benthic Foraminifera. *Cambridge University Press, New York*, 426 p.
- NALEPKA, D. & WALANUS, A., 2003: Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica*, 43, 1, 125 – 134.
- OGG, J., 2007: "Overview of global boundary stratotype sections and points (GSSPs)" International Commission on Stratigraphy, <http://www.stratigraphy.org/gssp.html>
- PILLER, W. E. & HARZHAUSER, M., 2005: The myth of the brackish Sarmatian sea. *Terra Nova*, 17, 450 – 455.

Príloha 1/Attachment 1

| Taxon/Vzorok | Ammonia ex gr. vienesis (Orb.) | Anomalinoidea badensis (Orb.) | Anomalinoidea dividers Luczkowska | Articulina articulinoidea GERKE & ISSAEVA | Articulina sarmatica (KARRER) | Astergenernata planorbis (Orb.) | Bolivina dilatata maxima Cicha et Zapletalova | Bolivina dilatata dilatata Reuss | Bolivina ex gr. dilatata Reuss | Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland | Bolivina sagittula Dikowski | Bolivina sp. | Bulimina cf. elongata Orb. | Bulimina elegans Orb. | Bulimina subulata Cushman & Parker | Cassidulina laevigata Orb. | Cassidulina sp. | Cassigerhella globulosa (Egger) | Caucasina sp. | Elphidium aff. josephinum (Orb.) | Elphidium aff. grilli Papp | Elphidium cf. glabrum Bystrička | Elphidium cf. hausernum (Orb.) | Elphidium cf. joukovi Serova | Elphidium fichtellianum (Orb.) | Elphidium josephinum (Orb.) | Elphidium maceillum (Fichtel and Moll) | Elphidium rugosum (Orb.) | Elphidium sp. | Fissurina mironovi Voloshinova |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------------|
| MZ 55 858,6m | 1                              | 1                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 1                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 860m   | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 860,6m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 861m   | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 1             | 0                              |
| MZ 55 861,1m | 0                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 861,5m | 1                              | 1                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 1                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 862,1m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 862,6m | 0                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 1                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 863,1m | 1                              | 1                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 1            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 1               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 863,6m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 1               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 864,1m | 0                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 864,6m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 1                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 1                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 865,4m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 1                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 866,5m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 1            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 1               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 1                              |
| MZ 55 867,1m | 0                              | 1                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 1                              | 0                                            | 0                           | 0            | 1                          | 0                     | 0                                  | 1                          | 0               | 1                               | 0             | 0                                | 0                          | 1                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| MZ 55 867,5m | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| ZNV 11 7m    | 1                              | 1                             | 1                                 | 0                                         | 1                             | 1                               | 1                                             | 1                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 1                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| ZNV 11 12,7m | 1                              | 0                             | 1                                 | 1                                         | 0                             | 0                               | 1                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 0                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 1                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| ZNV 12 2,5m  | 0                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 1                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 0                           | 0            | 0                          | 1                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 0                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 1             | 0                              |
| ZNV 12 2,1m  | 1                              | 0                             | 0                                 | 0                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 1                                            | 0                           | 0            | 0                          | 1                     | 0                                  | 0                          | 0               | 0                               | 0             | 1                                | 0                          | 0                               | 0                              | 0                            | 0                              | 0                           | 0                                      | 0                        | 0             | 0                              |
| ZNV 12 2,9m  | 1                              | 0                             | 1                                 | 1                                         | 0                             | 0                               | 0                                             | 0                                | 0                              | 0                                            | 1                           | 1            | 0                          | 1                     | 1                                  | 0                          | 0               | 0                               | 1             | 0                                | 0                          | 0                               | 1                              | 0                            | 1                              | 1                           | 0                                      | 1                        | 0             | 0                              |





- PILLER, W., HARZHAUSER, M. & MANDIC, O., 2007: Miocene Central Paratethys stratigraphy: Current status and future directions of stratigraphy. *Stratigraphy*, 4, 2, 3, 151 – 168.
- SPEZZAFERRI, S., ČORIĆ, S., HOHENEGER, J. & RÖGL, F., 2002: Basin-scale paleobiogeography and paleoecology: An example from Karpatian (Latest Burdigalian) benthic and planktic foraminifera and calcareous nannofossils from the Central Paratethys. *Geobios*, MS 24, 241 – 256.
- SZTANÓ, O., KRÉZSEK, Cs., MAGYAR, I., WANEK, F. & JUHÁSZ, Gy., 2005: Sedimentary cycles and rhythms in a Sarmatian to Pannonian transitional profile at Oarba de Mureș/Marosoró, Transylvanian Basin. *Acta geol. hung.*, 48, 3, 235 – 256.
- VASS, D., 2002: Litostratigrafické jednotky Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 252 s.
- ZLINSKÁ, A., 1997: Biostratigraphy of Sarmatian sediments from the Košická kotlina Depression on the basis of Foraminifers. *Slov. Geol. Mag. (Bratislava)*, 4, 285 – 298.
- ZLINSKÁ, A., 1998: Mikrobiostratigrafia sedimentov bádenu východoslovenskej panvy na základe foraminifer. *Zem. Plyn Nafta*, 43, 1, 111 – 152.

Rukopis doručený 4. 11. 2010  
Rukopis akceptovaný red. radou 7. 12. 2010  
Revidovaná verzia doručená 12. 1. 2011

## Paleoecological interpretation of the Lower Sarmatian sediments from the Malacky and Pernek vicinity (Slovak part of the Vienna Basin)

In the middle west of the Slovak part of the Vienna Basin, the area of Malacky surroundings was studied for paleoecological interpretation of the Middle Miocene sediments. In the paper we present the study results of the foraminiferal assemblage separated from the Sarmatian (Upper Serravallian – 12.7 to 11.6 Ma) part of the well core sediments. Material was taken from the well cores MZ 55, drilled by the Nafta, a. s., oil company, as well as ZNV 11, ZNV 12, drilled by the State Geological Institute of Dionýz Štúr. The studied wells are situated in the centre of mentioned area – in the Malacky town vicinity and two wells are situated on the Malé Karpaty foothill, near the Pernek village. Sediments consist of clays and silts with sandy layers, the sediments are sometimes bioturbated. Standard laboratory methods were used for the fossil separation. Foraminiferal tests were determined by the stereoscope microscope and scanned by SEM microscope for a detail study of the test wall. For the paleoecological interpretations the dominance diagrams and diversity indices (Simpson's, Fisher  $\alpha$ ) were used. The multidimensional statistical method as Cluster analysis was also employed. The studied sediments contained foraminiferal shells typical for the Lower Sarmatian. One of the most abundant species was the leading one for the Lower Sarmatian – *Elphidium reginum* D'Orbigny accompanied by *Anomalinoidea badenensis* Orb., *Articulina sarmatica* (Karrer) and *Sarmatiella moldaviensis* Bogd. as well. The assemblages here generally dominated by the elphidiids and ammonias, which are opportunistic and generally live in sediment as epifaunal or infaunal dwellers

(Murray, 1991; Hayward et al., 1997). Based on statistical methods we could identify foraminiferal assemblages typical by the dominance of species *Ammonia/Elphidium*, *Ammonia*, large elphidia and *Anomalinoidea badenensis/dividens*. The most conspicuous assemblages are those with a highest dominance of *Ammonia* and *Elphidium* genera. The most dominant species herein, ammonias, are mostly detritivorous, living in eutrophic conditions, and sometimes even surviving short dysoxic events (Murray, 2006). The elphidiids are herbivores but they may be in some cases detritivorous also. In the studied assemblages, the keeled morphotypes (herbivorous, epifaunal) highly prevail in the lower parts of the studied well cores; the rounded elphidiids (detritivorous) prevail in their upper parts. Other dominant genus in some samples is *Anomalinoidea*, which presupposed the adaptation to the planktic or pseudoplanktic way of life, which requires a certain depth of water (Filipescu, 2004). Foraminiferal associations identified in the sediments of the studied wells are typical for the shallow water environment of the various salinities. Mentioned assemblages, more than stratigraphy, mirror changes of the environmental factors. The upper part of Lower Sarmatian sediments studied in the scope of this paper contains the foraminiferal association with elphidiids along with small miliolids, typical for the very shallow water environment of normal marine or hyper saline lower marshes. The associations of *Ammonia*, *Ammonia/Elphidium* and small miliolids are alternating in the marginal parts depending on the nutrient and water supply.