

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

**Paleoekologie mořských sedimentů spodního bádenu
lokality Židlochovice na základě foraminifer**

Anna Poštulková

Praha 2010

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 05; Geologie, geografie

*Paleoekologie mořských sedimentů spodního bádenu
lokality Židlochovice na základě foraminifer*

*Paleoecology of Early Badenien marine sediments from locality Židlochovice
based on foraminifera*

Autor: Anna Poštulková

Ročník studia: VII. osmiletého gymnázia

Škola: Gymnázium Elišky Krásnohorské,
Ohradní 55, Michle, Praha 4

Studijní obor: Všeobecný

Konzultant: Doc. RNDr. Katarína Holcová, CSc.
Ústav geologie a paleontologie PŘF UK

Praha 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V dne podpis:

Poděkování

Nejvíce chci poděkovat své konzultantce Doc. RNDr. Kataríně Holcové, CSc. za poskytnutí materiálů, trpělivé vedení mé práce a nedocenitelné rady a konzultace. Dík také patří RNDr. Martinu Mazuchovi, Ph. D. za odborné vedení při práci na řádkovacím elektronovém mikroskopu.

Práce byla vypracována s podporou projektu GA ČR 205/09/0103.

Anotace

Má práce je zaměřena na moderní metodiku paleoekologické interpretace fosilních společenstev dírkovců založenou na kombinaci kvantitativních paleobiologických dat a geochemických dat s využitím ekologických pozorování (tzv. aktuoeologických principů).

V rámci projektu GA ČR 205/09/0103 byly zkoumány tři vzorky třetihorních mořských sedimentů odebraných mělkým vrtem z lokality Židlochovice na jižní Moravě. Lokalita je pomocným stratotypem pro období spodního bádenu, nachází se v karpatské předhlubni. Leží v sedimentační oblasti Paratethydy – třetihorního moře.

Po separaci z výplavu byly schránky dírkovců detailně studovány na řádkovacím elektronovém mikroskopu, ze snímků bylo vytvořeno 12 taxonomických tabulí.

Vybrané schránky byly zaslány na izotopickou analýzu do Ústavu geochemie Maďarské Akademie věd. Z výsledků izotopické analýzy byly vypočítány teploty tehdejší vody a učiněny různé závěry o prostředí. Z hodnot byl vytvořen graf a porovnán s hodnotami z jiných lokalit sedimentační oblasti Paratethydy.

Dále byla vypočítána hloubka na základě poměru výskytu planktonu a bentosu.

Ze všech získaných poznatků byly nakonec vytvořeny schematické obrázky zachycující procesy odehrávající se v tehdejší moři.

Klíčová slova: foraminifera (dírkovci, dírkonošci), spodní báden, třetihory, paleoekologie, stratigrafie, Židlochovice, karpatská předhlubeň, Paratethys, řádkovací elektronový mikroskop, izotopický rozbor schránek

Anotation

My research concerns methods doing on tests of foraminifera and deducing paleoecological conclusions from geochemistry and quantitative paleobiology data.

Three samples of Tertiary marine sediments from shallow well from locality Židlochovice in southern Moravia are studied under the project GA ČR 205/09/0103. Locality is parastratotype of Early Badenien and is placed in Carpathian Foredeep in sedimentary area of Paratethys – Tertiary sea.

After separation from sediment tests were studied carefully on scanning electron microscope, then 12 taxonomic plates were made from taken pictures.

Selected tests were sent in Institute of Geochemistry of Hungarian Academy of Sciences for isotopic analysis. Temperature of past water was calculated from values of stable isotopes and different conclusions about past environment were drawn. The diagram was made from values and compared with values measured in other localities in sedimentary area of Paratethys.

Next the depth was calculated from ratio of plankton to benthos.

Finally the schematic pictures of environment of sea based on results were drawn.

Key words: foraminifera, Early Badenien, Tertiary, paleoecology, stratigraphy, Židlochovice, Carpathian Foredeep, Paratethys, scanning electron microscope, isotopic analysis of tests

Obsah

1. Úvod	7
2. Teoretická část	7
2.1 Foraminifera a jejich stratigrafický a paleoekologický význam	7
2.2 Studium stabilních izotopů C, O	8
2.2.1 Význam stabilních izotopů	8
2.2.2 Izotopy kyslíku ¹⁶ O, ¹⁸ O	9
2.3 Význam lokality Židlochovice	10
2.4 Terminologie popisu schránek	11
3. Materiál a metody	12
3.1 Odebrání vzorků sedimentu vrtem	12
3.2 Izolace foraminifer ze sedimentů	12
3.2.1 Plavení	12
3.2.2 Separace organických zbytků z výplavu	13
3.3 Určení četnosti druhů	13
3.4 P/B poměr	14
3.5 Izotopický rozbor schránek cibicoidních foraminifer a rodu <i>Globigerina</i>	15
3.6 Vyhodnocování výsledků izotopického rozboru	15
3.7 Paleoteplotní rovnice	16
4. Výsledky	17
4.1 Vzorky sedimentu	17
4.2 Popis druhů	17
4.2.1 Stratigraficky významné druhy	18
4.2.2 Nejednoznačně určitelné druhy	20
4.2.3 Cibicoidní druhy	22
4.3 Tabulka četnosti druhů	22
4.4 Vyhodnocení výsledků izotopického rozboru a paleoekologické závěry	22
4.5 Výpočet hloubky pomocí P/B poměru	23
4.6 Výpočet teploty ze vzorků ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3 a ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0	24
4.7 Paleogeografická mapa Paratethydy ve spodním bádenu	24
5. Diskuze	24
6. Závěr	27
7. Soupis zdrojů	29
8. Slovníček	31

1. Úvod

Ve své minulé práci jsem se věnovala taxonomii recentních dírkovců z Jaderského moře. Chtěla jsem na svou práci navázat, ale zároveň začít zkoumat ne recentní, ale fosilní dírkovce. Naskytla se mi možnost pracovat na třech vzorcích sedimentu z třetihorního moře odebraných vrtem v Židlochovicích na jižní Moravě. Zázemí a materiály mi opět poskytla paní Doc. RNDr. Katarína Holcová, CSc. z Ústavu geologie a paleontologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

Protože jsem na vzorcích provedla celou metodiku kromě hloubení vrtu a laboratorního izotopického rozboru, je základem mé práce právě provádění metodiky na schránkách dírkovců a samozřejmě vyvozování paleoekologických závěrů z jejich výsledků.

Jelikož je známo, že podmínky třetihorního moře byly velmi podobné dnešnímu teplému Jaderskému moři, využila jsem své zkušenosti s taxonomií dírkovců z dřívějšíka.

2. Teoretická část

2.1 *Foraminifera a jejich stratigrafický a paleoekologický význam*

Foraminifera, česky dírkovci, jsou samostatným kmenem říše prvoků (Rosypal a kol., 2003). Jejich tělo je tvořeno protoplazmou, která vybíhá ze schránky v podobě panožek. Díky tomu, že si tvoří pevnou schránku z vápence (CaCO_3) zachovaly se jejich fosilie. Studium morfologie fosilních schránek foraminifer, porovnáváním s recentními zástupci a chemickými rozbory schránek zjišťujeme důležité informace o podmínkách dávných moří i jejich ekologii.

Věda zabývající se vztahy mezi organismy a prostředími, ale i změnami klimatu a prostředí v minulosti se nazývá paleoekologie. Jednou z hlavních metod získávání informací o dávném prostředí je studium a chemický rozbor fosilních schránek mikroorganismů. Foraminifera jsou nejpoužívanější skupinou pro zjišťování informací o ekologii v mořích od období křídý. Je to dáno jejich hojným výskytem ve velkém množství a tím, že žijí v různých podmínkách a na základě jejich změny se mění druhové složení společenstev, morfologie schránek a chemické složení schránek.

Poprvé tuto skupinu podrobně roztřídil přírodovědec Alcide d'Orbigny ve svém díle „Tableau Méthodique de la Classe des Céphalopodes“. Již z názvu je zřejmé, že je mylně zařadil mezi mikrohlavonožce (Boersma, 1998).

Asi nejvýznamnějším vědcem v oblasti výzkumu foraminifer je August Cushman z USA, který založil výzkumnou laboratoř v Sharonu ve státě Massachusetts. Jeho výzkum byl podnícen ropnými společnostmi, protože se foraminifery ukázaly být v určování stáří hornin stejně dobrými pomocníky jako horninové složení souvrství. Po 1. světové válce nabývají foraminifera a jiné mikrofosilní skupiny na důležitosti díky svému stratigrafickému významu (Boersma, 1998).

Stratigrafie se zabývá zjišťováním vrstevního sledu v různých oblastech, rozčleňováním souvrství podle petrografického vývoje a obsahu zkamenělin a přičleňováním takto rozdělených částí k jednotlivým časovým úsekům (Kettner, 1941). Protože vrstvy, třeba stejného stáří, jsou v různých oblastech vyvinuty různě a jejich úplnost je také různá, má každá oblast své lokální stratigrafické rozdělení. Stratigrafické rozdělení útvarů v oblastech, kde jsou obzvlášť typicky vyvinuty a jsou dobře zachovány, bývá často bráno za základ pro srovnávání s ostatními oblastmi. Oddělení v takových oblastech jsou pak standardizována a mají mezinárodní význam (Kettner, 1941).

Význačné zkameněliny jsou různého významu. Některé charakterizují jedinou zónu, jiné třeba i celé geologické útvary nebo skupiny útvarů (Kettner, 1941).

2.2 Studium stabilních izotopů C, O

2.2.1 Význam stabilních izotopů

Dírkovci si ve své schránce ukládají látky vyskytující se ve vodě, ve které žijí. Některé druhy je ukládají ve stejném poměru, ve kterém se vyskytují i ve vodě, jiné koncentrují ve svých schránkách izotopy kyslíku (^{16}O , ^{18}O), uhlíku (^{12}C a ^{13}C) a dalších prvků.

Pomocí poměru ^{16}O a ^{18}O můžeme odhadnout teplotu tehdejší vody, objem ledovců a lokální rozdíly salinity. Poměr ^{12}C a ^{13}C nám podá informace o cirkulaci vodních mas, množství živin a koncentraci atmosférického CO_2 (Wright, 1999).

Izotopy jsou atomy téhož prvku, které se liší nukleonovým číslem tj. počtem nukleonů v jádře. Nukleony je souhrnný název pro protony a neutrony tvořící atomové jádro. Izotopy

mají shodný počet protonů (jedná se o stejný prvek), ale různé izotopy mají různý počet neutronů. Izotopy dělíme na stabilní (nepodléhají radioaktivnímu rozpadu) a nestabilní (radioaktivní) (Halliday a kol., 2000, str. 1131). Zpravidla jeden izotop převažuje nad ostatními izotopy téhož prvku, které se vyskytují ve stopovém množství (Kováčová, 2005).

2.2.2 Izotopy kyslíku ^{16}O , ^{18}O

Izotop ^{16}O je nejhojnější izotop kyslíku v oceánu i atmosféře, tvoří 99,75% ze všech atomů kyslíku, zatímco izotop ^{18}O zastupuje 0,2% (Wright, 1999).

Pro zjištění poměrů izotopů kyslíku porovnáváme neznámé poměry $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ s jejich známými standardizovanými poměry. Výsledné variace izotopů kyslíku jsou vyjádřeny v relativních rozdílech zvaných δ – hodnoty (Wright, 1999).

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{^{18}\text{O}/^{16}\text{O} \text{ vzorek} - ^{18}\text{O}/^{16}\text{O} \text{ standard}}{^{18}\text{O}/^{16}\text{O} \text{ standard}} \times 1000$$

Jsou používány dva standardy, jeden pro schránkový materiál a druhý pro mořskou vodu.

Pro schránkový materiál je referenční standard PDB, kterým byl belemnit (*Belleminitella americana*) z formace PeeDee v Jižní Karolíně v USA. Originální PDB materiál je již dlouho vyčerpán, ale jiné standardy mají stejné vlastnosti a používají se jako přechodný referenční standard, ze kterého je možno vypočítat hodnotu PDB.

Pro měření izotopického složení vodních vzorků se používá SMOW (Standard Mean Ocean Water). Je to voda, která se blíží průměrnému složení izotopů oceánu (Wright, 1999).

Proměnlivost poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ v prostoru i čase je způsobena teplotně závislým rozdělením mezi molekulami H_2^{18}O a H_2^{16}O v hydrologickém cyklu (Wright, 1999).

Voda se vypařuje v nízkých zeměpisných šířkách a je přenesena do vyšších zeměpisných šířek, kde se vysráží. Rozdělení mezi H_2^{18}O a H_2^{16}O během výparu koncentruje lehčí molekuly H_2^{16}O ve vodní páře a ve vodě se tím zvýší koncentrace H_2^{18}O . Naopak rozdělení během srážení koncentruje H_2^{18}O ve srážkách (déšť, sníh,...) a tím podporuje obohacování mraků (páry) o H_2^{16}O v poměru k H_2^{18}O . Výsledné hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ ve srážkách se

mění jako funkce teploty vzduchu (Wright, 1999: podle Dansgaard, 1964). Proto jsou zde velké, ale předpověditelné, místní variace v hodnotě $\delta^{18}\text{O}$ ve srážkách (Wright, 1999).

Tyto rozdíly ovlivňují oceánské prostředí, protože hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ v různých bodech oceánu reprezentují mísení mezi slanější (voda s vysokými hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ v oblastech s vysokým výparem) s čerstvou říční vodou s nízkými hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ (Wright, 1999: podle Craig a Gordon, 1965).

Rovníkové vody mají díky velkému výparu vyšší hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ než vody v polárních oblastech, které jsou hojně ředěny potoky a řekami. O tomto se často zmiňuje jako o salinickém efektu, protože změny $\delta^{18}\text{O}$ souvisí se změnami salinity (Wright, 1999).

Rozdělení molekul H_2^{18}O a H_2^{16}O v hydrologickém cyklu během střídání ledových a meziledových dob zapříčinilo značné změny hodnot $\delta^{18}\text{O}$ v oceánu. V současnosti se srážky z vyšších zemských šířek vrací do oceánu během letního tání, avšak během ledových intervalů v sobě tvořící se ledovce uskladňovaly lehčí molekuly s izotopem ^{16}O . Rozdíl v mezi hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ v ledovci a v oceánu byl velký. Hodnota průměrného oceánského $\delta^{18}\text{O}$ byla během posledního ledového maxima o 1,2‰ vyšší než v současnosti (Wright, 1999).

2.3 Význam lokality Židlochovice

Předhlubeň Západních Karpat je součástí jednotné alpsko-karpatské předhlubně. Vznikla v předpolí vyvrásněných vnějších flyšových Karpat a její výplň tvoří souvrství neogenní molasy, dosahující mocnosti až 2000 m (Hladilová, Nezdražílková, 1989). Představuje významnou součást rozsáhlé sedimentační oblasti Paratethydy, která vznikla na místě severní části původní oceánské pánve Tethys (Chlupáč a kol., 2002).

Pohyby příkrovů probíhající současně se sedimentací způsobily, že uloženiny předhlubně dnes leží místy pod příkrovy, před nimi i na nich, nebo jsou do příkrovových staveb zabudovány. Kvůli silné pliocénní a kvartérní denudaci nezpevněných sedimentů se nám zachovaly pouze relikty výplně pánví (Chlupáč a kol., 2002). Sedimentace v karpatské předhlubni je ovlivněna transgresně-regresními cykly Paratethydy.

Paratethys se paleogeograficky dělí na Západní, Centrální (součástí je i karpatská předhlubeň) a Východní (Mišík a kol., 1985).

Vzhledem k tomu, že byla Centrální Paratethys většinou oddělena od mediterranní oblasti, je pro ni zavedeno vlastní stratigrafické členění pro období miocénu (obr. A1).

Jedním z regionálních stupňů je **spodní báden** – morav probíhající před 16,1 – 15, 0 mil. let (Hohenegger a kol., 2008), během něhož probíhala silná transgrese na západ (Chlupáč a kol., 2002). Spodním báděním sedimentace v karpatské předhlubni na Moravě na území mezi Znojmem a Ostravou zaniká (Hladilová, Nezdražílková, 1989).

Lokalita **Židlochovice** patří k lokalitám před čelem příkrovů (Chlupáč a kol., 2002). Nalézají se ve spodní části vrchu Výhon na severním okraji Židlochovic (obr. A2). Z této lokality (společně s jinými) byly popsány horniny (tzv. tufity) značící intenzivní vulkanickou činnost v období spodního báděním (Hladilová, Nezdražílková, 1989). Lokalita byla stanovena jako pomocný stratotyp spodního báděním Centrální Paratethydy. Hlavním stratotypem báděním je městečko Báděním ve vídeňské pánvi (Papp a kol., 1978).

2.4 Terminologie popisu schránek

U spirálních foraminifer mluvíme o čelním pohledu, kolmém na čelní plochu poslední komůrky, a o bočním pohledu, rovnoběžném s osou vinutí (Poštulková, 2009).

U trochospirálních rozlišujeme spirální (dorsální, hřbetní) stranu, na které je vrchol s proloculem a na které můžeme pozorovat závit, a umbilikální (ventrální, břišní), která je spirální protilehlá. Dále rozlišujeme periferní pohled, kolmý na osu vinutí, a čelní pohled na čelní stěnu poslední komůrky (Poštulková, 2009 podle: Pokorný, 1954).

U schránek miliolidního typu se rozlišuje boční pohled kolmý na osu vinutí, aperturální pohled, rovnoběžný s osou vinutí, pohlížející na stranu s ústím a periferní pohled, kolmý na osu vinutí, pohlížející ze zploštělé strany schránky na stěnu obvodové komůrky.

U seriálních schránek hovoříme o bočním pohledu, z něhož jsou viditelné seriálně řazené komůrky, o periferním pohledu, z kterého je viditelná boční strana jedné řady komůrek a o aperturálním pohledu (Poštulková, 2009 podle: Pokorný, 1954).

U planktonických rozeznáváme pohled boční kolmý na osu vinutí, aperturální pohled na boční stranu schránky s ústím, periferní pohled kolmý na osu vinutí a zároveň kolmý na směr bočního pohledu na schránku a pohled svrchní pohlížející na poslední největší komůrku.

3. Materiál a metody

3.1 Odebrání vzorků sedimentu vrtem

V lokalitě Židlochovice na jižní Moravě byly v dubnu 2009 vyhloubeny 2 vrty v rámci projektu GA ČR 205/09/0103, za účelem oživení této lokality.

Lokalita byla poprvé zkoumána v roce 1978, poté byl původní odkryv zavezen sutí. Proto se provádí nový výzkum, v jehož rámci byly s využitím moderních metod odebrány nové vzorky prostřednictvím dvou mělkých vrtů (do hloubky zhruba 17 m sedimentu). Oživení lokality je důležité, neboť se jedná o jednu z pomocných typových lokalit (tzv. parastratotyp) podstupně spodní bádén – morav.

Vzorky, na kterých pracuji, pochází z vrtu označeného ŽIDL 2.

3.2 Izolace foraminifer ze sedimentů

3.2.1 Plavení

Vzorky byly čištěny metodou plavení na sítích v Ústavu geologie a paleontologie PřF UK.

Každý vzorek sedimentu reprezentuje 10 hloubkových centimetrů z vrtu. Z každého takového vzorku se odebere přibližně polovina (dostatečné množství pro vyplavení) a zbytek se ponechá neporušený pro další analýzy. Část, kterou chceme plavit, se nechá odmočit tak dlouho (1-3 dny), až se pevný sediment rozpadne. Poté se přidá soda a s ní se vzorek vaří, dokud nevznikne bahno.

Pokud by se ani vařením vzorek nerozpadl, nechá se zmrazit. Tím se poruší jeho soudržnost a pak se opakuje vaření. Při plavení vzorků z Židlochovic nebylo mražení potřeba.

Uvařená se směs se plaví pod tekoucí vodou na sítích s různou velikostí ok, v tomto případě na třech, čímž vznikly tři frakce (nad 5 mm, 2 – 5 mm a 0,063 – 2 mm).

Po usušení při pokojové teplotě, uskladnění v PE sáčcích označených číslem vrtu a hloubkou, ze které byl vzorek odebrán, se může se vzorky dále pracovat. Já jsem dále zkoumala pouze frakci 0,063 – 2 mm.

3.2.2 Separace organických zbytků z výplavu

Výplav se nasype v jedné vrstvě tak, aby se zrna nepřekrývala, na vybírací ploténku. Ploténku umístíme pod zvětšovací zařízení s dostatečným osvětlením, nejlépe pod binokulární lupou, aby byl obraz trojrozměrný. Poté výplav prohlédneme a vybíráme schránky z ploténky entomologickou jehlou nebo entomologickou pinzetou. Podle své potřeby třídíme vybrané vzorky do Frankeho schránek, které musíme opatřit popiskem (Poštulková, 2009).

Při separaci jsem pracovala s binokulární lupou značky STS 752 při zvětšení 20 x 4.

Pro pozorování větších detailů se využívá elektronový mikroskop. Já jsem pracovala s řádkovacím elektronovým mikroskopem JEOL JSM – 6380. Vybrané schránky jsem nalepila na oboustranně lepicí pásku, připevněnou k podložce z vodivého materiálu. Schránky jsem lepila do řad a pečlivě zapisovala, ze kterého pochází vrtu a hloubky. Poté se podložka i se vzorky pokoví vrstvičkou zlata, aby se proud elektronů od povrchu lépe odrážel a zabránilo se vytvoření nekvalitního obrazu (Poštulková, 2009).

Po vložení podložky do vakuové komory, jsem pod odborným vedením RNDr. Martina Mazucha, Ph. D. pořídila snímky jednotlivých vzorků či detailů schránky.

3.3 Určení četnosti druhů

Pro určení četnosti druhů jsem zkoumala výplav na vybírací ploténce pod binokulární lupou značky STS 752 při zvětšení 20 x 4. Výplav, ze kterého se určuje četnost druhů, musí být nedotčený, tj. nesmí z něj být předtím separovány schránky, aby se neporušil poměr výskytu různých druhů.

Vždy se nasype část výplavu na ploténku a spočítají se všechny schránky v ní obsažené. Počítá se zvláště plankton a zvláště bentos, přičemž pouze bentos jsem rozlišovala na různé druhy nebo skupiny. Ne všechny druhy se dají pouze pod lupou s jistotou poznat, proto se zaznamenávají alespoň jako zástupci určitých ekologických skupin nebo rodů.

Když se napočítá alespoň 200 zástupců bentózních foraminifer, ukončí se počítání. Tím vznikne průkazný vzorek procentuelního zastoupení druhů ve výplavu a získáme podklady pro výpočet poměru planktonu a bentosu.

Určení četnosti druhů jsem provedla na všech třech vzorcích sedimentu.

3.4 P/B poměr

Poměr mezi planktonickými a bentózními foraminifery je označován jako P/B poměr nebo %P a představuje procentuelní zastoupení planktonických druhů ve společenstvu (Kováčová, 2005). Jednotkou jsou %. Počítá se podle jednoduchého vztahu:

$$P/B = 100 * P/P + B$$

Kde P..... počet planktonických foraminifer

B..... počet bentózních foraminifer

Vzhledem k tomu, že množství planktonických jedinců narůstá přímo úměrně se vzdáleností od pobřeží, byly vytvořené modely, kde jsou ke konkrétním hodnotám P/B poměru přiřazené hloubkové zóny (Kováčová, 2005).

P/B poměr (%)	Hloubka (m)
0 – 20	0 – 30
20 – 40	30 – 100
40 – 60	100 – 200
– 100	>200

(Tabulka upravena podle Spezzaferri a kol., 2002)

Výpočet se upravuje v případě výskytu infauny, do které z nalezených druhů patří: *Bolivina dilatata*, *Bolivina antiqua*, *Bulimina elongata*, *Fursenkoina acuta*, *Melonis pompilioides*, *Pullenia bulloides*, *Praeglobobulimina pyrula*, *Sphaeroidina bulloides*, *Uvigerina aculeata*, *Uvigerina acuminata*, *Uvigerina macrocarinata*, *Uvigerina pygmoides* a *Valvulineria complanata*. Tyto druhy přežívají v nepříznivých podmínkách ve svém vlastním mikroklimatu pod povrchem sedimentu. Od celkového počtu schránek (P+B) se musí počet těchto zástupců (I) odečíst (Kováčová, 2005). Po korekci infauny vypadá výpočet takto:

$$P/B = 100 * [P/(P + B - I)]$$

Pro přesný výpočet hloubky se používá také jiná rovnice. Van der Zwaan a kol. (1990) definovali vztah mezi batymetrií a %P poměrem založený na současných batymetrických údajích (Kováčová, 2005). Pro výpočet jsem použila tento tvar:

$$\text{Hloubka (m)} = e^{3,58718 + (0,03534 * \%P)}$$

Přesný výpočet hloubky je velmi obtížný, proto se mohou výsledky různých metod rozcházet.

3.5 Izotopický rozbor schránek cibicidoidních foraminifer a rodu *Globigerina*

Z každého vzorku jsem separovala pomocí vybírací ploténky a entomologické jehly pod binokulární lupou značky STS 752 při zvětšení 20 x 4 schránky foraminifer určené pro izotopickou analýzu. Jednalo se o schránky planktonických zástupců rodu *Globigerina*, druhou vybíranou skupinou byly schránky cibicidoidních druhů. Popisy morfologie schránek naleznete níže v kapitole 4.3.

Tyto dvě různé skupiny schránek foraminifer jsou vhodné k izotopické analýze kvůli způsobu, jakým si do své schránky prvok během svého života ukládal látky obsažené ve vodě. U foraminifer je pozorován tzv. vitální efekt, což znamená, že si dírkovec během svého života vybírá z okolní vody přednostně jeden izotop, nejčastěji ten lehčí. Pro izotopovou analýzu však hledáme druhy bez vitálního efektu, které si do své schránky ukládají látky přesně v poměru, v jakém se ve vodě vyskytují. Tyto požadavky obě vybrané skupiny splňují. Z rozboru schránek planktonických foraminifer zjistíme vlastnosti vody blízko hladiny, z bentózních vlastností vody při dně.

Schránky byly rozříděny do Frankeho schránek a poslány do Ústavu geochemie Maďarské Akademie věd, kde na nich provedl analýzu izotopického složení Dr. Attila Demeny.

3.6 Vyhodnocování výsledků izotopického rozboru

Z laboratoře byly zaslány naměřené hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ a $\delta^{13}\text{C}$ obsažené ve vybraných schránkách dírkovců z každého ze tří vzorků sedimentu. Z těchto dat jsem vytvořila graf závislosti $\delta^{13}\text{C}$ na $\delta^{18}\text{O}$.

Naměřené hodnoty jsou uváděny v desetinných číslech. Přidává se znaménko mínus, pokud v poměru převažuje lehčí izotop (^{12}C , ^{16}O).

Metodika rozboru izotopů má mnohá úskalí. Správné měření hodnot poměru izotopů a jejich následnou interpretaci mohou ovlivnit tyto faktory:

1. Schránky se během usazování mohou vyplnit okolním sedimentem.

Tyto schránky nejsou vhodné k izotopické analýze, protože výplň schránky zakresluje výsledky rozboru. Aby se předešlo vybrání vyplněných schránek pro izotopickou analýzu, výplav se rozdělí flotací. Na Petriho misku se nasype výplav a přilije se voda. Nevyplněné schránky naplněné vzduchem plavou na hladině, proto se voda se schránkami opatrně slijí a po uschnutí se pracuje pouze se schránkami, které plavaly.

2. Schránky mohou být rekrystalizované.

Rekrystalizací se změní povaha materiálu schránky a také jeho chemické složení. Proto rekrystalizované schránky nejsou vhodné k izotopické analýze. Stupeň rekrystalizace se studuje na elektronovém mikroskopu zvláště na vnitřních stěnách schránek.

3. Schránky mohou pocházet z původně různých míst pánve.

Tato situace může nastat, pokud žili bentičtí dírkovci na svahu. Potom se jejich schránky usazované na povrchu svahu mohly transportovat do nižších poloh. Tím se stane, že ve stejné vrstvě nalezneme druhy, které žily v jiných hloubkách. Teplota vody se snižuje s rostoucí hloubkou a zároveň ovlivňuje poměr izotopů ve schránkách. Smíšení různých ekologických skupin způsobí větší odchylku v měření izotopického složení.

3.7 Paleoteplotní rovnice

Pomocí měření poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ve vápenci tvořeném měkkýši byl potvrzen teoretický předpoklad, že se poměr $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ve vápenci mění jako funkce teploty, při které se minerál srážel. Byla vytvořena paleoteplotní rovnice, ze které může být odhadnuta teplota srážení pomocí měření poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ v organismech vylučujících vápenec (foraminifera, koráli, měkkýši) a poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ve vodě určeným organismy v ní žijící (Wright, 1999). Byly vyvíjeny různé formy paleoteplotní rovnice, ale všichni se celkově drží Epsteinovy a kol. (1951,53) verze (Wright, 1999):

$$T = 16,5 - 4,3 * (\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}) + 0,14 * (\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{voda}})^2$$

T..... teplota v ° C

$\delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}$hodnota izotopů kyslíku, ve které organismus žil

$\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}}$ hodnota izotopů kyslíku vápence

Termín $\delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}$ v paleoteplotních rovnicích vyjadřuje relativní PDB, ne SMOW. K převedení hodnot $\delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}$ z SMOW do PDB stupnice musíme odečíst 0,22‰ od hodnoty SMOW (Wright, 1999).

4. Výsledky

4.1 Vzorky sedimentu

Zkoumala jsem 3 vzorky z vrtu ŽIDL 2, a to z hloubek sedimentu 8,5 – 8,6 m; 12,2 – 12,3 m; 16,9 – 17,0 m. Všechny vzorky obsahovaly schránky foraminifer a úlomky schránek měkkýšů.

Vzorek z 8,5 – 8,6 m byl hrubozrnější a schránky byly odřené. Lze soudit, že vzorek pochází z příbojové zóny.

4.2 Popis druhů

Níže uvádím popisy stratigraficky významných druhů nebo těch, které nelze přesně určit. Ostatní druhy (tab. B1) se shodují s originálním popisem. Poslední kapitola tohoto oddílu je věnovaná cibicoidním druhům, které byly ve výplavu velmi hojné a byly použity na izotopovou analýzu.

Mezi popisy stratigraficky významných druhů jsem zařadila popis nalezené řasy *Bolboforma badenensis*, která nepatří mezi dírkovce, ale má velký stratigrafický význam.

4.2.1 Stratigraficky významné druhy

***Bolboforma badenensis* (Szczechura, 1982)**

obr. E1

1982 *Bolboforma badenensis* – Szczechura, str. 33, pl. 6, obr. 1-4

1986 *Bolboforma badenensis* (Szczechura) – Szczechura J., str. 223, pl. 24: obr. 1 – 4;
pl. 26: obr. 1 – 9

Planktonicky žijící, stratigraficky významný druh řasy.

Drobná kulovitá schránka s výraznými ostny. Ústí okrouhlé, někdy umístěno na krčku. Povrch hladký, bez pórů.

***Globigerinoides bisphericus* (Todd, 1954)**

tab. 5, obr. 1 – 3

1954 *Globigerinoides bispherica* – Todd, str. 681, pl. 1, obr. 1

1998 *Globigerinoides bisphericus* (Todd) – Cicha, Rögl, Rupp, Ctyroka, str. 102, pl. 36,
obr. 4 – 7

Krátce žijící, planktonický a stratigraficky významný druh.

Schránka perforovaná s výraznou strukturou na povrchu. Kulovité komůrky narůstají pod velkým úhlem, během narůstání se zvětšují, tj. poslední komůrka je největší. Ústí štěrbinovité, tvořené jedním otvorem, bez lemu, uložené mezi komůrkami, které ho dokola objímají. V oblasti švů vznikají menší vedlejší tzv. suturální ústí.

Globigerinoides bisphericus patří do vývojové linie *G.bisphericus* – *Praeorbulina* - *Orbulina*, která je příkladem zaznamenaných mikroevolučních změn (Bolli, 2007). Během této linie se zvětšuje velikost komůrek a jejich objímavost, takže poslední komůrka zakrývá stále víc přecházejících. Dále se v linii *G. bisphericus* – *Praeorbulina* zvětšuje množství suturálních ústí (Bolli, 2007).

V Paratethydě se vzácně nachází ve svrchním karpátu, ale jeho hlavní výskyt je spolu s *Praeorbulinou* ve spodním moravu (Cicha a kol., 1998).

***Orbulina suturalis* (Brönnimann, 1951)**

tab. 5, obr. 8 – 10

1951 *Orbulina suturalis* – Brönnimann, str. 135, text – obr. 2 – 4

1998 *Orbulina suturalis* (Brönnimann) – Cicha, Rögl, Rupp, Ctyroka, str. 114, pl. 37, obr. 3 – 4

Planktonicky žijící druh, kulovitý tvar, může ale vytvářet tzv. biorbulinní růstové stadium, které tvoří dvě kulovité komůrky spojené švem. Perforovaná, nemá výrazné hlavní ústí.

Zvětšování velikosti a objímavosti komůrek během vývojové linie *G.bisphericus* – *Praeorbulina* – *Orbulina* způsobuje, že můžeme vidět pouze poslední komůrku (Bolli, 2007).

***Praeorbulina glomerosa circularis* (Blow, 1956)**

tab. 5, obr. 11 - 12

1956 *Globigerinoides glomerosa circularis* – Blow, str. 65, text – obr. 2,3 – 2,4

1998 *Praeorbulina glomerosa circularis* (Blow) - Cicha, Rögl, Rupp, Ctyroka, str. 120, pl. 37, obr. 1 – 2

Zástupci rodu *Praeorbulina* v Centrální Paratethydě jsou výrazně menší než venezuelské typy (Cicha a kol., 1998). V sedimentárním sledu byl zaznamenán pouze *Globigerinoides bisphericus* a s nástupem bádenu se velmi rozšířila *Praeorbulina*, jako *Praeorbulina glomerosa circularis* a *Praeorbulina glomerosa glomerosa*. *Praeorbulina glomerosa circularis* je velmi stratigraficky významná (Cicha a kol., 1998).

Planktonicky žijící, schránka je kulovitá, perforovaná. Důležitým znakem je řada drobných suturálních ústí na spoji juvenilních komůrek a je objímající poslední komůrky. Komůrky se stáčí v mírném oblouku.

***Uvigerina macrocarinata* (Papp a Turnovsky, 1953)**

tab. 7, obr. 7 - 8

1953 *Uvigerina macrocarinata* – Papp a Turnovsky, str. 123, pl. 5/B, obr. 1 – 3

1998 *Uvigerina macrocarinata* (Papp a Turnovsky) - Cicha, Rögl, Rupp, Ctyroka, str. 134, pl. 51, obr. 3 – 4

Stratigraficky významný druh pro spodní bádenu.

Seriální schránka, ve směru s podélnou osou schránky se táhnou žebra přerušovaná švy komůrek. Žebra jsou méně hustě uspořádána než u jiných zástupců rodu *Uvigerina*, jsou větší, oblejší a výrazněji vystupují z povrchu schránky. Na poslední komůrce žebra chybí. Ústí umístěno na krčku.

4.2.2 Nejednoznačně určitelné druhy

***Amphistegina* sp.**

tab. 10, obr. 5

Schránka trochospirální, perforovaná. Z čelního pohledu zřetelně dvojevypuklá, na rozdíl od plošší schránky u *Amphistegina bohdanowiczi*. Ústí posunuto k jedné boční straně, tvořeno jedním větším otvorem. Výrazná kresba typická pro *Amphistegina bohdanowiczi* zřejmě chybí, nelze posoudit s jistotou kvůli úhlu pohledu a značnému poškození schránky.

***Dentalina* sp.**

tab. 2, obr. 4

Monoseriální stavba, ústí na konci poslední komůrky. Povrch hladký, neperforovaný. Poslední komůrka zašpičatělá, na konci terminální ústí. Komůrky se během nárůstu mírně stáčí. Švy mezi komůrkami kolmé na podélnou osu.

Stavba schránky jako *Dentalina*, kvůli poškození ústí nelze přesněji určit. Schránka byla navíc během narůstání zlomená, proto dochází k mírné nepravidelnosti v nárůstu komůrek.

***Globigerina* sp.**

tab. 4, obr. 12

Stavba typická pro *Globigerina bulloides/praebulloides*. Schránka perforovaná, výrazná struktura na povrchu. Komůrky se v průběhu nárůstu zvětšují a narůstají pod velkým úhlem.

Schránka dobře zachovalá, ale kvůli úhlu pohledu není vidět ústí, proto nelze rozhodnout mezi *Globigerina bulloides* a *Globigerina praebulloides*.

***Karreriella* sp.**

tab. 1, obr. 8

Aglutinovaná schránka, zpočátku monoseriální, poté přechází v biseriální. Rovné švy. Ústí na konci poslední komůrky. Schránka poměrně dlouhá a štíhlá.

Ústí špatně viditelné, proto nelze blíže určit.

***Lenticulina* sp.**

tab. 3, obr. 5

Schránka spirální, involutní. Hladký povrch, neperforovaný. Paprscité ústí na špičce poslední komůrky. Oproti *Lenticulina inornata* mohutně vyvinutý lem kolem schránky.

***Planularia* sp.**

Schránka spirální, průsvitná, protažená kolmo na osu vinutí. Komůrky se zvětšují v délce. Schránka zkoumána pouze pod binokulární lupou, nelze proto určit v rámci druhu.

***Pullenia* sp.**

tab. 11, obr. 9

Schránka spirální, involutní, s hladkým povrchem. Čelní stěna poslední komůrky trojúhelníkovitá s nevýrazným lemem. Schránka z čelního pohledu zaoblená.

Kvůli poškození schránky, zvláště ulomení části poslední komůrky, nelze blíže určit.

***Rosalina* sp.**

tab. 8, obr. 5

Trochospirální nepravidelně zprohýbaná schránka. Povrch hladký bez perforace. Komůrky se zvětšují. Na břišní straně ústí, ze kterého vybíhají štěrbin s ostrým okrajem, které se na koncích větví. Tyto rozvětvené okraje jsou netypickým znakem, kvůli kterému byla schránka zařazena jako *Rosalina* sp..

***Spiroloculina* sp.**

tab. 2, obr. 1

Miliolidní, hladká schránka. Z periferního pohledu mírně vypouklá. Ústí na horní straně schránky. Poslední komůrka na opačné straně, než je posazeno ústí, mírně přesahuje.

Stavba typická pro *Spiroloculina*, obzvláště přečnávající poslední komůrka, ale je obecně zaoblenější a z periferního pohledu vypouklá.

4.2.3 Cibicoidní druhy

tab. 9; tab. 12, obr. 2 - 4

Ve vzorcích byly nalezeny cibicoidní druhy: *Cibicoides austriacus*, *Cibicoides ornatus*, *Cibicoides ungerianus*, *Heterolepa dutemplei*.

Mají trochospirální schránku, hřbetní strana je evolutní, břišní involutní. Hřbetní strana často plochá. U všech se vyskytují póry, většinou kolem švů, u *Heterolepa dutemplei* na celém povrchu schránky.

Cibicoidní druhy jsou ve výplavu velmi hojné, jejich význam tkví v použitelnosti pro izotopický rozbor. Lze je použít pro rozbor jako skupinu, můžeme smísit jednotlivé druhy uvnitř této skupiny a nebude to mít na výsledky rozboru vliv (Schweizer a kol., 2009).

4.3 Tabulka četnosti druhů

Na základě četnosti druhů jsem sestavila tabulku (tab. B2).

4.4 Vyhodnocení výsledků izotopického rozboru a paleoekologické závěry

Protože bylo na vzorcích provedeno při izotopickém rozboru nadstandardní množství měření, ukázalo se, že odchylka mezi měřeními je velmi vysoká (tab. B3). Běžná odchylka by neměla přesáhnout hodnotu 0,3‰, přičemž u měření izotopů uhlíku byla dodržena až na cibicoidní druhy ze vzorku ŽIDL 2/ 8,5 – 8,6. Ale u měření poměru izotopů kyslíku se odchylky pohybovaly okolo hodnot 0,7‰; 0,8‰ a v jednom případě dokonce nabyly odchylka hodnoty 1,1‰.

Pouze dvě hodnoty odpovídaly požadavkům a to u schránek rodu *Globigerina* ze vzorků ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3 a ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0. Z těchto hodnot jsem potom vypočítala paleoteplotní rovnici teplotu u hladiny.

Hodnoty získané ze vzorku ŽIDL 2/ 8,5 – 8,6 jsem musela z výpočtů úplně vyloučit, protože u nich byla odchylka u poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ příliš vysoká a dokonce i u poměru $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ dosáhla hodnoty 0,4. Zřejmě to bylo způsobeno značnou rekrystalizací, které jsem si následně všimla jak na řádkovacím elektronovém mikroskopu, tak pod binokulární lupou (obr. B4 – B6).

Vliv vyplnění schránky sedimentem na rozbor je nepravděpodobný, protože byl výplav vyflotovaný.

Hodnoty poměru $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ získané ze vzorků ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3 a ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0 byly v pořádku, stejně jako hodnoty poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ze schránek rodu *Globigerina*. Ale hodnoty poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ naměřené ze schránek cibicoidních foraminifer vykazovaly velké odchylky.

To, že poměry izotopů uhlíku byly zcela v pořádku a poměry izotopů kyslíku měly velké odchylky pouze u bentózních cibicoidních druhů nejspíše znamená, že se bentické druhy nacházely na svahu a mohly se transportovat do větších hloubek. Tento jev jsem popsala výše v kapitole 3.5 jako jedno z úskalí izotopických rozborů schránek.

Zkreslenost získaných hodnot se dá vyčíst i z grafu závislosti $\delta^{13}\text{C}$ na $\delta^{18}\text{O}$ (obr. B7). Každý bod v grafu charakterizuje závislost $\delta^{13}\text{C}$ na $\delta^{18}\text{O}$ v jednom měření. Pokud vznikne mezi $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$ přímá úměra, obvykle to znamená, že byl materiál schránek rekrystalizovaný (Demény, ústní sdělení). Na grafu pozorujeme, že se v I. a III. kvadrantu body přibližují přímce procházející počátkem, tedy přímé úměře.

Růžově jsou zvýrazněna měření s hodnotami poměru $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ze schránek rodu *Globigerina* ze vzorku ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3. Ta jsou sice průkazná, co se týče odchylek, ale zjišťujeme, že se blíží přímé úměře s odpovídajícími hodnotami poměru $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$. Přitom na elektronovém mikroskopu nebyla rekrystalizace, která by zkreslení způsobila, pozorována.

Proto považuji za nejpřesnější hodnoty ze schránek rodu *Globigerina* ze vzorku ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0, které jsou v grafu znázorněny zelenou barvou.

4.5 Výpočet hloubky pomocí P/B poměru

Výpočet byl proveden pomocí P/B poměru (s korekcí o zástupce infauny) podle rovnice:

$$\text{Hloubka (m)} = e^{3,58718 + (0,03534 * \%P)}$$

Vzorek	P/B (%)	Hloubka (m)
ŽIDL 2/ 8,5 – 8,6	14,89362	61,162
ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3	55,61644	257,924
ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0	37,94466	138,123

4.6 Výpočet teploty ze vzorků ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3 a ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0

Vzhledem k tomu, že se k výpočtu teploty ukázaly být vhodné pouze hodnoty získané ze schránek planktonického rodu *Globigerina*, mohla jsem vypočítat jen teplotu u tehdejší hladiny. Vzorek ŽIDL 2/ 8,5 – 8,6 jsem pro výpočet vyloučila už dříve.

Výpočet jsem provedla pro hodnoty $\delta^{18}\text{O}_{\text{voda}} = -1; 0; 1$, které jsem převedla z SMOW do PDB stupnice. Podle paleoteplotní rovnice:

$$T = 16,5 - 4,3 * (\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}) + 0,14 * (\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{voda}})^2$$

$\delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}$ (‰)	T ŽIDL/12,2 – 12,3 (°C) ($\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} = -1$)	T ŽIDL/16,9 – 17,0 (°C) ($\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} = -0,3$)
-1 – 0,22	15,56	12,66
0 – 0,22	19,94	16,84
1 – 0,22	24,60	21,31

4.7 Paleogeografická mapa Paratethydy ve spodním bádenu

Na paleogeografické mapě z období bádenu převzaté z Kováč, M. (2005) byly vyznačeny lokality Židlochovice (Ž), Kralice nad Oslavou (K), Gliwice (G), Sooss (S) a Tekeres (T) (obr. C1).

Některé z lokalit leží na mapě mimo moře. Je to způsobeno tím, že mapa zřejmě zachycuje spíše situaci ve svrchním bádenu, pro který byly Kováčem (2005) vytvářeny pylové analýzy. Ve spodním bádenu nastává transgrese a nížinné oblasti jsou zatopeny.

5. Diskuze

1. Vzhledem k nalezení stratigraficky významných druhů typických pro spodní bádenu (*Globigerinoides bisphericus*, *Orbulina suturalis*, *Praeorbulina glomerata circularis* a *Uvigerina macrocarinata*) náleží vzorky stářím do rozmezí spodního bádenu tj. před 16,1 – 15,0 mil. let (Hohenegger a kol., 2008).

2. V porovnání s grafy závislosti $\delta^{13}\text{C}$ na $\delta^{18}\text{O}$ vytvořenými na základě hodnot získaných z jiných lokalit v sedimentační oblasti Paratethydy (obr. D1), se údaje nejvíce blíží hodnotám z Gliwic. Pravděpodobně proto, že se jedná o vzorky z karpatské předhlubně, kde mohlo být SMOW odlišné od panonské pánve (Tekeres) a vídeňské pánve (Sooss). Oproti Gliwicím je ale zřejmý posun k záporným hodnotám $\delta^{18}\text{O}$. Mohlo by to znamenat větší přítok sladké vody v oblasti Židlochovic, než v Gliwicích.

Naměřené hodnoty pro syntézu grafů pochází od Báldi (2005) pro Tekeres, Báldi a Hoheneggra (2008) pro Sooss, Gonery a kol. (2000) pro Gliwice a dosud nepublikované hodnoty z Kralic nad Oslavou mi poskytla doc. RNDr. Katarína Holcová. CSc.

3. Různé metody při výpočtu hloubky se mohou ve výsledcích rozcházet. Dochází k tomu proto, že výsledný P/B poměr může ovlivnit mnoho faktorů. Nejen hloubka a vzdálenost od pevniny, jak předpokládají Van der Zwaan (1990) a Spezzaferri a kol. (2002). Např. Retailleau a kol. (2009) uvádí pro Biskajský záliv jako rozhodující faktor pro množství planktonních foraminifer živiny (vyjádřené koncentrací chlorofylu) a sezónní kolísání salinity. U fosilních společenstev hraje velkou roli mořské proudění.

Ve spodním bádenu se vytvořil díky převaze výparu nad přítokem sladké vody a srážkami antiestuáriový typ proudění (Báldi, 2005). V mělkých příbřežních oblastech dochází k velkému výparu. Odpařená voda se musí doplnit přítokem vody z oceánu. Teplá voda z oceánu přichází povrchovými proudy, dostane se do oblasti výparu, kde klesne ke dnu a při dně se vrací zpět (viz obr. D2) (Báldi, 2005). Silnými povrchovými proudy z oceánu mohlo docházet k posmrtnému transportu planktonních druhů z poměrně velkých vzdáleností (Báldi, 2005). Náhlým přísunem planktonu by byl značně ovlivněn P/B poměr, a tím i výpočet hloubky, ve kterém by vycházely mnohem vyšší hodnoty.

Hodnoty hloubky vypočítané Van der Zwaanovou a kol. (1990) rovnicí vyšly příliš vysoké oproti předpokladům. Ze sedimentologického hlediska se hloubka odhaduje řádově v prvních desítkách metrů (Nehyba, ústní sdělení).

Po dosazení hodnot do tabulky uvedené v kapitole 3.4, upravené podle Spezzaferri a kol. (2002) je zřejmé, že výsledky rovnice nekorespondují s intervaly v tabulce.

Vzorek	P/B (%)	Hloubka (m) podle rovnice	Intervaly hloubky (m) podle tabulky
ŽIDL 2/ 8,5 – 8,6	14,89362	61,162	0 – 30
ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3	55,61644	257,924	100 – 200
ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0	37,94466	138,123	30 – 100

Předpokládám proto, že správnější budou intervaly převzaté ze Spezzaferri a kol. (2002), neboť rovnici vytvořenou Van der Zwaanem a kol. (1990) nelze jednoduše použít pro epikontinentální moře s antiestuáriovým typem proudění.

4. Hodnota SMOW standardu $\delta^{18}\text{O}$ pro vodu v oceánu ve středním miocénu byla Learem a kol. (2000) určena jako -1‰ (Harzhauser a kol., 2007). Data získaná Harzhauserem a kol. (2007) naznačují, že nemůžeme jednoduše aplikovat tuto hodnotu na epikontinentální moře, jako je Paratethyda. Harzhauser a kol. (2007) předpokládají pro Paratethydu ve středním miocénu hodnotu SMOW $\sim +1\%$. Posun ke kladným hodnotám $\delta^{18}\text{O}$ ve vodě byl způsoben koncem vysokých srážek během karpátu (Harzhauser a kol., 2007 podle: Meller, 1998) a nástupem sušších podmínek (Böhme, 2003); navíc umocněn vysokými teplotami ve středním miocénu, tzv. klimatickým optimem (MMCO – Middle Miocene climate optimum) (Harzhauser a kol., 2007).

Výpočty jsem prováděla pro hodnoty SMOW: -1‰, 0‰, +1‰. Hodnotu -1‰ vylučuji, protože výsledné teploty jsou příliš nízké vzhledem ke klimatickému optimu a výsledkům pylových analýz Kováče a kol. (2005) pro svrchní bádén.

Kováč, M. a kol. (2005) předpokládá na základě pylových analýz ze sedimentů vídeňské pánve průměrné roční teploty na pevnině pro svrchní bádén 15,6 – 18,4 °C. Vzhledem k tomu, že ve svrchním bádenu předpokládáme ochlazení (Böhme, 2003), měly by být výsledné teploty vyšší než hodnoty pro svrchní bádén.

Kováč, M. a kol. (2007) udává pro spodní bádén teplotu okolo 20°C, soudí tak na základě výskytu subtropických druhů, které se v současnosti zdržují výhradně v místech s těmito teplotami během léta.

Böhme (2003) předpokládá pro spodní bádén teplotu na pevnině 24°C.

Vzhledem k těmto předpokladům leží nejpřesnější hodnoty teplot někde mezi výsledky s SMOW 0‰ a +1‰. Proto pokládám za nejsprávnější hodnotu SMOW + 0,5‰ a z ní vyplývající hodnoty teplot.

6. Závěr

1. Bylo nalezeno 73 druhů dírkovců, z toho 4 stratigraficky významné pro spodní bádén (*Globigerinoides bisphericus*, *Orbulina suturalis*, *Praeorbulina glomerosa circularis*, *Uvigerina macrocarinata*). Také byl nalezen jeden druh stratigraficky významné planktonické řasy *Bolboforma badensis*.
2. Byla vytvořena tabulka četnosti druhů.
3. Bylo vytvořeno 12 tabulí ze snímků schránek pořízených na řádkovacím elektronovém mikroskopu.
4. Pomocí P/B poměru byla vypočítána hloubka jednotlivých vzorků (viz kapitola 4.6). Po diskuzi různých postupů výpočtu, se přikláním k hloubkovým intervalům naznačeným v tabulce od Spezzaferri a kol. (2002).

Vzorek	P/B (%)	Intervaly hloubky (m) podle tabulky
ŽIDL 2/ 8,5 – 8,6	14,89362	0 - 30
ŽIDL 2/ 12,2 – 12,3	55,61644	100 - 200
ŽIDL 2/ 16,9 – 17,0	37,94466	30 - 100

5. Ze dvou vzorků byly vypočítány teploty při hladině s použitím hodnot SMOW -1‰, 0‰, +0,5‰, +1‰. Za nejsprávnější považuji výsledky s hodnotou SMOW +0,5‰.

$\delta^{18}\text{O}_{\text{voda}}$ (‰)	T ŽIDL/12,2 – 12,3 (°C) ($\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} = - 1$)	T ŽIDL/16,9 – 17,0 (°C) ($\delta^{18}\text{O}_{\text{vápenec}} = - 0,3$)
0,5 – 0,22	22,23	19,04

6. Na základě získaných údajů o jednotlivých vzorcích byly vytvořeny schematické obrázky zachycující pravděpodobnou podobu tehdejšího moře (obr. F1 – F3).

7. Byl vytvořen graf závislosti $\delta^{13}\text{C}$ na $\delta^{18}\text{O}$ z hodnot naměřených při izotopické analýze (obr. B7). Následně byl porovnán s grafy již vytvořenými pro jiné lokality v sedimentační oblasti Paratethydy (obr. D1).

7. Soupis zdrojů

Použitá literatura:

- Báldi K. (2005): Paleooceanography and climate of the Badenian (Middle Miocene, 16.4 –13.0 Ma) in the Central Paratethys based on foraminifera and stable isotope ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$) evidence, *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, doi: 10.1007/s00531-005-0019-9
- Báldi, K., Hohenegger, J. (2008): Paleocology of benthic foraminifera of the Baden-Sooss section (Badenian, Middle Miocene, Vienna Basin, Austria), *Geologica Carpathica*, October 2008, 59, 5, 411 – 424
- Boersma, A.: Foraminifera IN: Boersma, A., Haq, B. U. (1998): Introduction to marine micropaleontology, Elsevier, str. 19 - 77
- Böhme, M. (2003): The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 195(3–4):389–401
- Bolli, H. M., Saunders, J. B., Perch-Nielsen, K. (eds) (2007): *Plancton stratigraphy*, Cambridge – New York, (Cambridge University Press)
- Cicha, I., Rögl, F., Rupp, Ch., Ctyroka, J. (1998): Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys, VERLAG WALDEMAR KRAMER, FRANKFURT AM MAIN
- Gonera, M., Peryt, T.M., Durakiewicz, T., (2000): Biostratigraphical and paleoenvironmental implications of isotopic studies (^{18}O , ^{13}C) of Middle Miocene (Badenian) foraminifers in the Central Paratethys. *Terra Nova* 12, 231-238
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (2000): *Fyzika 5; Moderní fyzika, Vysoké učení technické v Brně – Nakladatelství VUTIUM a PROMETHEUS Praha*, str. 1131
- Harzhauser, M., Piller, W. E., Latal, Ch. (2007): Geodynamic impact on the stable isotope signatures in a shallow epicontinental sea, *Terra Nova*, 19, 324–330, doi: 10.1111/j.1365-3121.2007.00755.x
- Hladilová, Š., Nezdražílková, N. (1989): Paleontologické lokality karpatské předhlubně na Moravě, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Brno
- Hohenegger, J. a kol. (2008): Cyclostratigraphic dating in the Lower Badenian (Middle Miocene) of the Vienna Basin (Austria) – the Baden-Sooss core, *International Journal of Earth Sciences*, doi: 10.1007/s00531-007-0287-7.
- Chlupáč, I. a kol. (2002): *Geologická minulost České republiky*, Academia
- Kettner, R. (1941): *Všeobecná geologie I.*, Melantrich a. s., Praha, str. 76
- Kováč, M. a kol. (2005): Západokarpatské fosílné ekosystémy a ich vzťah k paleoprostediu v kontexte neogénneho vývoja eurázijského kontinentu, *Geologické práce, Správy* 111, str. 61 – 121, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava
- Kováč M. a kol. (2007): Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea-level changes, *Geologica Carpathica*, December 2007, 58, 6, str. 579 – 606
- Kováčová, P. (2005): *Geochemické metódy určovania paleoprostedia*.MS, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislavě
- Mišík, M. a kol. (1985): *Stratigrafická a historická geológia*, SPN Bratislava
- Papp A., Cicha I., Seneš J. & Steininger F. 1978: Chronostratigraphie und Neostatotypen Miozän der Zentralen Paratethys, M₄ Badenien, *Veda, Bratislava*, 1-594.
- Petráčková, V., Kraus, J. a kolektiv autorů (2000): *Akademický slovník cizích slov*, Academia Praha
- Pokorný, V. (1954): *Základy zoologické mikropaleontologie*, Nakladatelství Československé akademie věd
- Poštulková, A. (2009): Foraminifera ostrova Rab, Středoškolská odborná činnost, Gymnázium Elišky Krásnohorské

- Retailleau, S., Howa, H., Schiebel, R., Lombard, F., Eynaud, F., Schmidt, S. (2009): Planktic foraminiferal production along an offshore-onshore transect in the south-eastern bay of Biscay, *Continental Shelf research*, 29, str. 1123 - 1135
- Rosypal, S. a kolektiv autorů (2003): *Nový přehled biologie*, Scientia
- Schweizer, M. a kol. (2009): Morphometric analysis of tests from selected cibicidids (Rotaliida, Foraminifera) to compare morphological and genetic variability, Technische Universität Zürich
- Spezzaferri, S., Ćorić, S., Hohenegger, J., Rögl, F. (2002): Basin-scale paleobiogeography and paleoecology: an example from Karpatian (Latest Burdigalian) benthic and planktonic foraminifera and calcareous nannofossils from the Central Paratethys, *Geobios* 35
- Szczechura, J. (1986): Microproblematics *Bolboforma* and *Bachmayerella* from the Middle Miocene of Central Paratethys, *Acta Palaeontologica Polonica*, Vol. 31, No. 3 – 4, str. 213 – 228
- Van der Zwaan, G.J., Jorissen, F.J., DeStigter, H.C. (1990): The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: constraints and applications, *Marine Geology* 95,1-16.
- Wright, J.D.; Noller, J.S., Sowers, J., Lettis, W.R. (eds) (1999): Global climate change in marine stable isotope records, *in* *Quaternary Geochronology: Applications in Quaternary Geology and Paleoseismology*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR 5562, 2-671-682

Použité internetové odkazy:

- <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>
- <http://geologicacarthica.sk/src/main.php>
- <http://www.barrandien.cz/images/stratmapa.jpg>
- <http://mapy.cz/>

8. Slovníček

Bentos	– organismy žijící na mořském dně, na nebo pod povrchem sedimentu
Denudace	– souhrn pochodů vedoucích k celkovému snížení zemského povrchu (tj. zvětrávání, eroze a odnos)*
Epikontinentální m.	– mělké moře, které pokrývá šelfy nebo vnitřní části kontinentů*
Flyš	– v sedimentologii komplex vrstev mořského původu, nejméně 500 m mocný, tvořený z rytmičky zvrstvených a střídajících se klastických sedimentů*
Infauna	– bentos žijící uvnitř substrátu
Klastický sediment	– usazená hornina vzniklá z úlomků (jílovce, prachovce, slepence,...)*
Miocén	– oddělení neogénu probíhající před 23 – 5,3 mil. let (http://www.barrandien.cz/images/stratmapa.jpg)
Molasa	– mocný komplex převážně pískovců a slepenců vzniklých postorogenní erozí pásemného horstva, tj. po skončení jeho vyvrásnění*
Neogén	– útvar éry třetihor probíhající před 23 – 1,8 mil. let, má dvě oddělení: miocén a pliocén (http://www.barrandien.cz/images/stratmapa.jpg)
Plankton	– organismy žijící volně ve vodním sloupci
Procolulum	– počáteční komůrka schránky dírkovců
Příkrov	– horninové těleso (tzv. alochton), které bylo přemístěno tektonicky nebo gravitačním skluzem na jinou horninovou jednotku (tzv. autochton) původně velmi vzdálenou (nejméně 5 km)*
Regrese	– opak transgrese, tj. ústup moře*
Sedimentace	– usazování, ukládání sedimentárního materiálu nejružnějšího druhu a v nejružnějším prostředí*
Stratotyp	– odkryv stratigrafické jednotky nebo její hranice v typickém vývoji, sloužící jako standard pro srovnání*
Sutura	– šev mezi komůrkami schránky
Transgrese	– podstatné rozšíření moře, zalití pevninských oblastí*
Tufit	– hornina, směs tufu (hornina složená ze sopečného písku a popela s pyroklastickými částicemi menšími než 2 mm) a sedimentárního materiálu, podíl sedimentů činí 10 – 50%*
Ústí	– největší otvor ve stěně schránky, cizím slovem apertura

* <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>