

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní obor: Geologie



Mgr. Markéta Chroustová

Foraminifery a ostrakodi jako paleoenvironmentální a biostratigrafické indikátory
ve svrchní křídě České křídové pánve

Foraminifera and Ostracoda as palaeoenvironmental and biostratigraphical indicators
in Upper Cretaceous, Bohemian Cretaceous Basin

Disertační práce

Školitel: doc. RNDr. Katarína Holcová, CSc.

Konzultanti:

RNDr. Lenka Hradecká, CSc.

RNDr. David Uličný, CSc.

Praha, 2020

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předkládanou disertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 12. 2. 2021

.....

Poděkování

Na prvním místě bych ráda poděkovala svojí skvělé školitelce doc. RNDr. Kataríně Holcové, CSc. (PřF UK) za všechny čas strávený vedením práce, za cenné rady a především za přátelský přístup. Velký dík patří mé kolegyni a konzultantce RNDr. Lence Hradecké, CSc. (ČGS), která mě svým milým způsobem provedla světem křídových foraminifer. Dále děkuji konzultantovi RNDr. Davidovi Uličnému, CSc. (GFÚ AV) za spolupráci při přípravě publikace a objasnění tajů sedimentárních dějů. Děkuji všem spoluautorům přiložených publikací za možnost spolupráce. V neposlední řadě patří dík mým blízkým za podporu při vzniku této práce, především pak mému manželovi a dceři Alžbětce, která tak krásně spinká.

Abstrakt

Předkládaná práce je sepsána jako pojednání doprovázející přiložené vědecké publikace. Zabývá se mikrofosilními skupinami ostrakoda a foraminifera z období svrchní křídly České křídové pánve. Konkrétně se zaměřuje na jejich příspěvní pro biostratigrafii a především jejich použitím v rekonstrukci prostředí s využitím moderních paleoekologických přístupů. Úvodem jsou popsány studované mikrofosilní skupiny, jejich ekologie, biogeografie a předchozí výzkum v rámci České křídové pánve. Stručně jsou popsány studované lokality, metodika přípravy vzorků, zachování mikrofosilií a způsob vyhodnocení dat. Získaná data jsou interpretována v kontextu s dalšími dostupnými daty (paleontologickými, geochemickými a litologickými) ze studovaných lokalit.

Na základě ostrakodové fauny je možné studovanou lokalitu Úpohlavy porovnat s popsáním společenstvím ostrakodů z Britských ostrovů. Taxonomická podobnost obou ostrakodových společenstev napovídá o možné komunikaci porovnávaných oblastí. Zjištěná biostratigrafie ostrakodů z lokality Úpohlavy je diskutována s dostupnou literaturou. Práce rozšiřuje známý biostratigrafický rozsah šesti druhů ostrakodů (*Cythereoidea stricta*, *Nemoceratina (Pariceratina) montuosa*, *Cythereis ornatissima ornatissima*, *Phodeucythere cuneiformis*, *Pterygocythereis robusta* a *Bairdoppilata litorea*) o svrchní turon. Taxonomické změny ve studovaném společenstvu vyjádřeny podle hypotézy PSH (Platycopid Signal Hypothesis) podporují dříve zpracovanou rekonstrukci prostředí na základě makrofauny, kde je předpokládáno ochlazení a přísun boreálních vod v období tzv. Hyphantocerasového eventů.

Studovaný interval vrtu Bch-1 (Běchary) zachycuje sedimentární sled svrchního turonu z centrální části České křídové pánve. Biostratigrafické studium daného intervalu vrtu Bch-1 umožnilo rozlišit dvě bentické foraminiferové biozóny platné pro Českou křídovou pánev: zóna společenstva *Tritaxia tricarinata* a zóna rozsahu *Gaudryinella concina*. Detailní geochemické výsledky ze studovaného vrtu nabízejí výjimečně zachovaný záznam precesní cyklicity popsány na základě poměru prvků Si/Al a interpretovaný jako změny sezonality. Cílem práce bylo zjistit reakci společenstva foraminifer na interpretovanou precesní cyklicitu. Mnohorozměrná statistická analýza rozlišila tři společenstva (tzv. klastry) foraminifer. Alterace statisticky definovaných klastrů má souvislost s výkyvy sezonality, které souvisí s intenzitou srážek, zvýšeným terigenním přínosem, obsahem živin a poklesem salinity. Maxima sezonality korelují s nízkým zastoupením klastru *Lenticulina* sp. – aglutinovaný bentos. V minimech sezonality ve spodní části profilu převažuje klastr *Cibicides – Gyroidinoides* – spirální

globulární plankton, ve svrchní pak klastr *Gavelinella* – *Praebulimina* sp.– spirální kýlnatý a biseriální plankton. Změna v zastoupení těchto dvou klastrů je daná pravděpodobně dlouhodobějšími změnami sezonality nebo změnami v přínosu živin. Snížení hojnosti společenstva foraminifer a snížení poměru P/B v sezónních maximech ukazuje na intenzivnější srážky, nárůst přínosu klastik a změny v salinitě v těchto obdobích.

Na lokalitě Svinary, která spadá do terminálního vývoje České křídové pánve, byla na základě společenstva foraminifer stanovena bentická zóna *Stenseoeina granulata* – *Eponides whitei* platná pro koniak České křídové pánve. Společenstvo foraminifer ze studované lokality ukázalo rozdílné životní strategie (K-strategie a r-strategie) planktonních foraminifer. Vysvětlením soužití těchto dvou ekologicky rozdílných skupin planktonu může být rozdílná preference hloubky prostředí ve vodním sloupci, stratifikace vodního sloupce nebo efekt sezonality.

Abstract

This PhD thesis is a commentary to the attached publications. The thesis deals with two microfossil groups Ostracoda and Foraminifera in the Upper Cretaceous of the Bohemian Cretaceous Basin. Contribution of these microfossils for biostratigraphy and application in palaeoenvironmental reconstruction with the modern approach is the main goal of this work. Basic ecology, biogeography and previous work in the Bohemian Cretaceous Basin is included. Studied fossil sites, methods, microfossil preservation and data evaluation are described below. Obtained palaeontological, geochemical and lithological data are interpreted in the context with available data from studied fossil sites.

Ostracoda assemblage from Úpohlavy fossil site is correlated with the Ostracoda assemblage from Great Britain. The similarity of the Ostracoda taxa suggests a possible communication of compared areas. Thanks to this work, biostratigraphy occurrence of six Ostracoda species (*Cytherelloidea stricta*, *Nemoceratina (Pariceratina) montuosa*, *Cythereis ornatissima ornatissima*, *Phodeucythere cuneiformis*, *Pterygocythereis robusta* a *Bairdoppilata litorea*) is extended to Upper Turonian. Taxonomical changes in studied ostracoda assemblage expressed by PSH hypothesis (Platycopid Signal Hypothesis) support previous palaeoenvironmental reconstruction based on macrofauna with cooling and boreal water shift during the Hyphantoceras event.

The studied interval of the Bch-1 (Běčary – a central part of the Bohemian Cretaceous Basin) drill core shows Upper Turonian sedimentary sequence, where two benthic foraminifera biozones, previously valid for the Bohemian Cretaceous Basin, were distinguished: *Tritaxia tricarinata* assemblage zone and *Gaudryinella concina* range zone. Detailed geochemical data from studied drill core show exceptionally well preserved precessional paced cyclicity record. This record is based on Si/Al ratio and it is interpreted as seasonal changes. The main goal of this work was the determination of foraminiferal assemblage reaction to the interpreted cyclicity. Multidimensional statistical analysis helps to distinguished three foraminiferal assemblages (clusters). The cluster alteration is related to seasonal changes, the rainfall intensity, terrigenous input, nutrient content and salinity changes. Seasonal maxima are in the correlation with low abundance of cluster *Lenticulina* sp. – agglutinated benthos. In the lower part of the studied interval during seasonal minima is in dominance cluster *Cibicides* – *Gyroidinoides* – spiral globular plankton. In the upper part of the studied interval during seasonal minima is in dominance *Gavelinella* – *Praebulimina* sp.– spiral keeled and biserial

plankton. This alternation is probably caused by longer term seasonal changes or by changes in nutrient content. Lower foraminiferal diversity and lower P/B ratio deduce intensive rainfalls, higher clastic input and salinity changes during seasonal maxima.

The Svinary fossil site represents terminal sedimentation in the Bohemian Cretaceous Basin. The benthic foraminiferal zone *Stenseoeina granulata* – *Eponides whitei* was observed in this locality, this zone belongs to Coniacian of the Bohemian Cretaceous Basin. Foraminiferal assemblage shows different life strategies (K-strategy and r-strategy) of planktonic foraminifera. The possible explanation for the coexistence of these different foraminiferal groups is different depth preference, water column stratification or seasonal effect.

Obsah

1. Úvod a cíle práce.....	1
2. Studované mikrofosilní skupiny a jejich využití pro paleoekologii a biostratigrafii svrchní křídy	2
2.1. Ostracoda (Lasturnatky)	2
2.1.1. Úvod.....	2
2.1.2. Ekologie	2
2.1.3. Biogeografie křídových ostrakodů.....	4
2.1.4. Předchozí výzkum v ČKP	5
2.2. Foraminifera (Dírkonosci)	8
2.2.1. Úvod.....	8
2.2.2. Ekologie	9
2.2.3. Biogeografie křídových foraminifer	11
2.2.4. Dosavadní výzkum v ČKP	12
3. Geologie studovaných lokalit.....	13
3.1. Úpohlavy	14
3.2. Běchary	15
3.3. Svinary.....	16
4. Metody, zachování ostrakodů a foraminifer v sedimentech ČKP.....	17
4.1. Ostracoda – použité metody	17
4.1.1. Příprava vzorků.....	17
4.1.2. Vyhodnocení dat	17
4.2. Foraminifera – použité metody.....	18
4.1.1. Příprava vzorků.....	18
4.1.2. Vyhodnocení dat	18
5. Výsledky.....	19
5.1. Zachování, diverzita a druhové složení společenstev mikrofosílií.....	19

5.2. Ostrakodi a Hypotéza platykopidového signálu	23
5.3. Zpracování společenstev foraminifer	25
5.3.1. Statistické metody a vyhodnocení společenstva foraminifer.....	25
5.3.2. Biostratigrafie	29
6. Diskuze.....	31
6.1. Ostrakoda.....	31
6.1.1. Bioprovincionalita ostrakodů.....	31
6.1.2. Paleoekologie ostrakodů	32
6.2. Foraminifera	32
6.2.1. Interpretace definovaných klastrů foraminifer.....	32
6.2.2. Si/Al cyklicita a klastry foraminifer ve vrtu Běchary	37
6.2.3. Paleoekologická interpretace životní strategie foraminifer lokality Svinary.....	44
7. Závěry.....	44
8. Literatura	47
8. Přílohy	60

1. Úvod a cíle práce

Česká křídlová pánev (ČKP) je jedním z nejvýznamnějších sedimentárních útvarů České republiky. Pánevní sedimenty svrchnokřídového stáří vznikly během jednoho sedimentačního cyklu, kde počáteční sladkovodní sedimentace přešla v navazující sedimentaci mořskou. Význam ČKP spočívá především v uložení zásob pitné vody a v těžbě surovin (význačná je především těžba vápenců nebo pískovců). Tradičně se výzkumem ČKP zabývají pracovníci České geologické služby, zaměřují se především na mapování a stratigrafii (např. Čech et al., 2005; Čáp a Vodrážka, 2008; Čáp a Zelenka, 2008; Čech, 2011), včetně moderního multidisciplinárního přístupu integrované stratigrafie spojujícího biostratigrafii, chemostratigrafii a genetické sekvence (např. Nádaskay et al., 2019). Dále je v rámci České geologické služby studována biodiverzita a globální změny v minulosti v souvislosti s biostratografií (např. Švábenická, 1999; Vodrážka et al., 2009; Hradecká, 2012), oblasti ČKP se také týká projekt hodnocení zásob podzemních vod (např. Nádaskay et al., 2017). Komplexní sedimentologický a geochemický výzkum ČKP probíhá na Geofyzikálním ústavu Akademie věd, zaměřuje se na eventy a sekvenční stratigrafii (např. Uličný et al., 2009; 2014).

Paleontologickým výzkumem makrofosílií ČKP s moderním přístupem se zabývá tým vědců Přírodovědecké fakulty UK pod vedením Martina Košťáka (Košťák et al., 2018; 2020; Vaňková et al., 2019). Dále se specializovaným výzkumem ČKP zabývají jednotliví výzkumníci se zaměřením na mikrofosílie (Svobodová et al., 2014) nebo makrofosílie (Mikuláš, 2006; Ekrt et al., 2008; Sklenář et al., 2013; Kočí et al., 2017; Kočová Veselská et al., 2020;). Neméně významný je v rámci ČKP paleobotanický výzkum makrofosílií (Kvaček et al., 2005) a mikrofosílií (Halamski et al., 2018).

Význam studia mikrofosílií v rámci celkového zkoumání ČKP je nepochybný. V kontextu s dalšími výsledky přináší studium mikrofosílií cenné informace o paleoekologii, sedimentačním prostředí, biostratigrafii nebo diagenetických změnách. Předchozí výzkum foraminifer a ostrakodů byl v oblasti ČKP zaměřen především na biostratigrafii a taxonomii, pouze okrajově pak na použití těchto mikrofosílií pro paleoekologické rekonstrukce. S použitím moderních paleoekologických přístupů ve studiu foraminifer a ostrakodů lze doplnit chybějící informace o konkrétnějších údajích a přispět tak k rekonstrukci paleoprostředí. Chybějící moderní studie o paleoekologii foraminifer i ostrakodů a spojení těchto výsledků s dalšími geochemickými daty bylo inspirací pro definování cílů dizertační práce.

- Hlavním a obecným cílem práce je interpretace paleoenvironmentálních změn na základě mikropaleontologických společenstev foraminifer a ostrakodů studovaných svrchnokřídových lokalit ČKP s použitím moderních a dosud neaplikovaných paleoekologických přístupů. Důraz je kladený na ověření oxických podmínek u dna, krátkodobých změn hladiny moře, cirkulaci vodních mas a variaci přínosu sedimentu a živin do pánve.
- Navazujícím cílem je přispět k poznání sedimentárního prostředí svrchní křídy ČKP pomocí mikropaleontologických společenstev foraminifer a ostrakodů a spojení těchto poznatků se známými paleontologickými, litologickými a geochemickými daty (např. s popsanou precesní cyklicitou lokality Bch-1).
- Praktickým cílem je definování biostratigrafických zón pomocí mikropaleontologických společenstev v souvislostech s již známou stratigrafií, čímž je možné přispět k bližšímu stratigrafickému zařazení studovaných lokalit.

2. Studované mikrofosilní skupiny a jejich využití pro paleoekologii a biostratigrafii svrchní křídy

2.1. Ostracoda (Lasturnatky)

2.1.1. Úvod

Ostrakodi (Lasturnatky) jsou korýši s chitinózní a částečně kalcifikovanou schránkou. U schránky je možné se setkat s poměrně velkou tvarovou variabilitou a s různými typy ornamentace (Horne et al., 2002). Schránka se během ontogenetického vývoje mění, ve fosilním záznamu lze při dobrém zachování nalézt i juvenilní stádia daného druhu. Pro taxonomii se používají pouze adultní stádia ostrakodů. Ostrakodi patří mezi gonochoristy s častou partenogenezí, dokonce lze při dobré fosilním zachování rozlišit obě pohlaví (Armstrong a Brasier, 2005). Během historie došlo k několika významným evolučním změnám, především k redukci velikosti tělních článků kvůli velikosti schránky a zjednodušení svalového spojení těla a schránky v průběhu paleozoika.

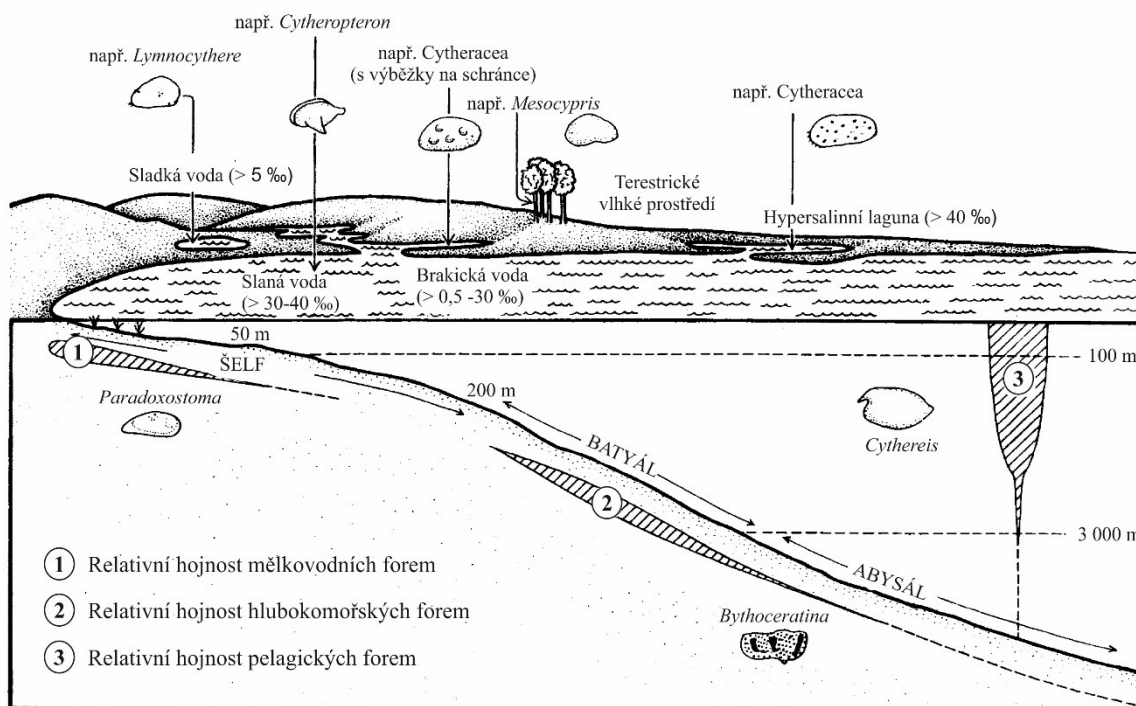
2.1.2. Ekologie

Evolučně první ordovičtí ostrakodi byly pravděpodobně mořské bentické organismy, které se již během siluru rozšířily do pelagických a hyposalinních prostředí. Tolerance ke změnám salinity umožňuje využití ostrakodů i tam, kde ostatní v paleontologii používané skupiny chybí. Mesozoické druhy mají robustnější a komplikovanější zámky složené z více elementů. Skupina

Podocopida vykazuje během mesozoika změny v ornamentaci, díky kterým jsou možné fylogenetické rekonstrukce. Od jury známe první sladkovodní ostrakody, které díky rozšířenějšímu výskytu sladkovodních sedimentů zaznamenávají rozmach během spodní křídy. Mírný pokles v diverzitě má naopak mořská fauna ostrakodů na konci křídy. Od paleocénu diverzita roste, známé je i zachování druhů se slaběji kalcifikovanou schránkou (Armstrong a Brasier, 2005).

Recentní ostrakodi obývají širokou škálu biotopů, vyskytují se ve všech vodních prostředích, dokonce i v terestrických vysoce humidních prostředích jako např. lesní humus. V mořském prostředí nejčastěji osidlují mělké prosvětlené vody, lze je ale nalézt i v hloubce několika tisíc metrů. Ostrakodi jsou dále známí z brakických vod, velice často obývají sladkovodní prostředí s různou mírou eutrofie: od podzemních vod, jezer, vodních toků, rybníků až po rašeliniště nebo dočasné kaluže. Specializace na různá prostředí má vysoký podíl na morfologické variabilitě skupiny (Van Morkhoven, 1962; Armstrong a Brasier, 2005; Obr. 1). Obecně jsou teplotně tolerantní, dokonce i v době rozmnožování. Ostrakodi mají silnou fototaxi, často mají tzv. oční skvrnu (Van Morkhoven, 1962). Sladkovodní častěji plavou nade dnem, mořské naopak vrtají v substrátu. Nejčastěji se živí drobnými živočišnými nebo rostlinnými organismy (rozsivky, dírkonošci, malí mnohoštětinatí červi), organickými zbytky nebo detritem. Některé mořské druhy mají přeměněné ústní ústrojí na bodavě savé, živí se pak nabodáváním mořských řas (Pokorný, 1954; Armstrong a Brasier, 2005).

V paleontologickém záznamu lze nalézt adultní i juvenilní stadia ostrakodů. Díky měření délkovýškového poměru schránky bývá možné po vynesení do grafu sledovat počet ontogenetických stádií. Podle poměru juvenilních a adultních stádií lze usuzovat na míru postmortálního transportu (s předpokladem, že při vyšší energii prostředí a vyšší míře transportu schránek je zachováno méně juvenilních schránek), případně na složení žijící populace (Boomer et al., 2003). U ostrakodů lze využít i aktuoeologický princip, pro křídové ostrakody ale není tato metoda příliš vhodná.

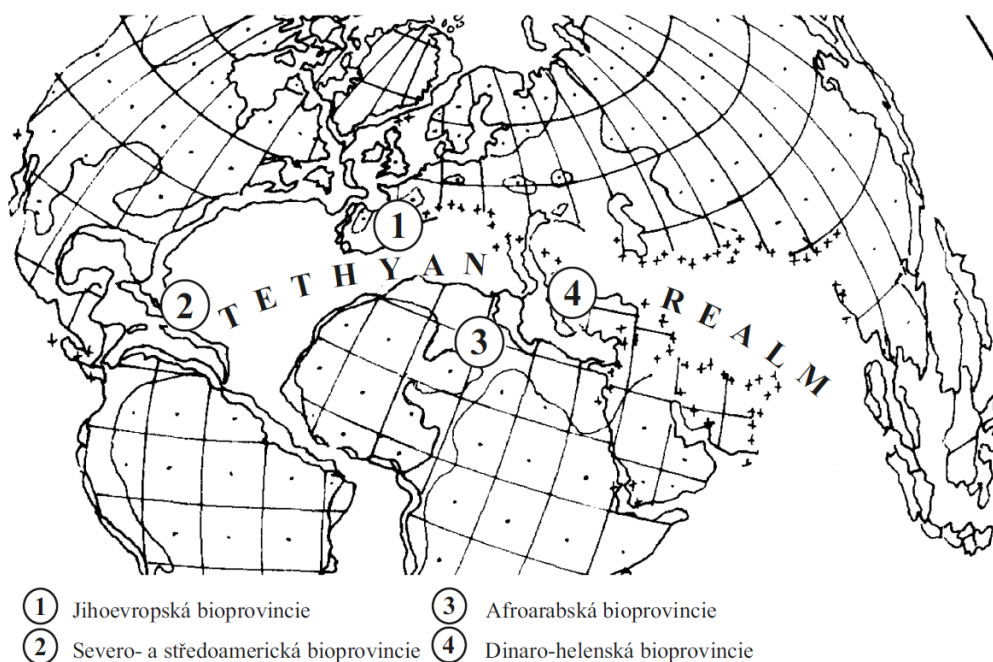


Obr. 1 Recentní biotopy osídlované ostrakody s konkrétními příklady (podle Armstrong a Brasier, 2005).

2.1.3. Biogeografie křídových ostrakodů

Protože majoritní část ostrakodů žije bentickým způsobem života během všech vývojových stádií (Babinot a Colin, 1992), obvykle se nedá předpokládat biogeografická disperse jednotlivých skupin ve velkém měřítku jako u planktonních organismů. Vzhledem k jejich omezené mobilitě proto často dochází k endemickému výskytu ostrakodů. Endemismus ostrakodů je pozorovaný na různých taxonomických úrovních a v různě velkých geografických oblastech. Paleobiogeografický výskyt ostrakodů je pravděpodobně ovlivněn zejména teplotním gradientem způsobeným zeměpisnou šířkou, popřípadě klimatickými pásmy, kontinentálními bariérami a hloubkou vodního prostředí (Babinot a Colin, 1988). Paleobiogeografické rozdělení je podle autorů Babinot a Colin (1992) důsledkem více faktorů, jako pozice a extenze kontinentálního okraje, směry oceánských proudů, batymetrické členění, eustatické změny hladiny nebo paleogradient v severojižním směru. Seeling et al. (2004) uvádí důvody pro rozdíly v biogeografickém rozšíření svrchnokřídových ostrakodů v campanu další faktory jako rozložení kontinentů, geografické vzdálenosti a oceánské proudění, které však může být jak bariérou, tak případnou migrační cestou.

Mořští ostrakodi svrchní křídly jsou v tethydní oblasti rozděleni do čtyř bioprovincí: Jihoevropská, Severo- a Středoamerická, Afro-arabská, dále je uváděna Dinaro-helénská subprovincie (Obr. 2; Babinot a Colin, 1992). ČKP v té době z pohledu ostrakodů patří pravděpodobně k nejsevernějšímu okraji Jihoevropské bioprovincie rozprostírající se v severní části centrální Tethydy mezi dnešní jihozápadní Evropou a jihozápadním Ruskem. V cenomanu byla Jihoevropská bioprovincie izolovaná a neměla společné druhy s ostatními tethydními bioprovinciemi. V turonu byla paleogeografická situace podobná cenomanské, postupně ale díky rychlému nárůstu hladiny a vývoji anoxických facií dochází k ochuzení fauny ostrakodů. V coniacu a maastrichtu převládá v jihoevropské bioprovinci silný endemismus (Babinot a Colin, 1992).



Obr. 2 Čtyři hlavní ostrakodové bioprovincie v tethydní oblasti v období cenoman – turon (upraveno podle Babinot a Colin, 1992).

2.1.4. Předchozí výzkum v ČKP

Jako první v rámci ČKP popsal a taxonomicky zařadil fosilní ostrakody Reuss (1874). Dále se jimi zabýval především prof. Vladimír Pokorný, který nově popsal a zrevidoval množství nových taxonů (1963 – 1989; Obr. 3), také se zabýval jejich paleoekologií a částečně biostratigrafií, především na hranici turonu a coniacu. Jeho jméno je dodnes v oboru velice známé.

1963	<i>Cythereis ornatissima</i> (Reuss)	
	<i>Karsteneis (Karsteneis)</i> Pokorný	
	<i>Karsteneis (Prosteneis)</i> Pokorný	
1964	<i>Phacorhabdodus</i> (Reuss)	
	<i>Oertliella</i> a <i>Spinicythereis</i> (Kafka)	
	<i>Cythereis marssoni</i> (Bonnema)	
	<i>Cythereis marssoni multipapillata</i> Pokorný	
	<i>Cythereis marssoni anteglabra</i> Pokorný	
1965	<i>Cythereis marssoni longisculpta</i> Pokorný	
	<i>Conchoecia cretacea</i> Pokorný	
	<i>Cythereis zygopleura</i> Pokorný	
	<i>Cythereis paraglabrella</i> Pokorný	
	<i>Cythereis perturbatrix</i> Pokorný	
	<i>Cythereis luzicensis</i> Pokorný	
1966	<i>Cythereis chlomkensis</i> Pokorný	
	<i>Cythereis peruni</i> Pokorný	
	<i>Karsteneis (Prosteneis) radegasti</i> Pokorný	
	<i>Pterygocythereis spinigera</i> Pokorný	
1967	<i>Pterygocythereis caroli</i> Pokorný	
	<i>Pterygocythereis affcaroli</i> Pokorný	
	<i>Pterygocythereis annae</i> Pokorný	
	<i>Curfsina senior</i> Pokorný	
	<i>Curfsina kaskai</i> Pokorný	
	<i>Curfsina subparva</i> Pokorný	
1975	<i>Platycythereis cribrosa bohemica</i> Pokorný	
	<i>Cythereis chrastinensis</i> Pokorný	
	<i>Cythereis kamajcensis</i> Pokorný	
	<i>Cythereis kodymi</i> Pokorný	
	<i>Bairdoppilata cuvillieri omipraesens</i> Pokorný	
1976	<i>Kamajcythereis</i> Pokorný & Colin	
	<i>Bairdia supplanata bohemica</i> Pokorný	
1977	<i>Bairdoppilata acuticauda praecedens</i> Pokorný	
	<i>Bairdoppilata kamaicensis</i> Pokorný	
	<i>Bairdoppilata litorea</i> Pokorný	
1978	<i>Neonesidea (Maddocksia)</i> Pokorný	
	<i>Neonesidea (Maddocksia) vinicensis</i> (Šuk)	
	<i>Neonesidea (Maddocksia) dentifera</i> (van Veen)	
	<i>Mosaeleberis bohemica</i> Pokorný	
1981	<i>Mosaeleberis crassa</i> Pokorný	
	<i>Costaveenia soukupi</i> Pokorný	
	<i>C. fallax</i> Pokorný	
1984	<i>C. delicatula</i> Pokorný	
	<i>Asciocythere</i> (Swain)	
	<i>Asciocythere bonnema senior</i> Pokorný	
1987	<i>A. bonnema brevior</i> Pokorný	
	<i>Pterygocythereis armata</i> Pokorný	
1989	<i>P. mira</i> Pokorný	
	<i>Pussela infraturonica</i> Pokorný	
	<i>Saipanetta infraturonica</i> Pokorný	revidovaný taxon
		nově popsáný taxon

Obr. 3 Soupis revidovaných a nově popsáných taxonů prof. Vladimírem Pokorným v letech 1963 – 1989.

Jedním ze zajímavých výzkumů prof. Pokorného je popis fylogeneze rodu *Platycythereis* a jeho bazálního nového poddruhu *Platycythereis cribrosa bohemica*. Autor navrhuje možnost stratigrafického dělení spodního až nižšího středního turonu na základě evoluční linie rodu, kde dochází k vývoji ornamentace (Pokorný, 1967a). Autor také zařadil druhy *Pterygocythereis spinigera*, *P. caroli*, *P. affcaroli*, *P. annae* do jedné evoluční linie. Pro dnes hojný druh *Bardia hirsuta* označil prof. Pokorný jako jeho předka druh *B. septentrionalis* (Bonnema, 1940). Na základě výzkumů z let 1964 – 1979 stanovil prof. Pokorný mikrobiostratigrafii českého turonu a coniaku. Vyjádřil ale nutnost jejího srovnání se stratografií na základě makrofosílií. V

turonu a coniacu ČKP je vymezeno osm biostratigrafických pásem, zároveň je samotným autorem upozorněno na silnou faciální vazbu celé skupiny.

Na Obr. 4 jsou uvedeny příklady druhů a poddruhů, které Pokorný (1979) použil pro svou stratigrafickou tabulku. Autor v článku zmiňuje možnost členění středního turonu do dvou zón na základě ostrakodů. Není ale jasné, jak by tato hranice korelovala s hranicí inoceramových zón *Inoceramus lamarcki*/*Inoceramus costallatus*.

Biostratigraficky významný druh	TURON			CONIAC			
	spodní	střední	svrchní	Ca	Cb	Cc	Cd
<i>Kamajcythereis kamajcensis</i> (Pokorný)							
<i>Rehacythereis chrastinensis</i> (Pokorný)							
<i>Rehacythereis kodymi</i> (Pokorný)							
<i>Bairdia supplanata bohemica</i> Pokorný							
<i>Bairdoppilata acuticauda praecedens</i> Pokorný							
<i>Bairdoppilata litorea</i> Pokorný							
<i>Champmanicythereis cribrosa</i> (Triebl)							
<i>Planileberis cuneata</i> (Kafka)							
<i>Curfsina senior</i> Pokorný							
<i>Karsteneis (Karsteneis) sovicensis</i> Pokorný							
<i>Mosaeleberis interruptoidea</i> (van Veen)							
<i>Cythereis perturbatrix</i> Pokorný							
<i>Karsteneis (Prosteneis) nodifera</i> (Kafka)							
<i>Spinoleberis krejci</i> Pokorný							
<i>Pterygocythereis caroli</i> Pokorný							
<i>Cythereis adictyota</i> Pokorný							
<i>Oertiella reticulata</i> (Kafka)							
<i>Karsteneis (Karsteneis) karsteni</i> (Reuss)							
<i>Curfsina kafkai</i> Pokorný							
<i>Cythereis kosticensis</i> Pokorný							
<i>Cythereis zygopleura</i> Pokorný							
<i>Pterygocythereis annae</i> Pokorný							
<i>Imhotepia marssoni</i> (Bonnema)							
<i>Cythereis paraglabrella</i> Pokorný							
<i>Planileberis cuneata</i> (Kafka)							
<i>Golcocythere calkeri</i> (Bonnema)							
<i>Phacorhabdotus semiplicatus</i> (Reuss)							
<i>Cythereis chlomkensis</i> Pokorný							
<i>Imhotepia marssoni</i> (Bonnema)							
<i>Karsteneis (Prosteneis) radegasti</i> Pokorný							
<i>Karsteneis (K.) karsteni karsteni</i> (Kafka)							
<i>Cythereis ornatissima ornatissima</i> (Reuss)							
<i>Cythereis luzicensis</i> Pokorný							
<i>Oertiella reticulata</i> (Kafka)							
<i>Imhotepia marssoni longisculpta</i> (Pokorný)							
<i>Cythereis longaeva lysicensis</i> Pokorný							
<i>Cythereis peruni</i> Pokorný							
<i>Cythereis altinodosa</i> Pokorný							
<i>Imhotepia marssoni anteglabra</i> (Pokorný)							
<i>Costaveenia salzbergensis</i> Gründel							
<i>Costaveenia</i> sp.							
<i>Mosaeleberis</i> sp.1							
<i>Mosaeleberis</i> sp.2							
<i>Golcocythere costanodulosa</i> Gründel							
<i>Golcocythere pygmata</i> (Triebl and Malz)							
<i>Cythereis ornatissima</i> (Reuss)							

Obr. 4 Stratigrafický výskyt ostrakodů v turonu a coniacu ČR (podle Pokorný, 1979). Ca – Cd: autorovo dělení Coniacu na základě studovaných druhů.

2.2 Foraminifera (Dírkonošci)

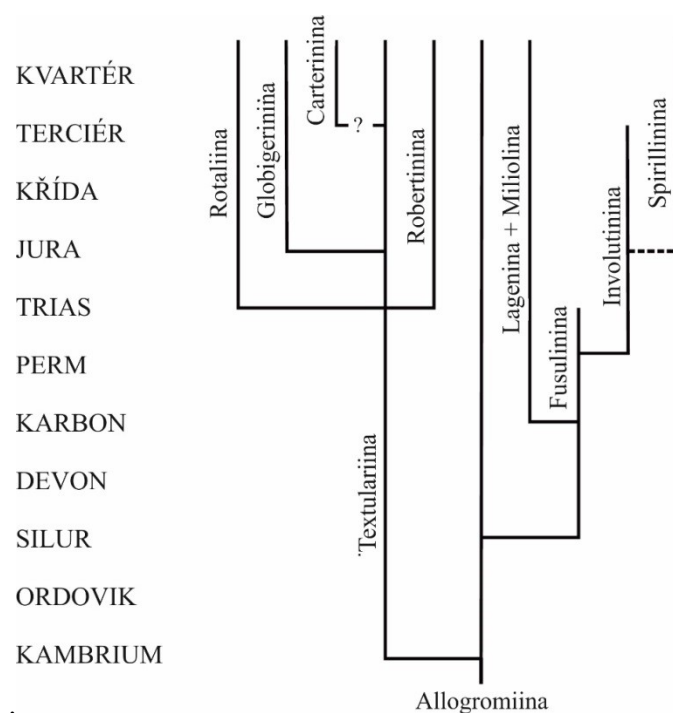
2.2.1. Úvod

Foraminifera (Dírkonošci) jsou marinní organismy, které tvoří jediná eukaryotní buňka s pevnou jedno nebo více komůrkovou schránkou. Taxonomickými znaky jsou pro paleontologii především celkový tvar schránky, složení a struktura stěny schránky, tvar a uspořádání komůrek a postavení ústí. Prvkové složení schránky je v současné době velice používaným paleoekologickým indikátorem.

Díky hojnosti a diverzitě jsou foraminifery dobře použitelnou skupinou mikrofosílií pro biostratigrafii. Planktonní druhy mají význam pro celosvětovou korelaci mesozoika a kenozoika, bentické druhy nalézají uplatnění v lokální biostratigrafii (Armstrong a Brasier, 2005).

Foraminifery podle aktuálního členění eukaryot spadají do podříše SAR, infraříše Rhizaria a nadkmene Retaria. Jejich blízkými příbuznými jsou mřížovci (Radiolaria; Adl et al., 2019).

V geologickém záznamu jsou foraminifery doloženy od kambria, jedná se o bentické jedince s aglutinovaným typem schránky. V ordoviku dále přibývá aglutinovaných taxonů. Mesozoikum lze považovat za období velké radiace skupiny, kdy se dále rozčleňuje podřád Textulariina, objevují se podřády Rotaliina, Miliolina, kterým se dále daří hlavně v tropických oblastech křídly (viz. Obr. 5). Od jury známe první nepochybné zástupce planktonních druhů (např. Oxford et al., 2002), které pak prosperují především v nově se otevírajícím Atlantském oceánu. Na konci křídly vymírá skupina planktonních čeledi Globotruncanidae. Tethydí oblast zaznamenala díky svrchnokřídovému vymírání úbytek až 75 % druhů. Šlo o selektivní vymírání, které se méně dotklo generalistických druhů (Armstrong a Brasier, 2005).



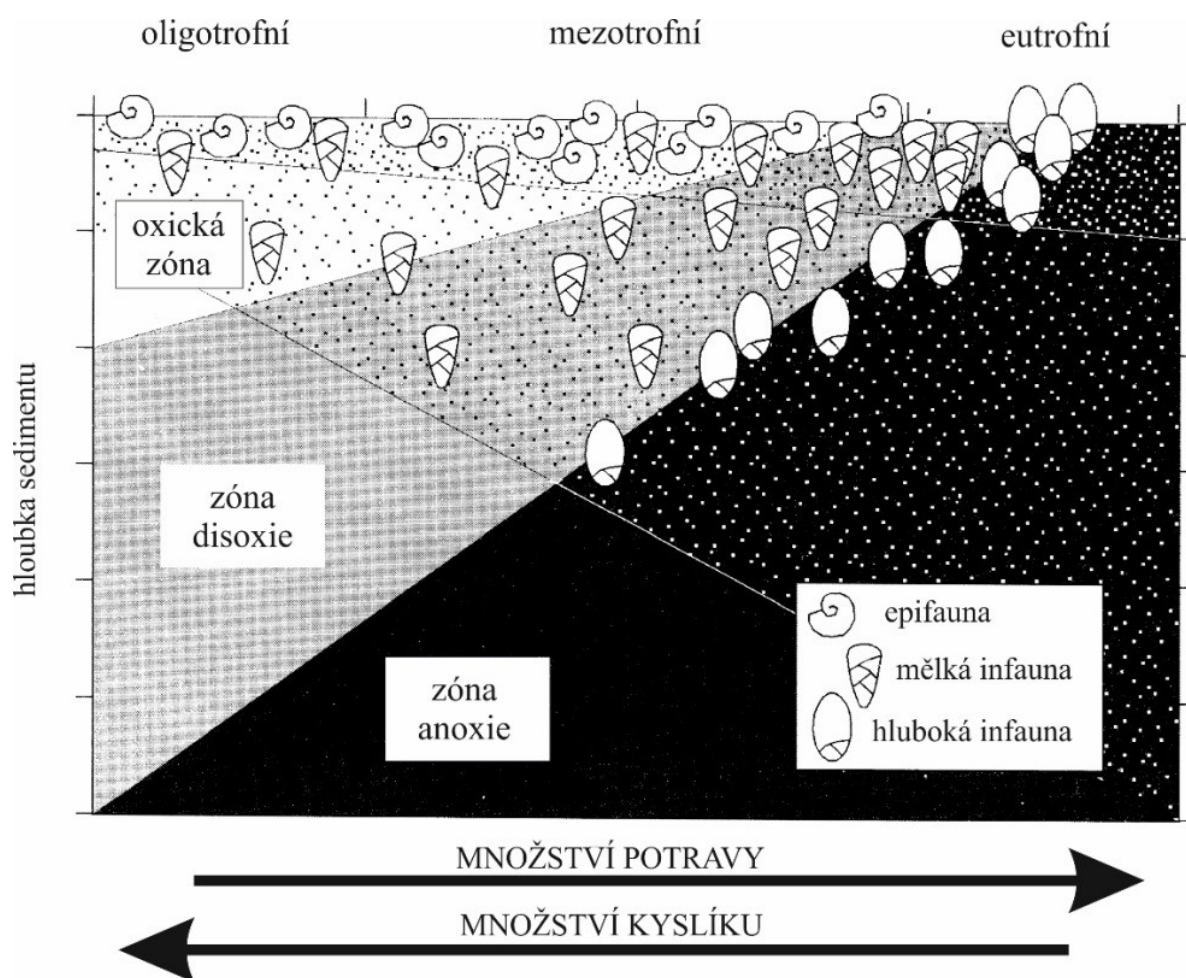
Obr. 5 Fylogeneze foraminifer na úrovni podřádů (podle Loeblich a Tappan, 1988; Armstrong a Brasier, 2005).

2.2.2. Ekologie

Foraminifery jsou mořské organismy, některé druhy mohou být přizpůsobené životu v brakických vodách. Evolučně původnější bentické formy převažují nad planktonními (Pokorný, 1954; Murray, 2006;). Teplota vody ovlivňuje geografické rozšíření, má vliv na přežití určitých druhů v určitém rozpětí teplot a také na reprodukci. Teplejší vody jsou z pravidla druhově bohatší (Pokorný, 1954). Foraminifery se živí především bakteriemi a dalšími jednobuněčnými organismy či detritem, větší formy mohou být predátory malých bezobratlých živočichů (Pokorný, 1954; Adl et al., 2019). Vyhodnocení ekologických nároků foraminifer bývá složité a druhově vázané, a to především pro bentické druhy. Zvláště obtížné je určit ekologické podmínky na základě foraminifer ve fosilním záznamu, může se jednat o kombinaci více faktorů (např. teploty a množství živin). Lze vyjmenovat pouze hlavní globální faktory, a to zvláště pro bentické a zvláště pro planktonní foraminifery.

Bentické druhy mohou žít ve vztahu k substrátu jako epifauna (na povrchu nebo nad povrchem substrátu), semi-infauna (částečně nad a částečně pod povrchem substrátu) nebo infauna (přímo v substrátu). Všechny tyto bentické formy mohou být jak vagilní (pohybující se), tak sesilní (přichycený k různému substrátu).

Tzv. TROX model (Jorissen et al., 1995) shrnuje ekologické nároky bentických foraminifer. Jako hlavní faktory slouží obsah kyslíku a množství potravy zvláště pro oligotrofní, mezotrofní a eutrofní prostředí (Obr. 6). Dalšími ekologickými faktory ovlivňujícími výskyt bentických druhů může být kvalita substrátu (zrnitost, obsah dusíku a kyslíku), dostupnost materiálu pro stavbu schránky, požadavky případných symbiontů (především světlo) nebo další individuální faktory. Obecně v chladnějších vodách převažují aglutinované formy s křemitým nebo organickým tmelem, chladnější vody jsou bohatší na oxid uhličitý, který vápnitě schránky rozpouští (Pokorný, 1954; Murray, 2006).



Obr. 6 Distribuce foraminifer v sedimentu na základě hloubky sedimentu a obsahu přítomné potravy a kyslíku (podle Jorissen et al., 1995).

Pro paleontologické rekonstrukce se používá morfologická analýza schránek (tzv. “morfogrupový koncept – morphogroup concept“), a to hlavně v geologicky starších obdobích, kde jsou aktuoekologické poznatky jen těžko aplikovatelné. Základní myšlenkou je souvislost

mezi způsobem života a morfologií schránek (např. Jones a Charnock, 1985). Výhodou tohoto konceptu je možnost srovnání schránek z rozdílných stratigrafických úrovní a zbytnost druhového taxonomického určení. Při aplikování morfogrupového konceptu je nutné přiřazení morfologické kategorie k habitatu (epifauna, mělká infauna atp.). Koncept není odbornou komunitou přijímán bez výhrad. Pro charakteristiku mesozoických společenstev, kde např. aktuálně ekologický princip není příliš vhodný, je jednou z mála možností interpretace prostředí (Frenzel, 2000; Cetaan, et al., 2011). Pokud schránky nejsou postižené diagenézí nebo rekrystalizované, lze využít i izotopové složení schránek (Armstrong a Brasier, 2005).

Planktonní druhy se vyskytují ve všech klimatických oblastech, jejich rozšíření je závislé především na primární produkci. Druhová rozmanitost se zvyšuje směrem k rovníku. Díky odlišnému způsobu života jsou jejich ekologické nároky jiné než u bentických druhů, závislé jsou především na teplotě a salinitě vody. Vertikální distribuce planktonu se mění sezónně nebo i během dne. Preferovaná hloubka obývaného prostředí je spojena s přítomností symbiontů, morfologií schránky, skulpturou schránky (Armstrong a Brasier, 2005).

Druhy žijící v hlubší vodě mají zpravidla silnější a více kalcifikovanou schránku (např. rod *Globorotalia*), především v oblasti okraje schránky a kýlu. Míra kalcifikace schránek se také liší v závislosti na teplotě vody. Protože rozpustnost CaCO_3 je nižší v teplejších vodách, v nižších zeměpisných šířkách lze očekávat silněji kalcifikované schránky. Důležitějším vlivem ale může být vertikální závislost rozpustnosti CaCO_3 , která se zvyšuje se zvyšujícím se tlakem. Se zvyšující se hloubkou se zvyšuje i parciální tlak CO_2 (chybí fotosyntéza, ale organismy dále spotřebovávají kyslík). Pro rekonstrukci biogeografického výskytu druhů či preference různých úrovní stratifikovaného vodního sloupce lze u fosilních druhů použít prvkové složení schránky. Foraminifery se spolu s vápnitým nanoplanktonem podílí na ukládání jemných hlubokovodních sedimentů (Armstrong a Brasier, 2005).

2.2.3. Biogeografie křídových foraminifer

Biogeografie recentních foraminifer je ovlivněná především distribucí vodních celků a oceánskými proudy. Dále známe taxony s preferencí teplých nebo naopak studených vod (Pokorný, 1954). Bentické druhy jsou používány např. jako indikátory prostředí s vyšší produktivitou v upwellingových oblastech (Schnitker, 1994). U recentního planktonu je známá provincialita, biogeografické zóny jsou tzv. bipolární (ve stejné jižní i severní zeměpisné šířce jsou určité provincie shodné nebo podobné; Armstrong a Brasier, 2005).

V období svrchní křídly jsou foraminifery v rámci severní polokoule rozděleny do tří biogeografických oblastí: tethydni, přechodná a boreální. Území Evropy patřilo do přechodné oblasti a do klimatického pásma severní střední šířky. Tvořila okrajovou zónu celé oblasti tzv. Peri-Tethys, její společenstvo je typické dominancí vápnatého bentosu nad bentosem aglutinovaným (Hart, 2000; Beniamovski a Kopaevich, 2002).

2.2.4. Dosavadní výzkum v ČKP

Jako první se foraminiferami z oblasti ČKP Reuss (1860; 1874), v 19. století pak navázal Perner (1892). Oba autoři jsou významní především díky popisu nových druhů. Od druhé poloviny 20. století se výzkumem ve stejné oblasti zabývaly J. Hercogová, D. Štemproková-Jírová a L. Hradecká.

Hercogová se zabývala především bentickými taxony, podrobně zpracovala rody *Palmula*, *Neoflabellina*, *Gaudryia*, *Fronicularia* aj. Dále se zabývala mikrobiostratigií na základě bentických druhů především ve střední a východní části pánve (např. Hercogová 1968; 1973; 1974; 1986). Štemproková-Jírová se zabývala hlavně západní částí pánve, konkrétně pak planktonními rody (např. *Marginotruncana*, *Globotruncana*, *Rotalipora*), ale také rody bentickými např. *Stensiöina*, *Praebulimina*, *Tappanina* aj (např. Štemproková-Jírová 1969; 1970; 1981).

Hradecká mikrobiostratigicky vyhodnotila množství vrtů a profilů (např. Hradecká 1997; 1999) a zpracovala rozsáhlé biostratigrafické hodnocení sedimentů v ČKP korelované s celosvětovou planktonickou foraminiferovou zónací (Obr. 7; Robaszynski a Caron, 1995; Hradecká, 2012). Zabývala se také změnami foraminiferových společenstev na hranici cenoman-turon (např. Hradecká, 1993; Hradecká a Švábenická, 1995; 2001). Dále studovala fylogenetické linie rodů *Gavelinella* a *Lingulogavelinella* (Hradecká, 1996). Také zpracovala společenstva ze svrchnokřídových sedimentů v Rakousku ve spolupráci s tamní geologickou službou (např. Hradecká, 2002) nebo svrchnokřídové foraminifery Antartidy (Hradecká et al., 2011).

chronostratigrafie	foraminiferová bentická zonace ČKP (Hradecká, 2012)	Planktonická zonace (Robaszynski a Caron, 1995)
santon (část)	?Neoflabellina santonica?	Dicarinella concavata
coniak sp. svrchní	Neoflabellina santonica praecursor	
	podzóna Stensioeina granulata - St. exculpta	
	Stensioeina granulata-Eponides whitei	
turon svrchní střední spodní	Gaudryinella concinna	Marginotruncana schneegansi
	Tritaxia tricarinata podzóna Dorothis pupa	
	Cassidella tegulata podzóna Gaudryina serrata	Helvetoglobotruncana helvetica
	Lingulogavelinella - Gavelinella belorussica	
	Gavelinella cenomanica	
cenoman (část) svrchní	zóna aglutinovaných	? Rotalipora cushmani

Obr. 7 Foraminiferová bentická zonace ČKP podle Hradecká, 2012.

3. Geologie studovaných lokalit

ČKP je nejrozsáhlejší sedimentační pánví s platformním pokryvem na území České republiky. Svoji rozlohou 14 600 km² pokrývá velkou část Českého masivu (Obr. 8). V období maximální mořské transgrese byla pravděpodobně propojena s dalšími křídovými pánvemi střední Evropy, společně pak tvořily okrajovou část epikontinentálního moře (Čech et al., 1980; Čech, 2011). Stratigrafické dělení ČKP je založené na regionálním litostratigrafickém konceptu (podrobněji Čech et al., 1980), který je v současné době doplňovaný poznatky chemostratigrafie a sekvenční stratigrafie (např. Uličný et al., 2009). Spojení těchto dvou přístupů umožňuje korelace mezi různými lokalitami v rámci ČKP.

Sedimenty spodního cenomanu jsou sladkovodního původu, z pohledu mikropaleontologie hraje v tomto období důležitou roli palynologie (např. Svobodová, 1999). V důsledku cenomanské transgrese na tyto sedimenty dále nasedají brakické až mořské sedimenty s vyšší mocností. Od období svrchního cenomanu se v sedimentech zvyšuje zastoupení významných mikropaleontologických skupin vápnatého nanoplanktonu, foraminifer a ostrakodů, které jsou i v dalších obdobích dobře použitelné pro biostratigrafii a paleoekologické rekonstrukce prostředí. V turonu a coniacu dominuje příbřežní facie kvádrových pískovců, v distálních částech pánve s omezeným přínosem terigenního materiálu pak facie vápnatých jílovců/slínovců až vápenců. Z období santonu jsou známy pouze denudační zbytky regresních sedimentů (Čech et al., 1980; Čech, 2011).



Obr. 8 Vyznačení studovaných lokalit v rámci ČKP.

3.1. Úpohlavý

Lokalita Úpohlavý se nachází přibližně 60 km severozápadně od Prahy (Obr. 8), jde o významnou lokalitu z hlediska sedimentologického, regionálně geologického i paleontologického. Profil lomu stratigraficky spadá do svrchní části jizerského souvrství a spodní až střední části nadložního teplického souvrství svrchního turonu (Čech et al., 1996).

Rozhraní mezi souvrstvími tvoří tzv. koprolitová vrstva, v lomu Úpohlavy byly rozeznány dvě tyto vrstvy (Wiese et al., 2004). Svrchní koprolitová vrstva je významná bohatým fosilním obsahem (např. amonitová fauna, zuby a koprolity žraloků) včetně vzácných nálezů mořských plazů (Ekrt et al., 2001). Jizerské souvrství v lomu Úpohlavy je charakteristické tmavým monotónním slínovcem s velice ojedinělými zbytky makrofauny (Obr. 9). Teplické souvrství tvoří šedavé slínovce, jílovce a jílovité vápence s častějším fosilním obsahem, typické je cyklické opakování slínovců a vápenců. Obsah CaCO_3 v různých vrstvách kolísá od 50 % do 85 %. Podle složení fosilní fauny lze usuzovat, že území komunikovalo jak s boreální oblastí, tak s oblastí oceánu Tethys (Wiese et al., 2004).



Obr. 9 Foto vzorkované části činného lomu Úpohlavy.

3.2. Běchary

Vrt Běchary se nachází přibližně 70 km severovýchodně od Prahy (Obr. 8). Vrt byl vybrán s potenciálem ukázat vysoké rozlišení změn v sedimentárním záznamu a díky možnosti využití množství dat získaných na profilu. Tato geochemická, sedimentologická, geofyzikální a mikropaleontologická data byla podrobně zpracována v publikacích Uličný et al. (2014), Jarvis et al. (2015), Olde et al. (2015). V průběhu profilu jsou zaznamenány litologické cykly různých řádů, které jsou řízeny orbitálními cykly. V profilu je dále známo 12 genetických

sekvencí, dlouhodobé a střednědobé změny hladiny moře a změny ve společenstvu dinocyst. Ke studiu foraminifer byla vybrána svrchnoturonská část profilu díky podrobně popsané orbitální cyklicitě. Litologicky se jedná o slínovce až vápence s jemnou laminací. V době sedimentace bylo prostředí příbřežní, mělkovodní s tidálním prouděním. Hlavním zdrojem přínosu pevninských klastik byl pravděpodobně Západosudetský ostrov (Uličný et al., 2014).

3.3. Svinary

Lokalita Svinary (také Svinárky) se nachází přibližně 100 km východně od Prahy (Obr. 8). Jde o historickou lokalitu zmiňovanou již koncem 19. století na pravém břehu řeky Orlice. Jedná se o přibližně 15 m vysoký přirozený výchoz rozpadavých měkkých šedavých vápnitých jílovců (Obr. 10). Původně byla lokalita řazena do svrchního turonu (Zahálka, 1949), na základě makrofauny (především inoceramidi) byla později zařazena do coniacu (Soukup, 1962).



Obr. 10 Foto vzorkovaného profilu lokality Svinary.

4. Metody, zachování ostrakodů a foraminifer v sedimentech ČKP

4.1. Ostracoda – použité metody

4.1.1. Příprava vzorků

Pro zpracování vzorků určených pro studium ostrakodů z lokality Úpohlavy bylo odebráno 0,2 kg horniny, tato hornina byla nadrcena na menší fragmenty (cca 2 cm v průměru). Drť po několikadenním namáčení byla ohřátá na cca 90 °C, pro lepší vyčištění lasturek od sedimentu bylo ke každému vzorku přidáno 20-30 g hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO₃). Po odstátí byl roztok zmražený a poté znovu pomalu zahřátý na pokojovou teplotu. Podle potřeby (míry litifikace daného vzorku) byl celý postup zopakován. K plavení bylo použito vrchní síto s velikostí ok 2 mm, které zachytilo větší klasty, a spodní síto s velikostí ok 0,08 mm zachytilo materiál požadované velikostí včetně malých juvenilních stádií ostrakodů. Výplavy byly sušeny při pokojové teplotě. Protože u některých vzorků bylo po prohlédnutí pod mikroskopem zjištěno nedostatečné vyčištění schránek, byly výplavy dále čištěny pyrofosforečnanem sodným (Na₂H₂P₂O₇) v množství cca 3 g na vzorek. Vzhledem k neúčinnosti metody byl dále použitý chemický přípravek REWOquat v množství 0,5 ml na vzorek. Po reakční době (20-30 minut) byly výplavy znovu vyplaveny vodou o teplotě cca 50 °C (Bolli, 1952; Thomas a Murney, 1985).

Další taxonomické a kvantitativní studium vzorků probíhalo pod klasickou binokulární lupou. Při kvantitativním zhodnocení byla každá lasturka počítána jako jeden jedinec, celá schránka tedy jako jedinci dva. Započítány byly pouze schránky a lasturky větší než ½. Kde to bylo možné, bylo z výplavu napočteno 200 jedinců, v opačném případě byl prohlédnutý celý výplav. Pro vyjádření diverzity společenstva, četnosti a dominance druhů byl použitý Simpsonův reciproční index (SRI; Pokorný, 1971).

4.1.2. Vyhodnocení dat

Kvantitativní výsledky taxonomického zhodnocení společenstva ostrakodů byly použity pro interpretaci prostředí pomocí Platycopid Signal Hypothesis (PSH) podle Whatley et al. (2003). Hypotéza založená na relativním poměru řádu Podocopida a Platycopida, jejich postavení v trofické struktuře a rovna rozdílné adaptaci na množství kyslíku ve vodě. Řád Platycopida lépe prospívá i při snížené hladině kyslíku díky lepší cirkulaci vody ve schránce. Vysoké procentuální zastoupení řádu Platycopida tedy signalizuje snížení obsahu kyslíku v prostředí až na hypoxickou úroveň. (Whatley et al., 2003). Hypotéza po svém zveřejnění prošla kritikou (např. Brandão a Horne, 2009), má své zastánce i odpůrce.

V laboratoři Ústavu věd o Zemi Slovenské akademie věd v Banské Bystrici byly pomocí detektoru C – MAT 5 500 Ströhlein z každého vzorku zpracovány analýzy TC (celkový obsah uhlíku), TOC (obsah organického uhlíku), TIC (obsah anorganického uhlíku), CO₂ (obsah karbonátového uhlíku) a obsah CaCO₃. Metoda určuje množství organické hmoty, která podlela degradaci vlivem oxidace, ale byla uložena v sedimentárním záznamu. V principu platí, že čím je vyšší obsah zachovaného organického uhlíku (TOC), tím bylo hypoxické až anoxické. Výsledky analýzy byly použity pro interpretaci změn ve společenstvu ostrakodů.

4.2. Foraminifera – použité metody

4.1.1. Příprava vzorků

Pro zpracování vzorků určených pro studium foraminifer z vrtného jádra z lokality Běchary bylo vždy použito 0,2 kg horniny, tato hornina byla nadrcena na menší fragmenty (cca 2 cm v průměru). Drť po několikadenním namáčení byla ohřátá na cca 90 °C, ke každému vzorku přidáno 20-30 g hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO₃). Po odstátí byl roztok zmražený a poté znovu pomalu zahřátý na teplotu cca 90 °C (Kennedy a Coe, 2014). Kvůli vysoké míře litifikace byl postup opakovaný podle potřeby. Pro lokalitu Svinary byl vzhledem k rozdílnému litologickému složení použité rozpouštění vzorků (také vždy 0,2 kg) pomocí 10 % kyseliny octové (24 hod) a 10 % peroxidu vodíku (1 hod). Materiál byl plavený se spodním sítem s velikostí oka 0,063 mm a usušený při pokojové teplotě (Bulli, 1952; Thomas a Murney, 1985). Pro některé vzorky s vyšší mírou litifikace byla bez dobrého výsledku použita metoda krátkodobého rozpouštění 80 % kyselinou octovou podle Lirer (2000). Protože v některých vzorcích foraminifery chyběly, byly z těchto vzorků připraveny výbrusy v laboratořích České geologické služby (Praha). Zachování foraminifer i sedimentu bylo studované pod elektronovým mikroskopem za účelem zjištění míry rekrystalizace. Vysoká míra rekrystalizace ukázala na diagenetické změny ve stěně schránek, proto bylo upuštěno od původního záměru izotopových rozborů.

Při mikropaleontologickém vyhodnocení výplavů pod binokulární lupou byly nalezené foraminifery taxonomicky a kvantitativně zhodnoceny. Započteny byly pouze schránky větší než ½ a pokud bylo dostatečné množství schránek k dispozici, bylo započteno 200 jedinců.

4.1.2. Vyhodnocení dat

Pro vyhodnocení výsledků z vrtu Běchary byla relativní hojnost jednotlivých taxonů vyjádřena v procentech. Paleoeokogické nároky planktonních druhů byly interpretovány na základě jiných

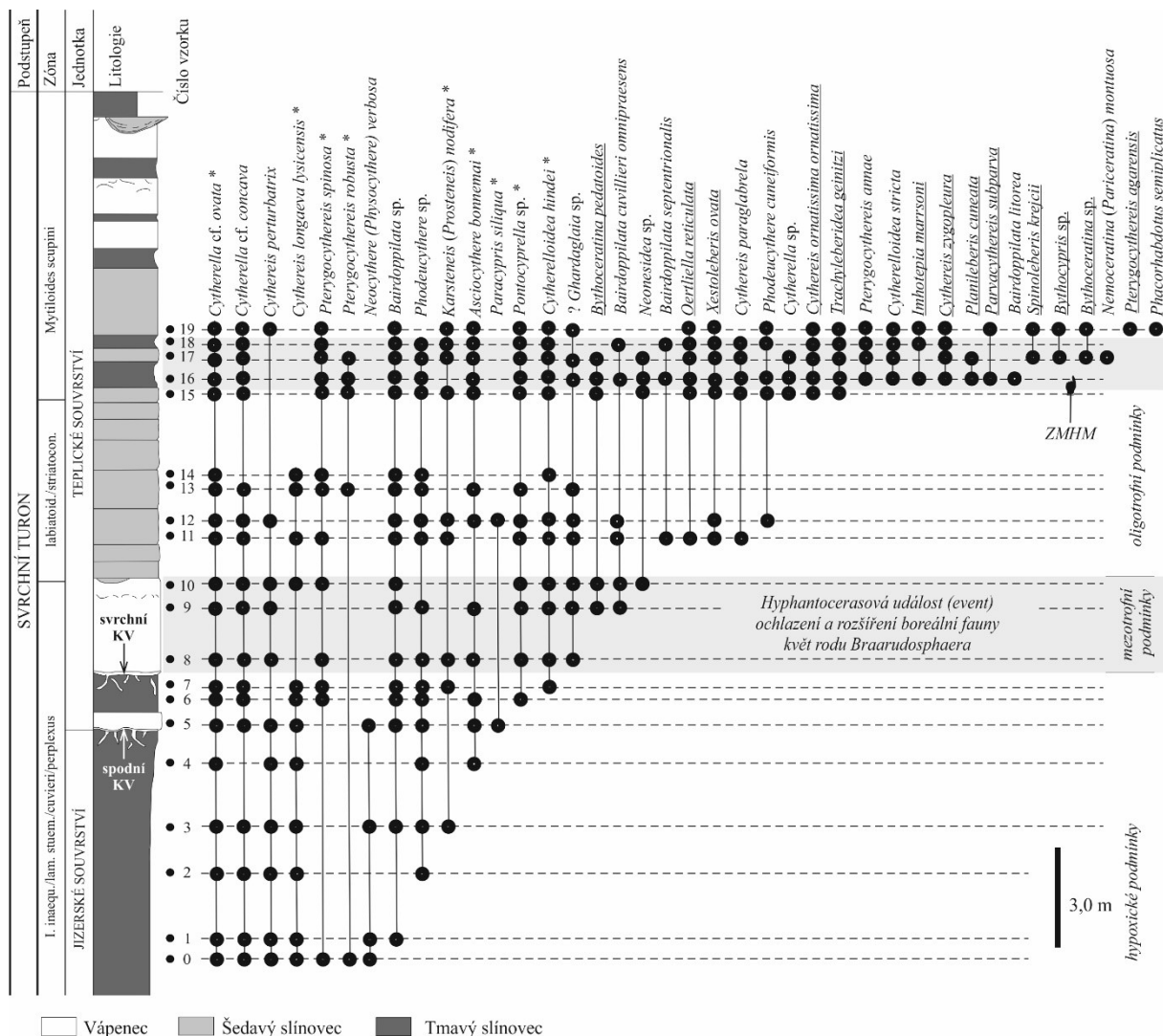
prací, ve kterých byly interpretace založené na morfologii a izotopových datech (např. Fisher a Arthur, 2002; Elderbak a Leckie, 2016 Hewaidy et al., 2019).

Rekonstrukce paleoprostředí na základě aktuologie bentických druhů nebyla vhodná vzhledem k rozdílným ekologickým požadavkům recentních a křídových druhů. Proto byla jako metoda použita morfogrupová analýza na základě klasifikace podle Frenzel (2000) a Cetaan et al. (2011). Použitím tohoto principu byly ekologicky charakterizovány tři skupiny foraminifer definované na základě statistických metod. Pro klasifikaci taxonů foraminifer do skupin byla použita kombinace výsledků vícerozměrných statistických analýz: analýza hlavních komponent (PCA; Principal component analysis), detrendovaná korespondenční analýza (DCA; Detrended Correspondence Analysis), neparametrické vícerozměrné škálování (nMDS; non-metric multidimensional scaling) a klastrová analýza (CA; cluster analysis) pomocí softwaru PAST 2.17 (Hammer et al., 2001). Dále byla použita Spermanova korelace mezi hlavními druhy definovaných skupin a geochemickými a litologickými parametry.

5. Výsledky

5.1. Zachování, diverzita a druhové složení společenstev mikrofosílií

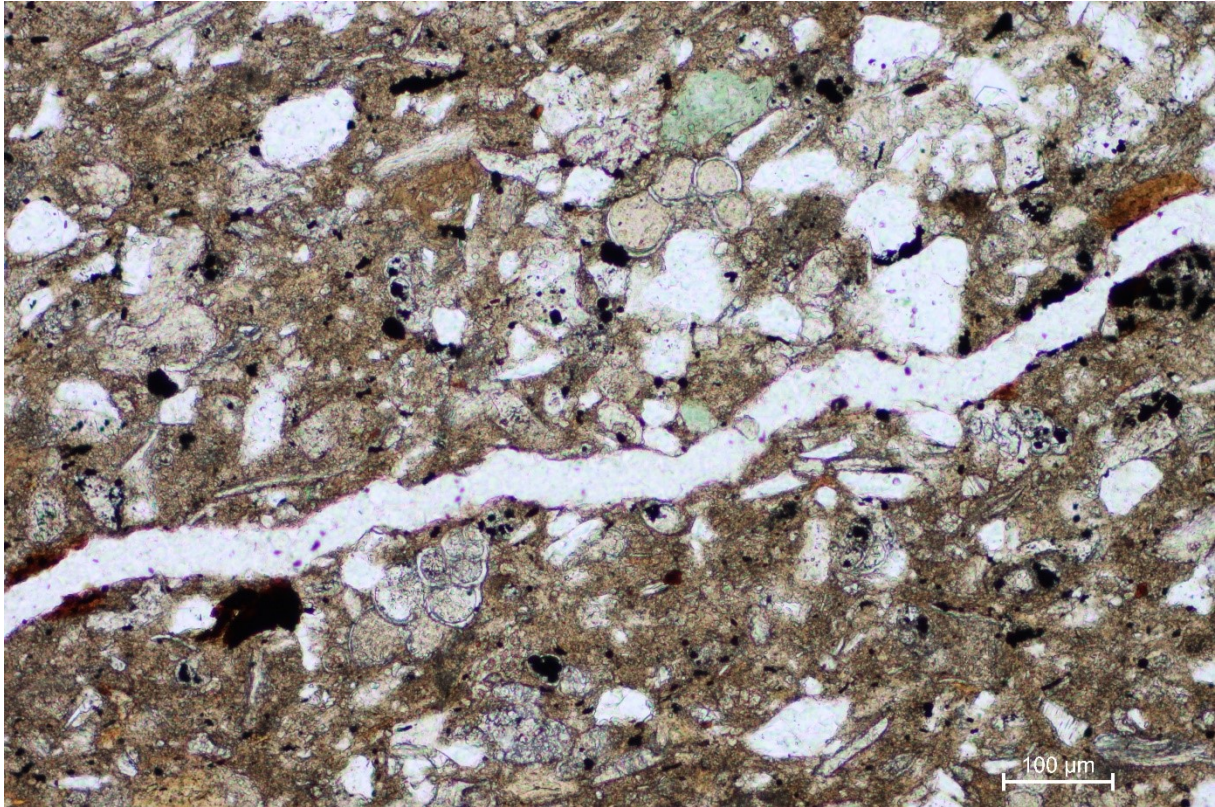
Na všech lokalitách byly nalezeny schránky mikrofosílií, výrazně se ale lišila hojnost a zachování jak mezi lokalitami, tak mezi vzorky na jedné lokalitě. Lom **Úpohlavy** poskytl nejlepší materiál v kvalitativním i kvantitativním smyslu. Schránky ostrakodů byly obvykle šedé až bělavé s mikritickou výplní a s dobře zachovanou ornamentací. Na některých schránkách byly patrné stopy po predaci a po transportu (nejčastěji na hladkých schránkách druhu *Cytherella ovata*). Některé ze schránek byly deformované pravděpodobně v důsledku diagenetických změn. V celkovém pohledu lze označit společenstvo z lomu Úpohlavy jako druhově bohaté. Nejhojnějšími druhy jsou zástupci rodů *Cytherella* (*C. ovata* (Roemer, 1841) a *C. concava* (Weaver, 1982)), *Cythereis* (*C. perturbatrix* (Pokorný, 1965), *C. longaeva lysicensis* (Pokorný, 1963)) a dále druhy *Bairdoppilata* sp., *Phodeucythere* sp., *Pontocyprella* sp., *Xestoleberis ovata* (Bonnema, 1941) a *Asciocythere bonnema* (Deroo, 1966). Množství jedinců a diverzita narůstají především v šedavých vápencích ve svrchní části profilu (Obr. 11). Simpsonův reciproční index ukazuje nižší hodnoty od 1,38 (vzorek č. 2) do 2,33 (vzorek č. 9) ve spodní části profilu (jizerské souvrství). Naopak ve svrchní části profilu hodnoty narůstají do rozmezí od 4,9 (vzorek č. 9) do 10,56 (vzorek č. 19).



Obr. 11 Znárodnění výskytu ostrakodů ve studovaných vzorcích z lomu Úpohlavy. * rody a druhy společné pro lokalitu Úpohlavy a Britské ostrovy; podtržené = společné pro lokalitu Úpohlavy a Britské ostrovy od události nazvané Hyphantocerasový event; spodní KV = spodní koprolitová vrstva; svrchní KV = svrchní koprolitová vrstva; ZMHM = zóna maximální hladiny moře (podle Wiese et al., 2004).

Ve vrtu z lokality **Běchary** byly schránky zachované v různé míře rekrystalizace, která v některých případech znemožňovala druhové určení. Byly nalezeny schránky různých velikostí, ve většině vzorků ale převažovaly menší schránky (<300 μm), pouze v krátkém intervalu mezi vzorky č. 171,5 - 173,0 a ve vzorcích č. 181,5 a 183,5 dominovaly schránky větších rozměrů. Není jasné, zda se v případě schránek <300 μm jednalo o juvenilní stádia nebo malé formy adultů. Ve všech odebraných a laboratorně zpracovaných vzorcích byly nalezeny schránky foraminifer, vyjma vzorků č. 169,2, 173,9, 179,8 a 185,0. V těchto vzorcích však byly schránky v malém množství pozorovány v petrografických výbrusech. Jednalo se o malé

schránky, pravděpodobně juvenilní stádia planktonních foraminifer s nejasnou taxonomií (Obr. 12). Na stěnách schránek byly při větším zvětšení patrné prasklinky a slabé rozpuštění, je tedy pravděpodobné, že došlo k rozbití schránek během přípravy výplavů. Protože není možné korelovat výsledky ze studia výbrusů (2D) a kvantitativní výsledky získané z výplavů (3D), tyto čtyři vzorky nebyly zahrnuty do dat pro statistiku.

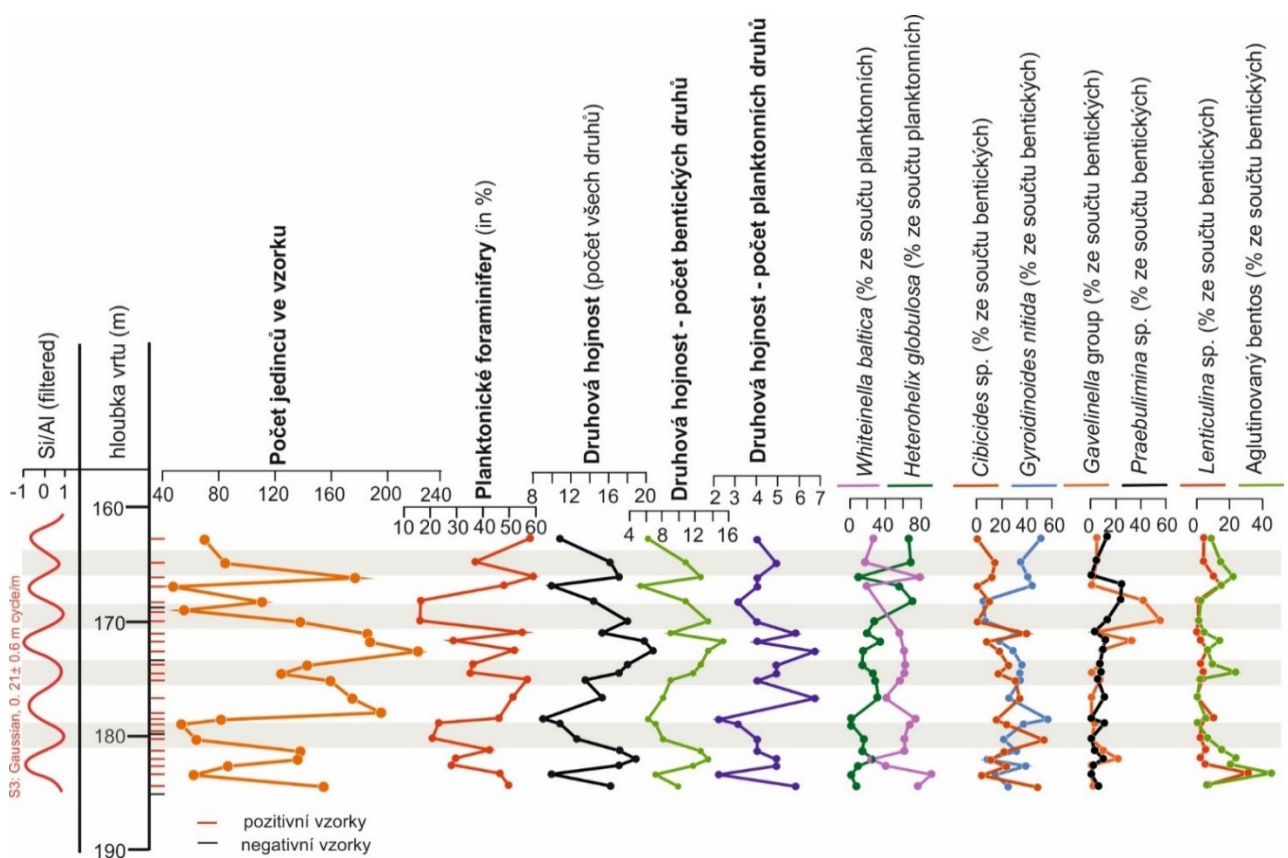


Obr. 12 Foto výbrusu ze vzorku 179,8 m se dvěma blíže neurčenými planktonními foraminiferami.

Vyšší diverzita bentických druhů byla pozorována v intervalech 182,8 - 181,5 a 174,9 m a v kratších intervalech 170,5 – 168 m a 166,8 - 165,5 m. Diverzita i hojnost v planktonním společenstvu byla celkově nízká s malými výkyvy. V průběhu celého profilu ve skupině bentosu dominují druhy typické pro ČKP jako *Gyroidinoides nitida* (Reuss, 1844), *Cibicides* sp., *Gavelinella pollesica* (Akimec, 1961) a *Praebulimina* sp. a *Valvulineria lenticula* (Reuss, 1845), dále se hojněji vyskytují druhy *Lenticulina* sp. a *Marsonella oxycona* (Reuss, 1860).

Na první pohled patrná alterace mezi spirálním globulárním planktonem a biseriálním planktonem byla podpořena korelačním koeficientem mezi těmito dvěma skupinami s hodnotou -0,83. Jediný zástupce skupiny biseriálního planktonu *Heterohelix globulosa* je zároveň nejpočetnějším druhem celé skupiny planktonu. V profilu postupně narůstá jeho

hojnost od 184,5 do 163,5 m. Do určité míry ukazuje opačný trend i samostatný planktonický rod *Whiteinella baltica*, nejpočetnější zástupce skupiny spirálního globulárního planktonu (Obr. 13). Skupině planktonu jednoznačně dominuje spirální globulární rod *Whiteinella* s převažujícím zastoupením druhů *W. baltica* (Douglas a Rankin, 1969) a *W. brittonensis* (Loeblich a Tappan, 1961). Dále se hojně vyskytuje biseriální planktonní druh *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg, 1840) a spirální planktonní rod *Dicarinella*. Všechny jmenované skupiny planktonu se vyskytují rovnoměrně v rámci studované části profilu. Poměrné zastoupení planktonu a bentosu ukazuje cyklické střídání, poměr je vyšší v intervalu 178,8 - 171,5 m a 167,5 - 163,5 m (Obr. 13).



Obr. 13 Studovaná část vrtu Bch-1 (163,5 - 185,0 m) s foraminiferovými daty a cyklickými změnami založenými na poměru Si/Al (maxima sezonality jsou vyznačena šedým pruhem).

Místa odběru vzorků pro studium foraminifer jsou označena červeně (pozitivní vzorky = foraminifery nalezené ve výplavu) a černě (negativní vzorky = foraminifery pozorované pouze ve výbrusech). Dobře patrná je alterace mezi druhem *Whiteinella baltica* (spirální globulární plankton) a druhem *Heterohelix globulosa* (biseriální plankton), společný trend

křivek *Cibicides* sp. a *Gyroidinoides nitida*, společný trend křivek *Lenticulina* sp. a

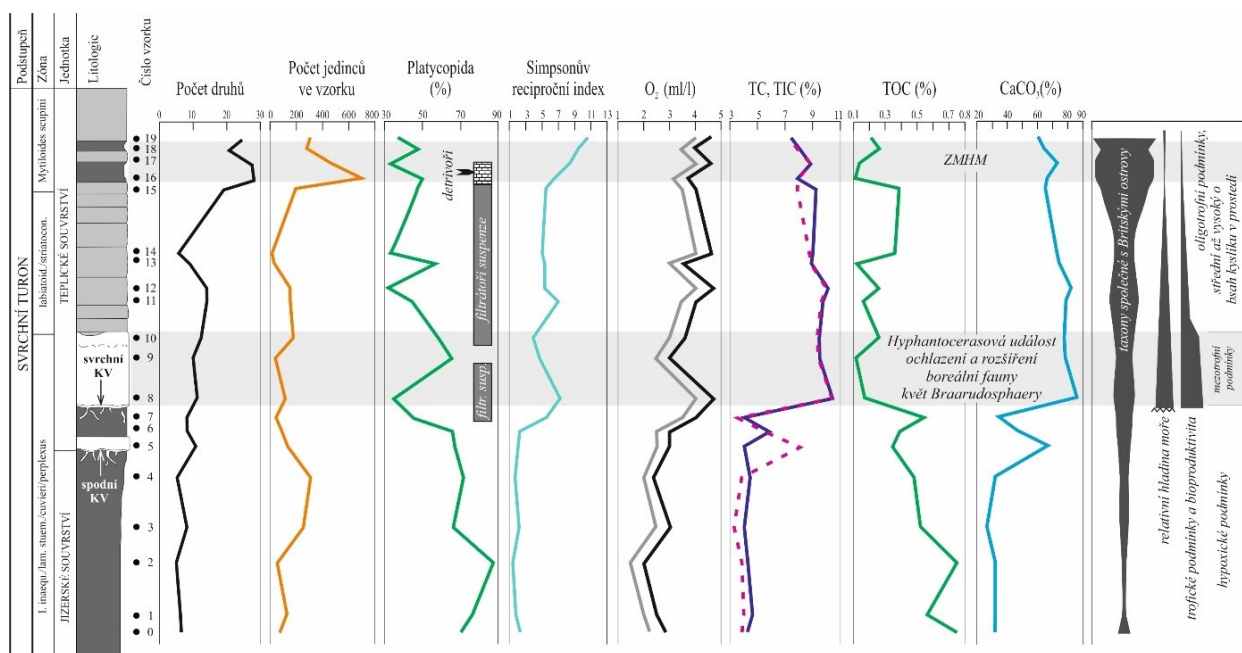
aglutinovaný bentos.

Schránky foraminifer z profilu lokality **Svinary** byly špatně zachované, bílé až šedavé barvy, vyplněné mikritem a v některých případech pyritem. Množství nalezených schránek představovaly pouze fragmenty nebo schránky deformované v různých směrech. Stěna schránky byla ve valné většině případů rekrystalizovaná nebo narušená rozpouštěním. V celkovém pohledu se jedná o chudé společenstvo. Vyšší diverzita byla zaznamenána v bentické skupině, kde bylo v průběhu celého profilu nalezeno 24 druhů. V bentickém společenstvu se objevili zástupci vápenatých druhů (např. *Globorotalites micheliniana* (d'Orbigny, 1840), *Tritaxia* sp., *Praebulimina* sp., *Neoflabellina suturalis suturalis* (Cushman, 1935) a *Fronicularia apiculata* Reuss, 1844) i zástupci aglutinovaných (např. *Spiroplectamina praelonga* (Reuss, 1845), *Gaudryina carinata* Franke, 1914)). Ve skupině bentosu je významněji zastoupený druh *Gyroidinoides nitidus*, který je velice rozšířeným druhem v epikontinentálních mořích svrchní křídy. Planktonní společenstvo ukázalo nižší druhovou rozmanitost, kde bylo celkově identifikováno deset druhů, často se jednalo o menší, pravděpodobně juvenilní jedince. Ve skupině planktonu dominoval spirální globulární rod *Whiteinella*, v menší míře se vyskytovali zástupci spirálního kýlnatého planktonu rody *Marginotruncana* a *Dicarinella*. Jediným zástupcem biseriálního planktonu je druh *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg, 1840), který se ale vyskytuje minoritně. Ve vzorcích z lokality Svinary bylo nalezeno malé množství ostrakodů, šlo pouze o čtyři druhy: *Cytherella ovata* (Roemer, 1841), *Cytherella parallela* (Reuss, 1845), *Imhotepia marssoni* (Bonnema, 1941) a *Pterygocythereis spinosa* (Reuss, 1846).

5.2. Ostrakodi a Hypotéza platykopidového signálu

Hypotéza platykopidového signálu (PSH; Platycopid Signal Hypothesis) vyjadřuje hodnoty kyslíku v prostředí na základě taxonomického složení společenstva ostrakodů. Poměr řádů Platycopida a Podocopida podle této hypotézy přímo ukazuje na hladinu kyslíku v prostředí, a to díky anatomickému přizpůsobení řádu Platycopida, který lépe prospívá i při snížení hladiny kyslíku ve vodním prostředí. Vysoké procentuální zastoupení řádu Platycopida tedy signalizuje snížení obsahu kyslíku až na hypoxickou úroveň. Tato hypotéza byla aplikována na kvantitativní výsledky ostrakodů z lomu Úpohlavy. Řád Platycopida (zastoupený pouze rody *Cytherella* a *Cytherelloidea*) dominuje s hodnotami 57 - 89 % ve tmavých monotónních slínovcích ve spodní části profilu, především v intervalu mezi vzorky č. 0 - 6 a 9 - 10 (Obr. 14). Zhruba ve stejné části profilu (vzorky č. 0 - 7) je také zaznamenána nižší druhová diverzita, nízký obsah TC (3,85 - 5,97 %), TIC (3,34 - 8,03 %) a CaCO₃ (27,83 - 66,91 %), ale naopak vyšší TOC (0,34 - 0,74 %). K výrazné změně dochází v místě odběru vzorku č. 7 přibližně

v místě svrchní koprolitové vrstvy, kde tmavé slínovce postupně přechází do vápenců (Obr. 14). Konkrétně se jedná o nárůst vypočteného Simpsonova indexu (Simpson reciprocal index; SRI) z hodnot v rozmezí 1 - 3 na rozmezí hodnot 5 - 11 a snížení zastoupení řádu Platycopeida (46 %), skokově zde narůstá obsah TOC (0,56 %), ostatní geochemické hodnoty naopak klesají: TC (4,22 %), TIC (3,66 %) a CaCO₃ (30,49 %). Podobný trend pokračuje i do nadloží, kde převažují světlé vápence s vysokým obsahem CaCO₃ (60,07 - 85,74 %), SRI dosahuje hodnoty až 10,56. Jsou zaznamenány i stoupající hodnoty TC (7,42 - 10,47 %) a TIC (7,21 - 10,29 %). TOC naopak klesá k hodnotám 0,11 - 0,38 %, stejně tak se spíše v nízkých hodnotách pohybuje zastoupení řádu Platycopeida (31 - 61,7 %), viz Obr. 14.



Obr. 14 Parametry ze vzorků z lokality Úpohlavy. Počet druhů a jedinců ve 200 g horninového vzorku; relativní obsah O₂ v prostředí rekonstruovaný na základě PSH hypotézy; zastoupení řádu Platycopeida - filtrátoři v souvislosti s potravní strategií popsané makrofauny; diverzita vyjádřená Simpsonovým recipročním indexem; obsah kyslíku (O₂ v ml/l) na základě poměru řádu Platycopeida a Podocopida: šedá linie = spodní předpokládaný limit relativního obsahu kyslíku; černá linie = svrchní limit relativního obsahu kyslíku; plná čára - TC (total carbon) = celkový obsah uhlíku, přerušovaná čára - TIC (total inorganic carbon) = obsah inorganického uhlíku; obsah organického uhlíku (TOC) v horninových vzorcích; spodní KV = spodní koprolitová vrstva; svrchní KV = svrchní koprolitová vrstva; ZMHM = zóna maximální hladiny moře relativní hladina moře, trofické podmínky a bioproduktivita (podle Wiese et al., 2004).

5.3. Zpracování společenstev foraminifer

5.3.1. Statistické metody a vyhodnocení společenstva foraminifer

Ve studované části vrtu lokality Běchary se cyklicky mění poměr planktonu a bentosu (P/B poměr). Zastoupení planktonu je relativně vyšší v intervalech 178,8 - 171,5 m a 167,5 - 163,5 m. Kvůli pozorovaným cyklickým změnám je P/B poměr dále použitý jako jeden z parametrů v paleoekologické interpretaci přesně řízených změn sezonality. Vyšší diverzita společenstva, která je vyjádřena počtem druhů, byla pozorována v intervalech 182,2 - 181,5 m a 174,9 - 172,2 m. Kratší interval se zvýšenou diverzitou je v rozmezí 170,5 - 168,0 m.

Analýzy PCA (analýza hlavních komponent; Principal component analysis) a nMMDS (neparametrické vícerozměrné škálování; non-metric multidimensional scaling) umožnily z kvantitativních dat získaných na lokalitě Běchary rozlišit tři rozdílná statisticky generovaná společenstva foraminifer. Statistické zpracování společenstva foraminifer pomohlo následné paleoekologické interpretaci. Skupiny rozlišené statistickými metodami byly pro účely práce nazvány jako klastry. Pomocí metody nMMDS byly tyto klastry dále korelovány s následujícími anorganickými parametry, které byly považovány za ekologicky proměnné:

- **poměr prvků Si/Al Ti/Al a Zr/Al:** Poměry prvků jsou ukazatelem přínosu siliciklastického materiálu, také může ukazovat na poměr písčito – jílovité složky v sedimentu. Předpokládaným zdrojem prvků je terigenní prostředí, jejich poměrné zastoupení v mořských sedimentech tedy může být interpretováno jako množství přínosu terigenního materiálu. Snížení poměru prvků je typické pro období termálního maxima se zvyšující se (sea - level rise) nebo zvýšenou (highstand) hladinou moře a tím způsobené zvýšené ukládání sedimentů na transgresivních plochách a v záplavových zónách (Jarvis et al., 2001; Uličný et al., 2014; Jarvis et al., 2015; Olde et al., 2015).
- **Greyscale (stupně šedi):** Hodnoty Greyscale (intenzita šedi nebo škála šedi) vyjadřují stupeň šedi sedimentu měřený na vrtném jádře a vycházejí z předpokladu závislosti barvy sedimentu na jeho složení (Tucker, 2001). Na základě těchto hodnot je na vrtném jádře z lokality Běchary interpretována míra zastoupení karbonátové složky v sedimentu, zrnitost sedimentu (písčité/jílovité) a jeho původ (karbonátový/organický) (Hrnková, 2013).
- **Magnetická susceptibilita (Magnetic susceptibility):** Magnetická susceptibilita vyjadřuje schopnost minerálu nebo horniny stát se magnetickými díky vystavení externímu magnetickému poli. Hodnoty vyjadřují míru zastoupení magnetických

minerálů, magnetická susceptibilita sekundárně ukazuje na míru siliciklastického přínosu, zdrojovou oblast, diagenezi a karbonátovou produkci. Magnetická susceptibilita může mít výpovědní hodnotu o paleoklimatu v kombinaci s dalšími indikátory, především v souvislosti s Milankovičovou cyklicitou a jejím vlivem na klima (Mayer a Appel, 1999; Kößler et al., 2001; Hrnková, 2013).

- **Total organic carbon (TOC/rock):** Hodnoty TOC měřené z horniny (bulk) ukazují na míru organické produkce míru prokysličení dna a rychlost ukládání sedimentu (Uličný et al., 2014; Jarvis et al., 2015; Olde et al., 2015).
- **Míra bioturbace sedimentu:** Míra bioturbace sedimentu je semikvantitativní vyjádření vizuálně zhodnocené bioturbace sedimentu. Ukazuje na míru oxygenace dna, sekundárně na uspořádání vodního sloupce, cirkulaci vodního prostředí a produktivitu prostředí (Uličný et al., 2014; Jarvis et al., 2015; Olde et al., 2015).
- **GR (Gamma ray):** Hodnoty „Gamma ray log“ jsou založené na měření radioaktivity (gama záření) ve vrtu. Různé typy hornin přirozeně vyzařují rozdílné hodnoty a spektrum gama záření díky jejich rozdílnému prvkovému složení. V souvislosti s dalšími parametry ukazují tyto hodnoty na relativní množství jílovitého materiálu v sedimentu (např. přítomnost břidlic ve vrtu je příčinou vyšších naměřených hodnot gama záření). Sekundární interpretace GR hodnot ukazují na relativní změny přínosu siliciklastického materiálu do pánve, charakter produktivity prostředí (karbonátová a organická), míru diagenese a přínos nutrientů do sedimentárního prostředí. Tyto hodnoty jsou používány především pro rozlišení mezi jemnozrnnými a písčitymi sedimenty v siliciklastickém prostředí (Uličný et al., 2014; Jarvis et al., 2015; Olde et al., 2015).
- **NNK (Neutron porosity):** Hodnoty „Neutron porosity log“ jsou měřeny pomocí neutronového záření, které je různou měrou pohlcováno v závislosti na atomovém složení daného sedimentu. Z těchto hodnot lze odvodit pórovitost hornin. Naměřené hodnoty vyjadřují především množství atomů vodíku v daném sedimentu, které obecně odpovídá pórovitosti hornin a nepřímo tak ukazují na diagenezi sedimentovaného materiálu, případně na míru karbonátové produkce nebo přínos siliciklastického materiálu (Uličný et al., 2014; Jarvis et al., 2015; Olde et al., 2015).
- **$\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$:** Jedná se o izotopový signál získaný měřením izotopů organického uhlíku (poměrné zastoupení izotopů $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{12}\text{C}$). Relativní změny v čase $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ukazují na změnu produktivity prostředí (marinní fytoplankton), změnu zdroje materiálu

přinášeného do pánve, hodnotu $p\text{CO}_2$ (parciální tlak oxidu uhličitého), změnu v primární produkci a pohřbívání organického uhlíku nebo změnu podílu detritu z terestrického prostředí (Uličný et al., 2014; Jarvis et al., 2015; Olde et al., 2015).

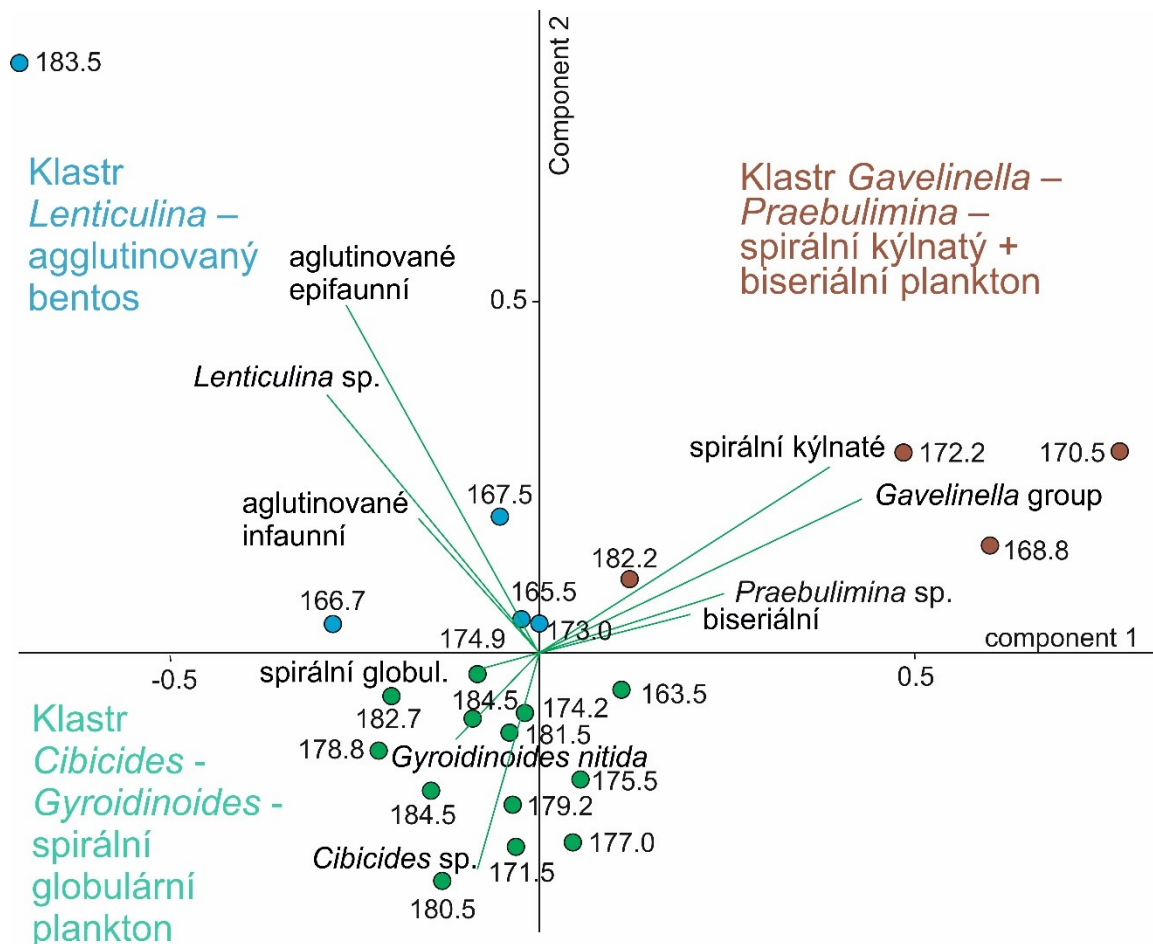
- $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$: Jedná se o izotopové hodnoty anorganického uhlíku v sedimentu (bulk), změny hodnot mohou být ovlivněné produktivitou prostředí nebo diagenézí.
- $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$: Jedná se o poměr izotopového signálu stabilních izotopů ^{18}O a ^{16}O . Změny tohoto poměru závisí na kolísání teploty vodního prostředí, salinitu a diagenézi.
- **poměr T/M**: Relativní zastoupení terestrických a marinních palynomorf je vyjádřeno jejich poměrem označeným jako T/M index. Mezi terestrické (T) palynomorfy patří především pylová zrna a spory, marinní palynomorfy (M) zastupují cysty dinoflagelát, akritarcha a organické zbytky schránek foraminifer (tapetum). Předpokládané zvýšení tohoto poměru je typické pro proximální oblasti sedimentační pánve, tedy pro sedimenty ukládané v mělkovodním prostředí, poměr se naopak snižuje s narůstající vzdáleností od pobřeží. Dále je vyšší zastoupení terestrických palynomorf považováno za projev zvýšeného terestrického přínosu. Poměr může být ovlivněný dalšími faktory jako změny terestrické vs. marinní produkce, změnami v terestrickém vegetačním pokryvu způsobenými změnami klimatu, změnami v hojnosti srážek nebo rozdílnou schopností disperze pylových zrn a spor. Proto je zásadní poměr T/M uvádět v souvislosti s dalšími daty, která mají výpovědní hodnotu o změnách hladiny moře (Prauss, 2001; Olde et al., 2015).
- **poměr P/G**: Dinocysty mohou být na základě ekologických nároků taxonů použity jako ukazatel produktivity paleoprostředí. Poměr relativní hojnosti fotosyntetických autotrofních (G; tzv. gonyaulacoidní dinocysty) a heterotrofních (P; tzv. peridinioidní dinocysty) vyjadřuje charakter produktivity paleoprostředí (Pearce et al., 2009; Olde et al., 2015).

Statisticky generované klastry foraminifer (Obr. 15) a jejich korelace s anorganickými parametry jsou následující:

- 1) **Klastr “*Cibicides* – *Gyroidinoides* – spirální globulární plankton”** je definovaný taxony *Cibicides* sp., *Gyroidinoides nitida* a spirálním globulárním planktonem (Obr. 15) s častým výskytem rodu *Praebulimina* a aglutinované infauny. Tento klastr pozitivně koreluje s parametry Si/Al, Zr/Al a GR. Hlavní taxony také zvlášť korelují s poměrem Si/Al (*Cibicides* sp., *Gyroidinoides nitida*), obsahem TOC, diverzitou a hojností foraminifer (*Cibicides* sp.), s hojností heterotrofních dinoflagelát a s CaCO_3 (*Gyroidinoides nitida*). Negativní korelaci

mají hlavní taxony s hojností marinních palynomorf (*Cibicides* sp.), s hojností heterotrofních dinoflagelát včetně poměru P/G a $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (spirální globulární plankton).

- 2) **Klastr “*Gavelinella* – *Praebulimina* sp.– spirální kýlnatý a biseriální plankton”** kromě hlavních taxonů (rod *Gavelinella*, *Praebulimina* sp., spirální kýlnatý a biseriální plankton; Obr. 15) obsahuje hojněji aglutinované foraminifery. Celý klastr pozitivně koreluje s poměrem P/G, s obsahem CaCO_3 , s $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ a indexem T/M. Dále hlavní taxony pozitivně korelují s GR (rod *Gavelinella* a *Praebulimina* sp.), s poměrem T/M a s diverzitou foraminifer a diverzitou dinocyst (rod *Gavelinella*), s poměrem P/G (*Praebulimina* sp. a biseriální plankton), s obsahem CaCO_3 (*Praebulimina* sp.), s $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (*Praebulimina* sp. a biseriální plankton), $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ (spirální kýlnatý plankton). Negativní korelaci ukazuje NNK a *Praebulimina* sp., hojnost terestrických palynomorf spolu s poměrem T/M a diverzitou palynomorf a spirální kýlnatý plankton.
- 3) **Klastr “*Lenticulina* – aglutinovaný bentos”** definovaný hlavním taxonem *Lenticulina* sp. a aglutinovanými bentickými foraminiferami (Obr. 15) často dále obsahuje druhy *Gyroidinoides nitida*, *Praebulimina* sp. a také biseriální a spirální globulární plankton. Klastr pozitivně koreluje s hodnotami greyscale (stupně šedi) a NNK. Hlavní taxony pozitivně korelují s NNK (*Lenticulina* sp.), hojností autotrofních dinoflagelát a marinních palynomorf včetně negativního poměru T/M (aglutinované foraminifery). Negativně koreluje poměr T/M, (*Lenticulina* sp.), hojnost foraminifer (*Lenticulina* sp. a aglutinovaný bentos), diverzita foraminifer (*Lenticulina* sp.), diverzita palynomorf (aglutinovaný bentos), GR a TOC (*Lenticulina* sp.), hojnost heterotrofních dinoflagelát, poměr P/G a $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (spirální globulární plankton).



Obr. 15 Výsledky vícerozměrných statistických analýz pro studovaná data vrtu Bch-1. Klasifikace foraminiferového společenstva pomocí PCA (analýza hlavních komponent; Principal component analysis) umožnila rozlišit tři definované klastry: 1) Klastr *Cibicides* – *Gyroidinoides* – spirální globulární pl.; 2) Klastr *Lenticulina* – aglutinované a 3) *Gavelinella* – *Praebulimina* sp. – spirální kýlnaté + biseriální plankton.

5.3.2. Biostratigrafie

Pro oblast ČKP je typická převaha bentických forem foraminifer. Proto je v tomto regionu používána biostratigrafie právě na základě bentosu (Hradecká, 2012), která je srovnána s celosvětovou planktonickou zonací foraminifer. Ve studovaném intervalu z vrtu **Běchary** byly rozlišeny 2 tyto zóny: zóna společenstva *Tritaxia tricarinata* a zóna rozsahu *Gaudryinella concina*. Hranice mezi těmito zónami je v okolí 183 m hloubky vrtu. Obě tyto zóny podle srovnání Hradecké (2012) odpovídají planktonické zóně *Dicarinella concavata* v mezinárodní biozonaci (Robaszynski a Caron, 1995) a spadají do svrchního turonu.

Biostratigrafie studované části profilu lomu Úpohlavy je detailně definovaná na základě amonitové a inoceramové fauny. Většina druhů ostrakodů koresponduje se stratigrafickým

určením svrchního turonu. Po srovnání s dostupnou literaturou byl biostratigrafický výskyt šesti druhů ostrakodů z lokality Úpohlavy rozšířený o svrchní turon. Konkrétně jde o druhy *Nemoceratina (Pariceratina) montuosa* (Jones a Hinde, 1890), jehož známý stratigrafický výskyt je až ze svrchního campanu a spodního maastrichtu. Biostratigrafický výskyt druhů *Cytherelloidea stricta* (Jones a Hinde, 1890), *Phodeucythere cuneiformis* Weaver, 1982 a *Pterygocythereis robusta* (Jones a Hinde, 1890) a *Bairdoppilata litorea* Pokorný, 1980a jsou naopak z literatury známé jako starší, druh *Cythereis ornatissima ornatissima* (Reuss, 1846) byl dříve popsán pouze z období coniacu (Obr. 16).

	Apt		Alb		Cenom.		Turon		Coniac		Santon		Campan		Maastr.		Dostupná literatura vyznačeného stratigrafického výskytu	
	Sp.	Str.	Sv.	Sp.	Str.	Sv.	Sp.	Str.	Sv.	Sp.	Str.	Sv.	Sp.	Str.	Sv.	Sp.		Str.
<i>Cytherella cf. concava</i> Weaver, 1982																		Babinot et al., 1985; Slipper, 1997; Weaver, 1982
<i>Cytherella cf. ovata</i> (Roemer, 1841)																		Weaver, 1982
<i>Cytherelloidea hindei</i> Kaye, 1964																		Slipper, 2009
<i>Cytherelloidea stricta</i> (Jones a Hinde, 1890)																		Deroo, 1956; Jarvis et al., 1988; Neale 1978
<i>Bythoceratina pedatoides</i> (Bonnema, 1941)																		Slipper, 2009; Weaver, 1982
<i>Nemoceratina (Pariceratina) montuosa</i> (Jones a Hinde, 1890)																		Neale, 1978
<i>Cythereis longeva lysicensis</i> Pokorný, 1963																		Pokorný, 1963; Slipper, 1997
<i>Cythereis ornatissima ornatissima</i> (Reuss, 1845 - 46)																		Pokorný, 1963
<i>Cythereis paraglabrella</i> Pokorný, 1965																		Pokorný 1965; Slipper, 2009
<i>Cythereis perturbatrix</i> Pokorný, 1965																		Pokorný, 1965; Slipper, 1997
<i>Cythereis zygopleura</i> Pokorný, 1965																		Pokorný 1965
<i>Phodeucythere cuneiformis</i> Weaver, 1982																		Jarvis et al., 1988; Slipper, 2009
<i>Neocythere (Physocythere) verbosa</i> (Damotte, 1962)																		Slipper, 2009
<i>Asiocythere bonnemai</i> Deroo, 1966																		Deroo, 1966; Pokorný, 1986
<i>Trachyleberidea geinitzi</i> (Reuss, 1874)																		Slipper, 2009
<i>Oerthella reticulata</i> (Kafka, 1886)																		Pokorný, 1979
<i>Phacorhabdus semiplicatus</i> (Reuss, 1874)																		Pokorný, 1979
<i>Planileberis cuneata</i> (Kafka, 1886)																		Pokorný, 1979
<i>Pterygocythereis annae</i> Pokorný, 1967																		Pokorný, 1967a
<i>Pterygocythereis agarensis</i> Pokorný, 1987																		Pokorný, 1987
<i>Pterygocythereis robusta</i> (Jones a Hinde, 1890)																		Jarvis et al., 1988
<i>Pterygocythereis spinosa</i> (Reuss, 1845-46)																		Slipper, 2009
<i>Spinoleberis krejci</i> Pokorný, 1969																		Pokorný, 1969; Slipper, 2009
<i>Parvacocythereis subparva</i> (Pokorný, 1967)																		Pokorný, 1967b; Slipper, 2009
<i>Karsteneis (Prosteneis) nodifera</i> (Kafka, 1886)																		Pokorný, 1979
<i>Xestoleberis ovata</i> Bonnema, 1941																		Slipper, 1997
<i>Bairdoppilata cavillieri omnipraesens</i> (Pokorný, 1980)																		Pokorný, 1978; Pokorný 1980a
<i>Bairdoppilata litorea</i> Pokorný, 1980																		Pokorný, 1980b
<i>Bairdoppilata septentrionalis</i> (Bonnema, 1940)																		Pokorný, 1980b; Slipper, 1997
<i>Paracypris siliqua</i> Jones and Hinde, 1890																		Babinot, 1980; Babinot et al., 1985
<i>Imhoitepia marrooni</i> (Bonnema, 1941)																		Damotte et al., 1981

 stratigrafický výskyt v dostupné literatuře
 výskyt v lomu Úpohlavy
 První zaznamenaný výskyt v České křídové pánvi

Obr. 16 Porovnání biostratigrafického výskytu ostrakodů v dostupné literatuře a výskytu v lomu Úpohlavy s vyznačením prvních zaznamenaných výskytů druhů v ČKP.

Stratigraficky významné druhy z lokality **Svinary** jsou *Gaudryina carinata* a *Neoflabellina suturalis suturalis*, které nepřímě odkazují na bentickou zónu *Stenseoeina granulata* – *Eponides whitei* platnou pro ČKP. Jedná se o zónu spadající do spodního až svrchního coniacu, v mezinárodní planktonické zonaci odpovídá planktonické zóně *Dicarinella concavata* (Robaszynski a Caron, 1995).

6. Diskuze

6.1. Ostrakoda

6.1.1. Bioprovincionalita ostrakodů

Z hlediska paleobioprovincií stanovených na základě Babinot a Colin (1992) spadá ČKP v období svrchní křídly do jihoevropské bioprovincie. Zatímco v cenomanu byla jihoevropská ostrakodová bioprovincie izolovaná od ostatních stanovených bioprovincií, ve svrchním turonu předpokládáme komunikaci s boreální a tethydní oblastí (Babinot a Colin, 1992; Wiese et al., 2004). Společenstvo ostrakodů determinované ve vzorcích z lomu Úpohlavy vykazuje vysokou míru podobnosti společenstvům z Velké Británie (Slipper, 1997; 1998; 2009), konkrétní shoda je mezi 6 rody (*Pontocyprilla*, *Pterygocythereis*, *Bythocypris*, *Paracypris*, *Asciocythere*, *Bythoceratina*) a 13 druhy (*Cythereis longaeva*, *C. ornatissima*, *C. zygopleura*, *Cytherella ovata*, *Cytherelloidea hindei*, *Imhotepia marsoni*, *Karsteneis nodifera*, *Oertliella reticulata*, *Parvacycythereis subparva*, *Planileberis cuneata*, *Spinoleberis krejci*, *Trachyleberidea geinitzi*, *Xestoleberis ovata*). Tyto taxony se převážně začínají vyskytovat až v horizontu Hyphantocerasového eventu, kdy se interpretované prostředí mění na oligotrofní, dochází ke zdvihu hladiny a díky tomu k vyšší míře komunikace s okolními oblastmi. Nalezená fauna ostrakodů byla dále srovnávána s turonským společenstvem jihoevropské bioprovincie z Francie (Babinot et al., 1985), kde se jako shodné ukázaly tři druhy (*Cytherella ovata*, *Neocythere (Physocythere) verbosa*, *Imhotepia marsoni*) a sedm rodů (*Parvacycythereis*, *Asciocythere*, *Cythereis*, *Planileberis*, *Spinoleberis*, *Oertliella* a *Karsteneis*). Malá podobnost byla zjištěna s německým společenstvem z Westfálska (Rescher, 1968) a to hlavně na rodové úrovni (*Bairdia*, *Cythereis*, *Xestoleberis*, *Pterygocythereis*, *Cytherelloidea* a *Cytherella*). Ačkoli shodná fauna s afro-arabskou bioprovincií na jižním okraji tethydní oblasti nebyla kvůli bentickému způsobu života ostrakodů očekávaná, bylo nalezeno sedm shodných rodů (*Paracypris*, *Bythoceratina*, *Spinoleberis*, *Oertliella*, *Cythereis*, *Xestoleberis*, *Pontocyprilla*) a jeden druh (*Cytherella ovata*) (Elewa a Mohamed, 2014). Tato dříve nepředpokládaná podobnost ostrakodové fauny mezi jednotlivými oblastmi turonských svrchnokřídových moří, která se zdá být ve starší literatuře podceňována, nabízí nový prostor pro výzkum. Navíc díky této práci bylo v oblasti ČKP poprvé nalezeno 14 druhů a další taxony se mohou s velkou pravděpodobností dále objevit.

6.1.2. Paleoekologie ostrakodů

Většina druhů nalezených na lokalitě Úpohlavy všeobecně zaznamenala rozvoj v důsledku zeslabení zóny kyslíkového minima na konci cenomanu, v turonu pak dále osidlovaly nově vznikající niky (Jarvis et al., 1988). Na lokalitě je dobře patrný nárůst biodiverzity ostrakodového společenstva při přechodu z tmavých slínovců do nadložních vápenců. Dominance řádu Platycopida (rody *Cytherella* a *Cytherelloidea*) ve spodní části profilu, kde převažují tmavé slínovce a nízká diverzita společenstva, ukazuje podle hypotézy PSH na prostředí s nízkým obsahem rozpuštěného kyslíku v prostředí (podle PSH hypotézy klesající až k hodnotám 3-1,5 ml/l) až hypoxii u dna. Stejně jako bioproduktivita klesá i zastoupení řádu Platycopida (filter feeders) směrem vzhůru v profilu ve prospěch řádu Podocopida (deposit feeders). Z poměru 9/1 (Platycopida/Podocopida) v tmavých slínovcích jizerského souvrství se poměr mění až k hodnotě 1/2 v nadložních vápencích teplického souvrství s předpokládanými oligotrofními podmínkami a s vyšším obsahem kyslíku v prostředí (s přibližnými hodnotami podle hypotézy PSH 2,5 - 4,5 ml/l). Zastoupení řádu Platycopida se ještě jednou zvyšuje mezi vzorky č. 8 - 10, pravděpodobně v přímé reakci na nárůst potravního zdroje. V tomtéž horizontu je popsán tzv. květ rodu *Braadurosphaera*, která je spolu s pikoplanktonem velikostně vhodnou potravou pro filtrátory řádu Platycopida a dobře snáší snížení salinity (Švábenická, 1999; Wiese et al., 2004; Takano et al., 2006; Horne et al., 2011). V popsaném intervalu tzv. Hyphantocerasového eventu dochází nejen k nárůstu zastoupení rodu *Braadurosphaera* v rámci nanoflory, ale také rozšíření boreální makrofauny v důsledku ochlazení vod, které je v tomto místě doložené nárůstem $\delta^{18}\text{O}$ (hodnoty okolo 3.5‰) (Wiese et al., 2004).

6.2. Foraminifera

6.2.1. Interpretace definovaných klastrů foraminifer

Definované klastry foraminifer z vrtu Běchary byly srovnány s dostupnou literaturou na základě teorie morfologických skupin tzv. morfogrup, paleoekologie jednotlivých taxonů a zároveň s dalšími parametry známými ze studované lokality (geochemické, litologické a paleontologické). Cyklické změny v sedimentárním záznamu jsou projevem především změn sezonality. Tyto změny se mohou odlišně promítnout v různých úrovních vodního sloupce, proto je předpokládán rozdílný vliv na bentické i planktonní společenstvo. Pro interpretaci je nutné statisticky definované klastry (popsané výše) paleoekologicky interpretovat. Záměrem bylo zjistit, čím se mohla projevit cykličnost způsobená kolísáním intenzity sezónních rozdílů na společenstvu foraminifer. Pro interpretaci klastrů byla použita kombinace tří metod: autekologie jednotlivých taxonů, morfogrupová analýza podle Frenzel (2000) a Cetean et al.

(2011) a interpretace paleoprostředí na základě inorganických parametrů, které korelovaly s jednotlivými klastry. Výsledkem je paleoenvironmentální model (Obr. 17) pro každý klastr, který je charakteristický především odlišnou mírou sezonality a množstvím živin.

- 1) **Klastr “*Cibicides* – *Gyroidinoides* – spirální globulární plankton”** určuje v souladu se sedimentologickými daty podmínky prostředí jako sublitorální až batyální, a to díky nominálním taxonům (*Cibicides* sp., *Gyroidinoides nitida*), doprovodnému druhu *Praebulimina* sp. a aglutinované infauně (Hewaidy et al., 2019). Klastr je interpretovaný jako společenstvo závislé na sezónním terigenním přínosu organické hmoty vyjádřený zvýšeným poměrem Si/Al. V období nižší sezonality je předpokládána vysoká primární produkce, promíšený vodní sloupec bez stratifikace a s tím spojený výskyt globulárního planktonu (Obr. 17; Keller et al., 2001; Bornemann a Norris, 2007; Friedrich et al., 2008). Globulární plankton je potravně navázaný na výskyt fytoplanktonu, především na jeho tzv. květ, který se také promítá do snížení hodnot anorganického uhlíku ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$) a je spojený s dominancí fototrofních dinocyst (nízká hodnota P/G). Zdroj živin pro planktonní foraminifery nepředstavuje dominantní zdroj živin i pro bentické foraminifery, proto se geochemické parametry na dně a ve vodním sloupci mohou značně lišit. Vyšší zastoupení druhů *Cibicides* sp. a *Gyroidinoides nitida* je spojeno se zvýšeným obsahem izotopů uhlíku, vyššími hodnotami TOC, sníženou hojností palynomorf a naopak zvýšenou hojností heterotrofních dinoflagelát. Díky vyšším hodnotám izotopů anorganického uhlíku předpokládáme, že vyšší hodnoty TOC byly pravděpodobně způsobené blíže neurčeným amorfním organickým materiálem heterotrofního původu (Obr. 17; Obr. 18).

Přítomnost živin v suspenzi je předpokládána díky zastoupení druhu *Cibicides* sp., který se právě živí ze suspenze. Stejně tak lze usuzovat na živiny přítomné v substrátu díky druhům *G. nitida* a *Praebulimina*, definovaných jako požírači substrátu (Frenzel, 2000; Cetaan et al., 2011). *Cibicides* sp. dále indikuje oxické podmínky na dně, hypoxické podmínky jsou předpokládány hlouběji v sedimentu, díky přítomnosti rodu *Praebulimina*, zástupce hluboké infauny tolerantního k hypoxii (Obr. 17; Kaiho, 1994; Murray, 2006).

Na základě vyššího poměru Si/Al je interpretovaný zvýšený terestrický přínos způsobený obdobími s vyšší intenzitou srážek. Tento trend také podporuje poměr T/M, který však může být ovlivněn více faktory (Obr. 18; Olde et al., 2015). V precesních cyklech ale nejsou očekávány oscilace hladiny, proto předpokládáme, že T/M reflektuje

narůst terestrického přínosu. Dominance oportunistického rodu *Whiteinella* naznačuje stresové podmínky v povrchových vodách (změny salinity a/nebo změny v přínosu živin), dominance druhu tedy také podporuje předpokládaný terestrický (sladkovodní) přínos (Obr. 17; Keller et al., 2001; Friedrich et al., 2008). Změny v salinitě povrchových vod dále souhlasí s epizodickým výskytem euryhalinního rodu vápnitého nannoplanktonu rodu *Braarudosphaera* (podle Švábenická v Olde et al., 2015). Terestrický přínos může také vysvětlit rozpor mezi mezotrofními planktonními foraminiferami (preferují nižší primární produktivitu) a současnou koexistencí eutrofních bentických foraminifer, které preferují vyšší produktivitu (způsobená organickým materiálem terestrického původu v sedimentu).

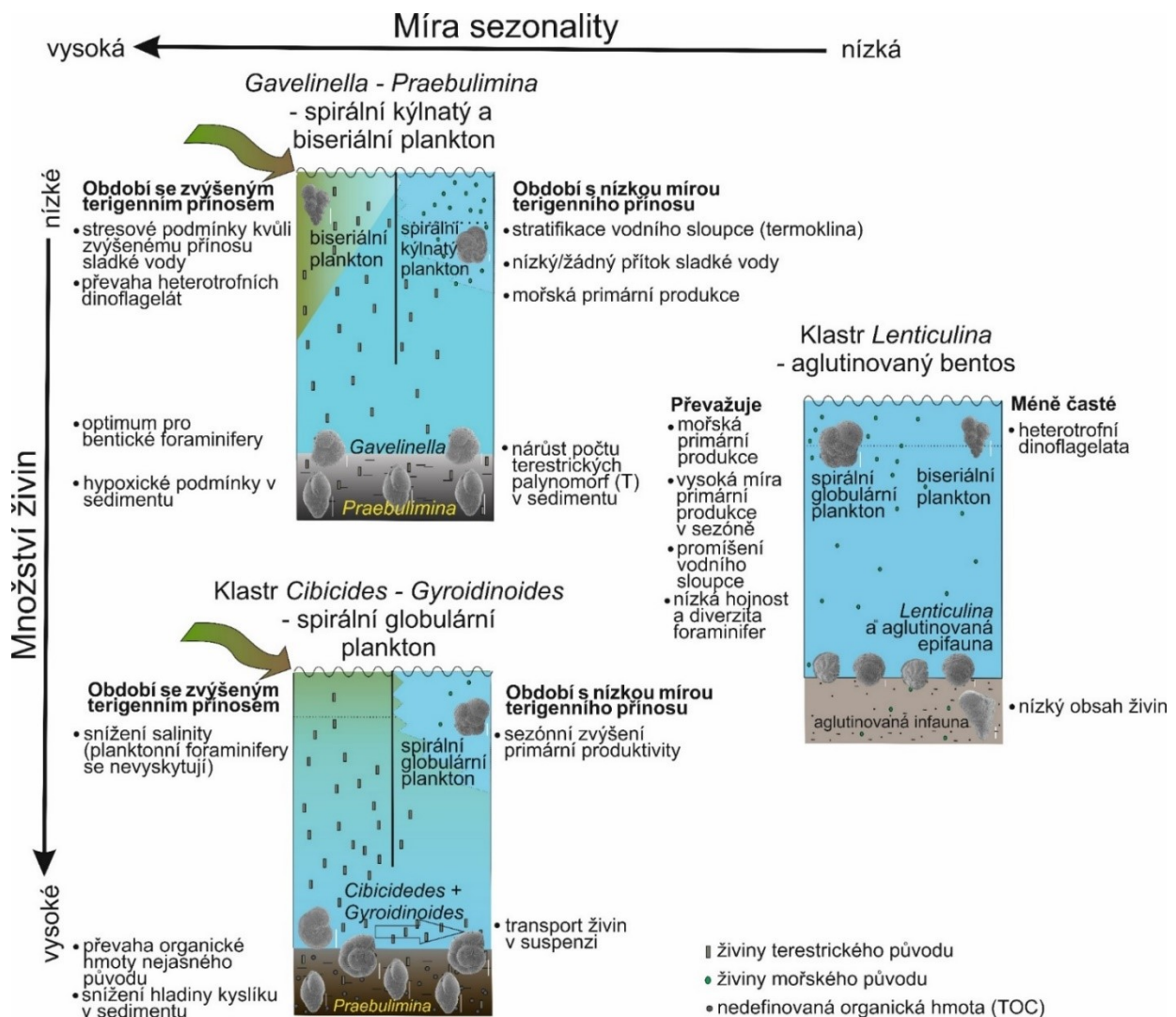
- 2) **Klastr “*Gavelinella* – *Praebulimina* sp.– spirální kýlnatý a biseriální plankton”** podobně jako předešlý klastr indikuje sublitorální až batyální prostředí s okysličenou vodní vrstvou u dna. Tento předpoklad je postavený na přítomnosti rodu *Gavelinella*. Na hypoxické podmínky v sedimentu ukazuje infaunální rod *Praebulimina* (Koutsoukos a Hart, 1990; Hradecká, 1996; Frenzel, 2000; Fisher a Arthur, 2002; Cetean et al., 2011; Hewaidy et al., 2019). Společný výskyt kýlnatého spirálního planktonu, který představuje tzv. intermediate dwellers ve stratifikovaném vodním sloupci, a biseriálního planktonu, ukazující na promíšený vodní sloupec, naznačuje krátkodobé (pravděpodobně sezónní) střídání promíšeného a stratifikovaného vodního sloupce (Obr. 17; Keller et al., 2001; Fisher a Arthur, 2002; Hewaidy, 2019). Obě definované skupiny planktonu indikují rozdílnou kvalitu povrchových vod. Biseriální plankton zastoupený druhem *Heterohelix globulosa* je v literatuře popsán jako oportunistický, ke stresu tolerantní druh, který dobře snáší narůstající sezonalitu (Keller et al., 2001; Fisher a Arthur, 2002; Elderbak a Leckie, 2016). Výskyt druhu je ve statistických výsledcích spojený s vyšší produktivitou heterotrofních dinocyst, s vyššími hodnotami $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (bulk-rock), které ukazují na nižší primární produktivitu v povrchových vodách. Proti tomu skupina spirálního kýlnatého planktonu indikuje stenohalinní prostředí bez stresových faktorů a je spojena se sníženým výskytem terestrických palynomorf, což podporuje teorii snižujícího se říčního přínosu (Friedrich et al., 2008). Nižší poměr P/B indikuje roli salinitních změn v prostředí a může ukazovat na přítomnost gravitačních proudů, které se v povrchové vodě promítají jako hypopyknikální proudy nesené podél osy pánve (Uličný, 2001; Olde et al., 2015).

Díky vyššímu množství terestrických palynomorf a díky nižší primární produktivitě indikované vyšším poměrem P/G lze na dně předpokládat zvýšený přísun živin z terestrických zdrojů. Stejně jako u předešlého klastru je i zde patrný rozdíl mezi kvantitou a kvalitou nutrientů u dna a ve vodním sloupci, která může být způsobena promísením vod nebo zprůměrováním sezónních výkyvů kvality živin na dně (Obr. 17). Obecně je tento klastr podobný klastru předešlému (*Cibicides* – *Gyroidinoides* – spirální globulární plankton), rod *Gavelinella* ale vyžaduje nové environmentální parametry. Na rozdíl od rodu *Cibicides*, který je filtrátorem ze suspense, je rod *Gavelinella* definovaný jako aktivní detrivor (active deposit feeder), což ukazuje na změnu množství (snížení) živin v suspenzi.

V tomto klastru s vyšším zastoupením biseriálního planktonu je díky terestrickému přínosu sladké vody předpokládaný méně častý květ planktonu. Nižší zastoupení biseriálního planktonu v předešlém klastru může být způsobeno intenzivnějšími srážkami, které snižují salinitu až na úroveň možného přežití planktonních foraminifer (Obr. 17). Tyto salinitní změny mohou vysvětlovat nepřítomnost biseriálního planktonu i v obdobích vhodných pro jeho květ. Interpretaci podporuje popsání snížení krátkodobých změn v hodnotách izotopů kyslíku a TOC ve svrchní části studovaného intervalu, kde převažuje klastr *Gavelinella* – *Praebulimina* spirální kýlnatý a biseriální plankton (Obr. 18). To může reflektovat snižující se variance v intenzitě nebo frekvenci sezónních srážek.

- 3) **Klastr “*Lenticulina* – aglutinovaný bentos”** se vyznačuje dominancí druhu *Lenticulina* sp., který je považovaný za epifaunni až mělce infaunni volně žijící detrivor (active deposit feeder). Žije obvykle na vnějším šelfu v hloubce mezi 50 a 100 m (Hewardy et al., 2019; Murray, 2014; Fisher a Arthur, 2002; Frenzel, 2000). V tomto klastru se dále vyskytují druhy *Gyroidinoides nitida*, *Praebulimina* sp. a skupina biseriálního a spirálního globulárního planktonu. Planktonní společenstvo v klastru je ale proměnlivé, společný výskyt biseriálního a globulárního planktonu ukazuje na výkyvy v sezonalitě. Převažující výskyt globulárních forem společně s nižšími hodnotami $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ a vyšším zastoupením mořských palynomorf indikuje sezóny s vyšší primární marinní produkcí (Obr. 18). Méně častý výskyt biseriálního planktonu spolu s nárůstem heterotrofních dinocyst indikuje krátké epizody paleoenvironmentálního stresu (Obr. 17).

U tohoto klastru očekáváme oproti předešlým dvěma klastrům odlišné paleoenvironmentální podmínky u dna, kde chybí živiny v suspenzi. Nízký poměr T/M, interpretovaný jako indikátor relativně distálních příbřežních podmínek, ukazuje na primární marinní produkci jako na hlavní zdroj organického materiálu (Obr. 17; Uličný et al., 2014; Olde et al., 2015; Jarvis et al., 2015). Snížený obsah TOC indikuje nižší míru přínosu organiky. Nižší diverzita foraminifer může reflektovat méně živin v prostředí. Vyšší hodnoty stupnice šedi (greyscale) mohou být následkem sníženého obsahu organické hmoty v sedimentu.



Obr. 17 Model předpokládaného paleoprostředí pro tři statisticky definované foraminiferové klastry. Obrázky v levém sloupci reprezentují model paleoprostředí pro dva klastry (klastr *Cibicides – Gyroidinoides* – spirální globulární plankton a klastr *Gavelinella – Praebulimina* sp.– spirální kýlnatý a biseriální plankton), které jsou spojené s vyšší mírou sezonality, ale liší se od sebe taxonomickým složením společenstva foraminifer, množstvím živin v prostředí a

přítomností živin v suspenzi. Klastř *Lenticulina* – aglutinovaný bentos v pravém sloupci je spojený s převažující mořskou primární produkcí, s promíšením vodního sloupce, nízkým obsahem živin a s nízkou hojností a druhovou bohatostí společenstva foraminifer.

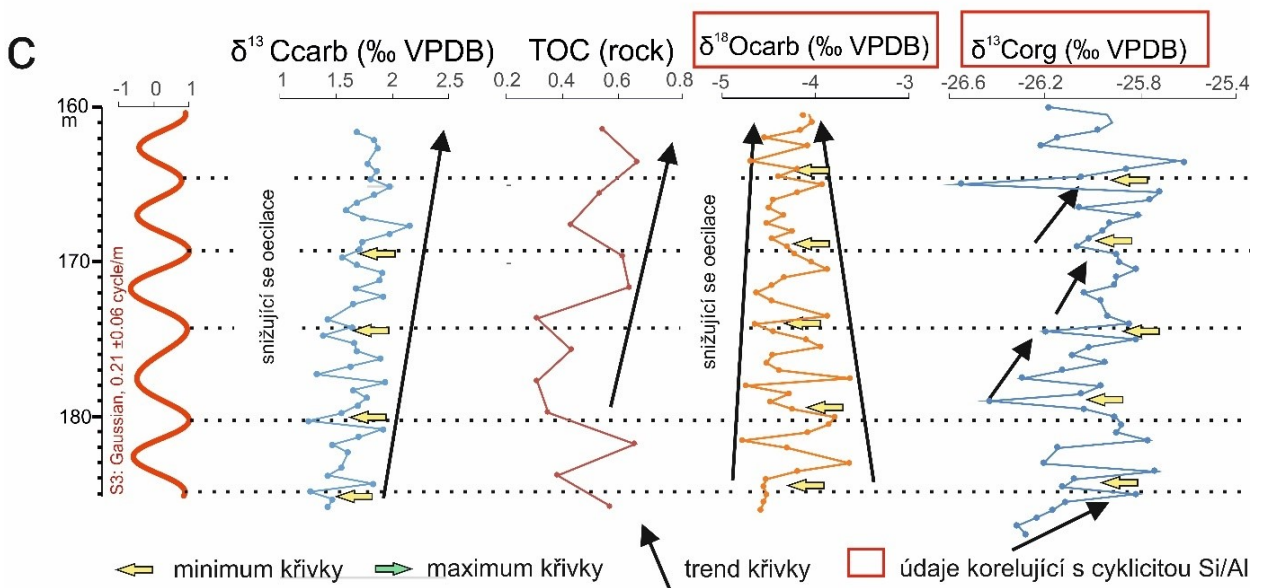
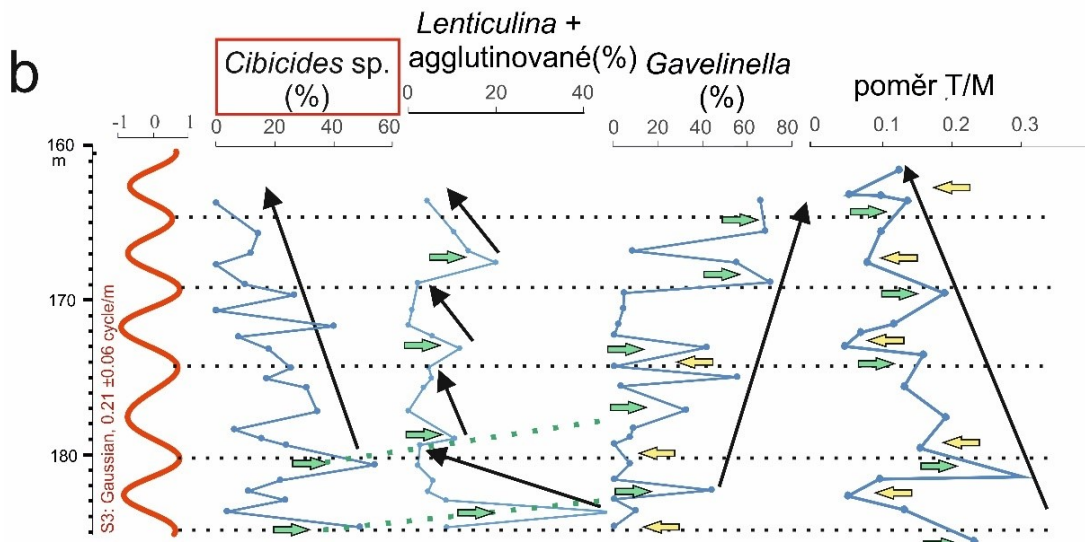
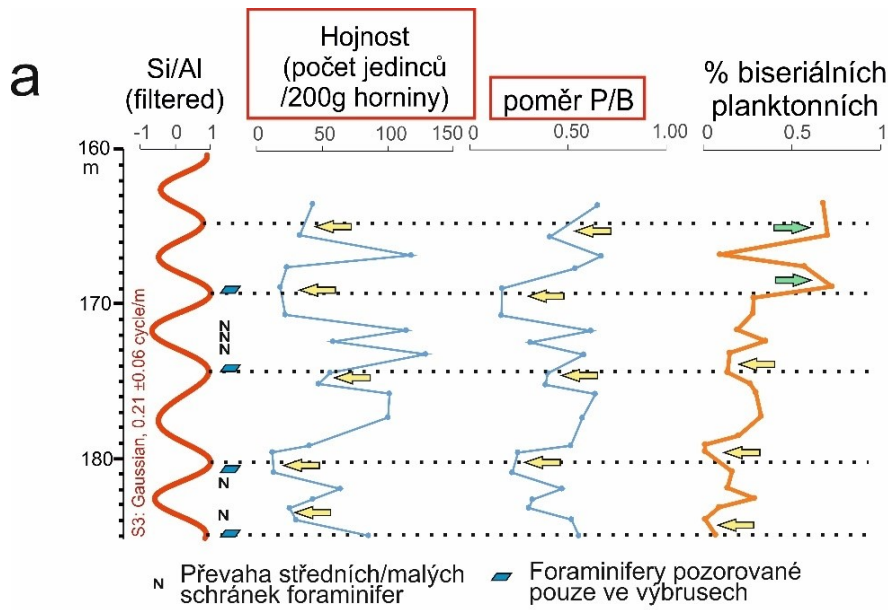
6.2.2. Si/Al cyklicita a klastry foraminifer ve vrtu Běchary

Tři statisticky definované klastry popsané výše ukazují v rámci studovaného intervalu vrtu Běchary změny v sezonalitě, která je v souladu s precesní cyklicitou stanovenou na základě poměru prvků Si/Al a Zr/Al. Klimatické změny odrážející precesní cyklicitu jsou určeny kolísáním intenzity sezónních rozdílů, v případě ČKP zejména změnami intenzity sezónních srážek (Kvaček et al., 2015). V mořském prostředí tyto intenzivní srážky způsobují kolísání salinity povrchových vod a přinášejí do pánve živiny terigenního původu. V tomto smyslu se tak poprvé podařilo popsat reakci společenstva křídových foraminifer na precesní orbitální cyklicitu. Dobře definovaná krátkodobá cyklicita na základě anorganických dat ve studovaném intervalu ukazuje vztah k planktonnímu i k bentickému společenstvu foraminifer. Definované klastry foraminifer reprezentují paleoprostředí odlišující se právě intenzitou sezónních srážek (Obr. 17; Obr. 18).

Vliv obsahu živin v prostředí na složení společenstva je odlišný pro bentické a planktonní foraminifery. Ve skupině bentických foraminifer jsou také rozdíly ve složení epifauny a infauny, které závisí především na obsahu kyslíku v prostředí (Rodríguez-Tovar, 2013). Planktonní společenstvo je oproti bentickému více závislé na stresových podmínkách jako jsou změny salinity (Hemleben et al., 1989) a teplota povrchových vod (Rodríguez-Tovar, 2013). Biseriální oportunistické taxony (např. *Heterohelix*; MacLeod et al., 2001) nebo spirální globulární plankton (Tyszka, 2009) jsou schopné prosperovat v obdobích vyšší sezonality. Naše výsledky jsou shodné s výsledky Hohenegger et al. (2008) z miocénu ve smyslu spojení složení společenstva, stratifikace vodního sloupce a orbitální cyklicity. Autoři popsali změny sezonality, které se projevíly nárůstem terigenního přínosu. V jejich případě jsou cyklické změny interpretované jako důsledek intenzivnějšího zvětrávání v teplejších periodách, zatímco v chladnějších obdobích docházelo k promíšení vodního sloupce s disoxickými podmínkami u dna.

Zjevná negativní korelace mezi Si/Al cyklicitou a procentuálním zastoupením planktonních foraminifer (Obr. 18) naznačuje nepříznivé podmínky v povrchových vodách v období sezónních maxim, které mohly být způsobené změnami salinity v důsledku intenzivnějších srážek. Mezi Si/Al cyklicitou a klastrem *Cibicides* – *Gyroidinoides* – spirální globulární

plankton je dobře pozorovatelná pozitivní korelace. Distribuce typických taxonů klastru (především *Cibicides* sp.) koreluje s intervaly s vyšší mírou sezonality, a to především ve spodní části studovaného intervalu (Obr. 18). Klastř *Lenticulina* – aglutinovaný bentos je spojený s intervaly nízké sezonality, ve všech definovaných cyklech studovaného intervalu se zastoupení nominativních taxonů zvyšuje v místě předpokládaného minima sezonality a směrem k maximu naopak klesá. Patrná je také alterace pouze mezi nominativními taxony obou klastrů. V intervalu 185 – 170 m se v sezónních maximech zvyšuje zastoupení rodu *Cibicides*, které je následováno zvýšením zastoupení druhu *Lenticulina* sp v sezóním minimu (Obr. 18). V intervalu 170 – 163 m dominuje v maximech sezonality rod *Gavelinella* a v minimech opět druh *Lenticulina* sp. To, že v dominanci během sezónních maxim dochází ke změně ve svrchní (*Gavelinella*) a spodní (*Cibicides*) části intervalu, může být způsobeno dlouhodobějším trendem snižující se sezonality a množství živin, které je pravděpodobně spojené s cyklickými změnami vyšších řádů, tzv. genetickými sekvencemi (Obr. 18; Uličný et al. 2009). Také výskyt biseriálních planktonních foraminifer ukazuje dlouhodobější trend. Ve spodní části intervalu v sezónních maximech biseriální plankton chybí, a to pravděpodobně v důsledku snížené salinity. Ve svrchní části intervalu se naopak v maximech sezonality jeho hojnost zvyšuje, což naznačuje vhodné podmínky pro květ planktonu (Obr. 18).



Obr. 18 Závislost parametrů na sezonalitě ovlivněné precesní cyklicitou (vyjádřena poměrem Si/Al).

a) Foraminiferové společenstvo:

- Hojnost (počet jedinců na 200 g horniny) se snižuje v maximech sezonality vyjádřených křivkou Si/Al.
- Poměr P/B (plankton/bentos) se snižuje v maximech sezonality vyjádřených křivkou Si/Al.
- Křivka procentuálního zastoupení biseriálních planktonních foraminifer (z celkového počtu foraminifer) se v svrchní části intervalu (170,5 – 163,5 m) zvyšuje v maximech sezonality, ve spodní části studovaného intervalu (185,0 m - 171,5 m) se v maximech sezonality snižuje.

b) Foraminiferové společenstvo a poměr terestrických/marinních palynomorf (T/M):

- křivka procentuálního zastoupení druhu *Cibicides* sp. (ze součtu bentických foraminifer) ve spodní části profilu vykazuje nárůst ve dvou zaznamenaných maximech sezonality. Ve svrchní části profilu (od 180 m výše) je patrný celkový klesající trend zastoupení *Cibicides* sp. v bentickém společenstvu.
- křivka procentuálního zastoupení druhu *Lenticulina* a aglutinované foraminifery (ze součtu bentických foraminifer) ukazuje opakující se poklesy křivky během minim sezonality, skokové nárůsty hojnosti druhu *Lenticulina* a aglutinovaných foraminifer jsou patrné v minimech sezonality v celém studovaném intervalu.
- křivka procentuálního zastoupení druhu *Gavelinella* (z celkového součtu bentických foraminifer) ukazuje v celé studované části profilu postupný nárůst s jednotlivými výkyvy křivky, které se ve spodní části studovaného intervalu (185,0 m - 171,5 m) zpožďují za sezónními maximy.
- poměr terestrických (T) a marinních (M) palynomorf – poměr T/M se postupně snižuje v průběhu celé studované části profilu s jednotlivými výkyvy souvisejícími se sezónními cykly. V maximech sezonality se poměr T/M zvyšuje, v minimech sezonality se naopak snižuje.

c) vybraná geochemická proxy data:

- křivka $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ postupně narůstá v průběhu celé studované části profilu, je patrná snižující se oscilace hodnot směrem do nadloží, dobře patrné jsou čtyři poklesy křivky v sezónních minimech.
 - křivka obsahu organického uhlíku v hornině (TOC rock) ukazuje trend zvyšující se hodnot směrem do nadloží.
 - křivka $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ ukazuje poklesy v místech sezónních maxim, je patrná snižující se oscilace hodnot směrem do nadloží.
 - křivka $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ukazuje poklesy v místech sezónních maxim, a v průběhu sezónních minim opětovné nárůsty.

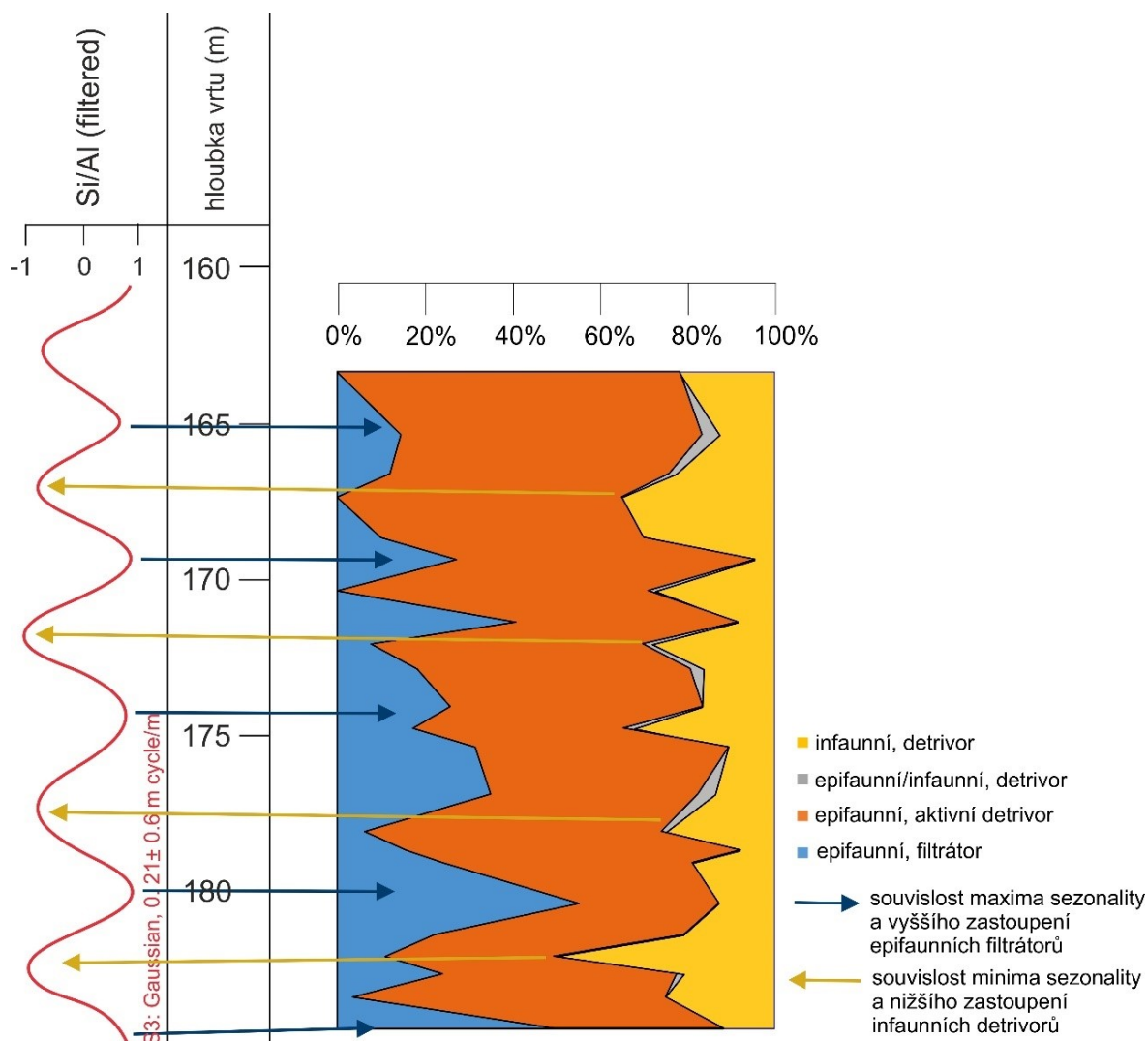
Interpretace vztahů mezi společenstvem foraminifer a orbitální cyklicitou se obvykle soustředí na jednotlivé (především planktonní) druhy (např. Sprovieri et al., 2006; Wolfgring a Wagreich, 2016) nebo na analýzy izotopového složení schránek (např. Reuning et al., 2006; Hohenegger et al., 2008). Oproti tomu námi použitá morfogrupová analýza poskytuje možnost širší interpretace paleoprostředí, které reaguje na orbitální cyklicitu (např. Setoyama et al., 2011). Srovnání morfotypů bentických foraminifer z této studie a morfogrup popsanych autory Frenzel

(2000) a Setoyama et al. (2011) ukazuje nárůst morfotypů epifaunních filtrátorů a úbytek infaunních morfotypů v období maximální sezonality (Obr. 19).

Vyšší zastoupení skupiny epifaunních filtrátorů (zde zastoupených rodem *Cibicides*) naznačuje nárůst organické hmoty v prostředí v období sezónních maxim (Obr. 19). Postupné zastoupení hojnosti rodu *Cibicides* rody *Gyroidinoides* a *Gavelinella* v obdobích sezónních maxim ve svrchní části intervalu (170,5 – 163,5 m) naznačuje pravděpodobně překrytí signálu dlouhodobějším trendem. Ohledně parametrů prostředí se může jednat o změnu povahy živin v prostředí, protože druh *Cibicides* sp. definovaný jako filtrátor (Frenzel, 2000) je nahrazený detritivními rody *Gyroidinoides* a *Gavelinella*. Změna povahy živin u dna může být vysvětlena změnou proudění u dna.

Nárůst hojnosti rodu *Lenticulina*, aglutinovaných foraminifer a dalších detritivorů v obdobích sezónních minim (Obr. 19) může naznačovat neschopnost konkurence těchto rodů epifaunním filtrátorům. Proto je v obdobích zvýšeného přínosu živin v suspenzi jejich množství potlačeno. Snížení obsahu živin v suspenzi ve svrchní části intervalu může odrážet snižující se dynamiku proudění u dna.

Anorganické parametry korelované s Si/Al cyklicitou ukázali pozitivní korelaci $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ (Obr. 19), které může být interpretováno jako důsledek nárůstu přínosu terigenní organické hmoty v období sezónních maxim. Další parametry, např. mírný nárůst křivky $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$, nárůst křivky TOC/rock nebo snižování oscilace křivky $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ ukazují spíše dlouhodobější trendy (Obr. 19). Tyto změny mohou naznačovat postupný nárůst množství organiky a živin v prostředí.



Morfotyp	Pozice vůči sedimentu, potravní strategie	Příslušný rod nalezený ve vzorcích z vrtu Bch-1	Morfotypová skupina podle Frenzel, 2000
trochospirální až planokonvexní	epifaunni, filtrator	Cibicides	CH-C2
trochospirální, okraj široce zaoblený	epifaunni, aktivni detrivor	Quadriformina	CH-A1
planokonvexní, trochospirální, okraj slabě angulární až zaoblený	epifaunni, aktivni detrivor	Gyroidinoides	CH-A1
bikonvexní, trochospirální, čočkovitý	epifaunni, aktivni detrivor	Globorotalites	CH-A1
		Valvulineria	CH-A2
		Gavelinella	CH-A2
		Lenticulina	CH-A3
		Planularia	CH-A3
trochospirální až planispirální, zploštělý, okraj zaoblený	epifaunni, aktivni detrivor	Pernerina	AG-B1
planispirální až streptospirální, zploštělý	epifaunni, aktivni detrivor	Ammodiscus	AG-B3
planispirální až uniseriální, zploštělý, palmátní až subtriangulární	epifaunni/mělce infaunni, detrivor	Fronicularia	CH-A5
elongátní až cylindrický	epifaunni/ infaunni, detrivor	Nodosaria	CH-B1
		Dentalina	CH-B1
sférický	infaunni, detrivor	Ramulina	CH-B3
		Fursenkoina	CH-B4
		Arenobulimina	CH-B4
elongátně pyramidální až kónický	infaunni, detrivor	Praebulimina	CH-B4
		Tappannina	CH-B4
		Marsonella	CH-B4
		Gaudryinella	CH-B4
uniseriální až multiseriální, elongátní	infaunni, detrivor	Gaudryina	AG-A1
		Tritaxia	AG-A1

Obr. 19 Srovnání interpretovaných změn sezonality (založených na poměru prvků Si/Al) a morfortypových skupin foraminifer definovaných (podle Frenzel, 2000). V maximech sezonality je patrný nárůst skupiny epifaunních filtrátorů, v sezónních minimech pak nárůst epifaunních až infaunních detritivorů.

V očekávaných maximech sezonality byly zaznamenány čtyři vzorky (konkrétně jde o vzorky 169,2, 173,9, 179,8 a 185,0), ve kterých se schránky foraminifer ve výplavu nevyskytovaly. Z těchto vzorků proto byly zpracovány výbrusy, ve kterých byly pozorovány nepříliš hojné schránky foraminifer. Jednalo se především o spirální juvenilní planktonní foraminifery bez možnosti bližšího taxonomického určení kvůli nevyvinutým nebo ve výbrusu nepatrným taxonomickým znakům. Dále se ve vzorcích 169,2 a 179,2 vyskytl pravděpodobně biseriální planktonní rod *Heterohelix* a ve vzorku 169,2 jeden jedinec blíže neurčené bentické foraminifery. Příčina absence foraminifer ve výplavu právě v maximech sezonality není jasná. Možným vysvětlením může být rozpad či rozpuštění schránek během procesu plavení nebo ekologická či litologická příčina absence či sníženého výskytu foraminifer.

V předpokládaných sezónních maximech dosahuje poměr P/B nejnižších hodnot. Tato korelace podporuje hypotézu o předpokládaném poklesu zastoupení planktonních foraminifer v období intenzivních srážek. Zároveň se během sezónních maxim snižuje hojnost bentických i planktonních foraminifer. Jako vysvětlení se nabízí dva faktory: primárně nižší produkce foraminifer nebo snížení hojnosti foraminifer díky vyššímu přínosu terigenního materiálu, který „řadí“ hustotu výskytu schránek foraminifer v hornině. Během intervalů sezónního maxima bylo dále pozorováno snížení izotopových hodnot anorganického $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$, které může být důsledkem zvýšeného obsahu organické hmoty autotrofního původu ve vodním sloupci. Ostatní **anorganické proxy** odráží spíše dlouhodobější trendy směrem vzhůru ve studované části profilu: mírný nárůst $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$, pokles rozsahu fluktuace hodnot TOC. Tyto trendy mohou ukazovat na klesající množství organických živin.

Reuning et al. (2006) jako vysvětlení pro cyklicitu upřednostnil interpretaci změn v přínosu terigenního materiálu před změnami hladiny. Stejně tak Sprovieri et al. (2006) interpretoval precesně řízenou cyklicitu jako nepřímý důsledek přínosu sladké vody, který způsobuje oligotrofní podmínky v povrchových vodách a přes potravní preference ovlivňuje složení společenstva foraminifer. Naše výsledky také ukazují na **změny salinity** jako na jeden z faktorů ovlivňující změny v prostředí. Dále je z výsledků patrný vliv precesně řízené cyklicity na složení a diverzitu společenstva. Souvislost mezi složením společenstva foraminifer a

variabilitou sezonality danou mírou srážek je jasně patrná, ačkoli může zde může dojít ke spojení vlivu krátkodobé (precesní) cyklicity a **dlouhodobější cyklicity**. Vliv těchto dvou odlišně dlouhých cyklů může vést k jejich vzájemnému překrytí, což může znesnadnit interpretaci. Za účelem rozklíčování vlivu těchto dvou druhů cyklicity bude v další fázi zpracovaný širší úsek studovaného profilu.

6.2.3. Paleoekologická interpretace životní strategie foraminifer lokality Svinary

Ve studované části profilu Svinary, která představuje terminální vývoj ČKP (středí coniak), bylo prostředí vhodné jak pro bentické, tak pro planktonní druhy foraminifer. Paleoekologická interpretace planktonních foraminifer ukazuje různé životní strategie. Společný výskyt kýlnatého spirálního planktonu (rody *Dicarinella* a *Marginotruncana*) ukazuje na prokysličenou hlubší část vodního sloupce. Povrchové vody pak obýval globulární spirální plankton, v tomto případě rod *Whiteinella* (Štemproková-Jírová, 1978; Keller et al., 2001). Podle konceptu Premoli Silva a Sliter (1999), na který navázala Petrizzo (2002) jsou křídové rody *Globotruncana* a *Marginotruncana* definované jako K-stratégové, rod *Whiteinella* je má převládající r-strategii. Rod *Planoheterohelix* je pak považovaný za oportunistu s r-strategií (Petrizzo, 2002) s tolerancí ke snížené hladině kyslíku (Keller et al., 2001), ale také za obyvatele mělkých podpovrchových vod až k hranici termokliny (Abramovich et al., 2003). Díky výskytu skupin s různou životní strategií mohlo docházet k sezónnímu až meziročnímu střídání podmínek vhodných pro K i r-stratégy. Vysvětlením tedy může být hloubková separace těchto dvou skupin ve stratifikovaném vodním sloupci, kde se liší ekologické podmínky v různých úrovních a kde různé skupiny planktonních foraminifer mohly žít současně v právě různých úrovních vodního sloupce.

7. Závěry

Hlavním výstupem práce jsou výsledky získané na základě moderních paleoekologických přístupů ze společenstev foraminifer a ostrakodů svrchní křídly v oblasti ČKP. Interpretace jsou založeny na kvantitativně zpracovaných společenstvech z lokalit Úpohlavy, Běchary a Svinary. Práce se zaměřuje především na doposud neaplikované přístupy k interpretaci paleoekologie a spojuje jejich výsledky s geochemickými a litologickými daty. Dalším výstupem práce je biostratigrafické zhodnocení studovaných lokalit na základě studovaných mikrofosílií.

- Na základě hypotézy PSH (poměr *Platycopida*/*Podocopida*) umožnilo společenstvo ostrakodů z lomu Úpohlavy interpretovat hypoxické prostředí ve spodní části profilu s vyšším obsahem TOC (jizerské souvrství a malá část teplického souvrství), které se

směrem do nadloží mění v prostředí s více oxickými a oligotrofními podmínkami (svrchní část teplického souvrství). V tom samém horizontu také dochází k nárůstu hojnosti společenstva a ke zvýšení počtu druhů, který pokračuje směrem do nadloží. Tato změna má souvislost s tzv. Hyphantocerasovým eventem popsaným na základě makrofauny, kdy došlo k ochlazení a přísunu boreálních vod.

- V centrální části ČKP je podrobně popsán výjimečně zachovaný záznam precesní cyklicity, která má souvislost se změnami intenzity sezonality. Tento záznam, definovaný na základě poměru prvků Si/Al, je ovlivněn především změnami v přínosu terestrického materiálu říčními toky. Na popsanou cyklicitu reagují tři statisticky definovaná společenstva foraminifer popsaná z lokality Běchary. Popsané střídání v zastoupení společenstev umožnilo interpretovat nejvýznamnější změny sezonality v souvislosti s intenzitou srážek. Intenzivní srážky v období sezónního maxima se projeví zvýšením terigenního přínosu a živin a pravděpodobně i poklesem salinity ve svrchní části vodního sloupce.

Intervaly charakterizované zvýšeným přínosem siliciklastického materiálu (vyjádřeno poměrem Si/Al) reprezentují maxima precesně řízené sezonality. Maxima sezonality korelují s nízkou diverzitou společenstva foraminifer, nízkým poměrem P/B a nízkým zastoupením klastru *Lenticulina* sp. – aglutinovaný bentos. Nižší diverzita společenstva a nižší hojnost schránek foraminifer byla následkem zvýšeného terestrického přínosu, nízký poměr P/B je způsobený salinitními změnami v prostředí a snad i přítomností gravitačních proudů. Zástupci klastru *Lenticulina* sp. – aglutinovaný bentos pravděpodobně nebyli schopni během zvýšeného přínosu terestrického organického materiálu konkurovat ostatním druhům.

Dále byly ve foraminiferovém společenstvu pozorované dlouhodobější změny, které se ve studovaném profilu projeví pouze částečně. Tato změna byla zaznamenána v postupné nahrazení klastru *Cibicides* – *Gyroidinoides* – spirální globulární plankton klastrem *Gavelinella* – *Praebulimina* sp.– spirální kýlnatý a biseriální plankton a v nárůstu hojnosti kýlnatého planktonu. Možnou příčinou těchto dlouhodobých změn může být snížený přínos živin, což vedlo k sezonalitě bez extrémních výkyvů v salinitě.

- V terminálním vývoji ČKP zachovaném na lokalitě Svinary se ukázalo krátkodobé (sezónní nebo meziroční) střídání podmínek během ukládání sedimentu středního

coniaku. Popsané skupiny planktonu na této lokalitě ukazují rozdílné životní strategie (K a r-strategie), v průběhu profilu zůstává jejich zastoupení konstantní. Může se jednat o sezónní aspekty výskytu taxonů (druhy žijící v jiné části roku) nebo u synchronně žijícího společenstva může jít o společně žijící mělkovodní a hlubokovodní plankton (tzv. shallow a deep dwellers), k čemuž dochází v důsledku stratifikace a rozrůznění ekologických podmínek ve vodním sloupci.

- Stratigrafická korelace ostrakodů z lokality Úpohlavy umožnila rozšířit stratigrafický rozsah šesti druhů (*Cythereoidea stricta*, *Nemoceratina (Pariceratina) montuosa*, *Cythereis ornatissima ornatissima*, *Phodeucythere cuneiformis*, *Pterygocythereis robusta* a *Bairdoppilata litorea*) rozšířený o svrchní turon. Druhově se společenstvo nejvíce podobá popsaným společenstvům z Velké Británie, což podporuje předpokládanou komunikaci a migraci fauny mezi oběma oblastmi během svrchního turonu.
- Ve studovaném intervalu vrtu Bch-1 rozlišeny dvě lokální biozóny bentických foraminifer definovaných pro ČKP: zóna společenstva *Tritaxia tricarinata* a zóna rozsahu *Gaudryinella concina*. Obě tyto biozóny spadají do svrchnoturonské mezinárodní planktonické zóny *Dicarinella concavata*.
- Na lokalitě Svinary byla pomocí bentických foraminifer *Gaudryina carinata* a *Neoflabellina suturalis suturalis* určena bentická zóna *Stenseoeina granulata* – *Eponides whitei* platná pro spodní až svrchní coniak České křídové pánve.

8. Literatura

- Abramovich, S., Keller, G., Stüben, D., Berner, Z., 2003. Characterization of late Campanian and Maastrichtian planktonic foraminiferal depth habitats and vital activities based on stable isotopes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 202, 1–29.
- Adl, S.M., Bass, D., Lane, C.E., Lukeš, J., Schoch, C.L., Smirnov, A., Agatha, S., Berney, C., Brown, M.W., Burki, F., Cárdenas, P., Čepička, I., Chistyakova, L., Campo, J., Dunthorn, M., Edvardsen, B., Eglit, Y., Guillou, L., Hampl, V., Heiss, A.A., Hoppenrath, M., James, T.Y., Karpov, S., Kim, E., Kolisko, M., Kudryavtsev, A., Lahr, D.J.G., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D.H., Mann, D.G., Massana i Molera, R., Mitchell, E.A.D., Morrow, C., Park, J.S., Pawlowski, J.W., Powell, M.J., Richter, D.J., Rueckert, S., Shadwick, L., Shimano, S., Spiegel, F.W., Torruella i Cortes, G., Youssef, N., Zlatogursky, V., Zhang, Q., 2019. Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 66 (1), 4–119.
- Akimec, V. S., 1961. Stratigrafija i foraminifery verchnemelovych otlozenij Belorussii. *Sborn. Akaemii Nauk Belorusi SSR*, 3, 1–245.
- Armstrong, H. A., Brasier, M. D., 2005. *Microfossils*. 2nd ed., Blackwell, Malden. 296 s.
- Babinot, J.F.P., 1980. Les ostracodes du Cretace superieur de Provence: systematique, biostratigraphie, paleoecologie, paleogeographie. Universite de Provence, Marseille.
- Babinot, J.F., Colin, J.P., Damotte, R., 1985. Cretace Superieur. *Bulletin Centre de Recherches Exploration Production Elf Aquitaine Memoire*, 9, 211–255.
- Babinot, J. F., Colin, J. P., 1988. Paleobiogeography of Tethyan Cretaceous marine ostracods. In: Ikeya, N., Ishizaki, K., Hanai, T. (Eds.). *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, Vol. 11, s. 823–839.
- Babinot, J. F., Colin, J. P., 1992. Marine ostracode provincialism in the Late Cretaceous of the Tethyan realm and the Austral Province. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 92, 283–293.
- Beniamovski, V.N., Kopaeovich, L.F., 2002. Late Cretaceous palaeobiogeography and migrations of foraminifera in western Eurasia. In: Wagreich, M. (Ed.). *Aspects of Cretaceous Stratigraphy and Palaeobiogeography. Proceedings of the Sixth International Cretaceous Symposium, Vienna, 2000. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen 15*, s. 61–78.
- Bolli, H., 1952. Note on the disintegration of indurated rocks. *The Micropaleontologist*, 6 (1), 46–48.

- Bonnema, J.H., 1940. Ostracoden aus der Kreide des Untergrundes der nordöstlichen Niederlande. Overdruk uit het Natuurhistorisch Maandblad, Orgaan van het Natuur. Genootschap in Limburg (Maastricht) 29 (9), 91-95, 29 (10), 104-108; 29 (11), 115-118; 29 (12), 129-132.
- Bonnema, J.H., 1941. Ostracoden aus der Kreide des Untergrundes der nordöstlichen Niederlande. Overdruk uit het Natuurhistorisch Maandblad, Orgaan van het Natuur. Genootschap in Limburg (Maastricht), 30 (1), s. 8–10, 30 (2), s. 21–24; 30 (3), s. 26–29; 30 (4), s. 40–43; 30 (5), s. 56–60; 30 (6), s. 70–72.
- Boomer, I., Horne, D. J., Slipper, I. J., 2003. The use of ostracods in palaeoenvironmental studies, or what can you do with an ostracod shell. *Paleontological Society Papers*, 9, 153–179.
- Bornemann, A., Norris, R. D., 2007. Size-related stable isotope changes in Late Cretaceous planktic foraminifera: implications for paleoecology and photosymbiosis. *Marine Micropaleontology*, 65(1), 32–42.
- Brandão, S. N., Horne, D. J., 2009. The Platycopid Signal of oxygen depletion in the ocean: a critical evaluation of the evidence from modern ostracod biology, ecology and depth distribution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 283(3), 126–133.
- Cetean, C. G., Bălc, R., Kaminski, M. A., Filipescu, S., 2011. Integrated biostratigraphy and palaeoenvironments of an upper Santonian–upper Campanian succession from the southern part of the Eastern Carpathians, Romania. *Cretaceous Research*, 32(5), 575–590.
- Cushman, J., 1935. Notes on some American Cretaceous Flabellinas. *Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, 11, 83–89.
- Čáp, P., Vodrážka, R., 2008. Křídové sedimenty na území listu 13-132 Lysá nad Labem. *Zprávy o geologických výzkumech*, 2007, 12–14.
- Čáp, P., Zelenka, P., 2008. Sedimentární textury křídových pískovců v okolí města Mšené-Lázně ve středních Čechách. *Zprávy o geologických výzkumech*, 2007, 15–16.
- Čech, S., 2011. Palaeogeography and stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic) - an overview. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 18 (1), 18-21.
- Čech, S., Klein, V., Kříž, J., Valečka, J., 1980. Revision of the Upper Cretaceous stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 55(5), 277–296.
- Čech, S., Hradecká, L., Laurin, J., Štaffen, Z., Švabenická, L., Uličný, D., 1996. Locality 3: Úpohlavy quarry. In: Čech, S., Uličný, D., Voigt, T. (Eds.). *Fifth International*

- Cretaceous Symposium and Second Workshop on Inoceramids, Field Excursion B1. Stratigraphy and Facies of the Bohemian–Saxonian Cretaceous Basin. Freiberg, s. 32–42.
- Čech, S., Hradecká, L., Svobodová, M., Švábenická, L., 2005. Cenomanian and Cenomanian–Turonian boundary in the southern part of the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. *Bulletin of Geosciences*, 80(4), 321–354.
- Damotte, R., 1962. Quelques Ostracodes du Turonien inferieur de la Touraine. *Revue de Micropaleontologie* 5 (3), 191–204.
- Damotte, R., Babinot, J.F., Colin, J.P., 1981. Les Ostracodes du Cretace moyen europeen. *Cretaceous Research* 2 (3–4), 287–306.
- Deroo, G., 1956. Etudes critiques au sujet des Ostracodes marines du Cretace inferieur et moyen de la Champagne humide et du Bas Boulonnais. *Revue del Institut Francais du Petrole et Annales des Combustibles Liquides*, 1499–1553.
- Deroo, G., 1966. Cytheracea (Ostracodes) du Maastrichtien de Maastricht (Pays-Bas) et des regions voisines; resultats stratigraphiques et paleontologiques de leuretude, vol. 2. *Mededelingen van de Geologische Stichting, Serie C*, 2(2), 1–197.
- d'Orbigny, A. D., 1840. Mémoire sur les foraminiferes de la craie blanche du bassin de Paris. *Mémoires de la Société géologique de France. Presérie, tome IV*, 1, 1–51.
- Douglas, R. G., Rankin, C., 1969. Cretaceous planktonic foraminifera from Bornholm and their zoogeographic significance. *Lethaia*, 2, 185–217.
- Ekrt, B., Košťák, M., Mazuch, M., Valíček, J., Voigt, S., Wiese, F., 2001. Short note on new records of Late Turonian (Upper Cretaceous) marine reptiles remains from the Úpohlavy quarry (NM Bohemia, Czech Republic). *Bulletin of the Czech Geological Survey* 76 (2), 101–106.
- Ekrt, B., Košťák, M., Mazuch, M., Voigt, S., Wiese, F., 2008. New records of teleosts from the late Turonian (Late Cretaceous) of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). *Cretaceous Research*, 29(4), 659–673.
- Ehrenberg, C. G., 1840. Über die Bildung der Kreidenfelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen. *Physikalische Abhandlungen*, Berlin, 59–147.
- Elewa, A.M., Mohamed, O., 2014. Migration Routes of the Aptian to Turonian Ostracod Assemblages from North Africa and the Middle East. *Paleontology Journal*, 2014, 1–7.
- Elderbak, K., Leckie, R. M., 2016. Paleocirculation and foraminiferal assemblages of the Cenomanian–Turonian Bridge Creek Limestone bedding couplets: productivity vs. dilution during OAE2. *Cretaceous Research*, 60, 52–77.

- Fisher, C. G., Arthur, M. A., 2002. Water mass characteristics in the Cenomanian US Western Interior seaway as indicated by stable isotopes of calcareous organisms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 188(3–4), 189–213.
- Franke, A., 1914. Die Foraminiferen und Ostracoden des Emschers, besonders von Obereving und Derne nördlich Dortmund. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 66(3), 428–443.
- Frenzel, P., 2000. Die benthischen Foraminiferen der Rügener Schreibkreide (Unter-Maastricht, NE-Deutschland), Vol. 3., C Press, 361 s.
- Friedrich, O., Norris, R. D., Bornemann, A., Beckmann, B., Pälike, H., Worstell, P., Hofmann, P., Wagner, T., 2008. Cyclic changes in Turonian to Coniacian planktic foraminiferal assemblages from the tropical Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 68(3–4), 299–313.
- Halamski, A.T., Kvaček, J., Svobodová, M., 2018. Fossil mega- and microflora from the Březno Beds (Bohemian Cretaceous Basin, Coniacian). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 253, 123–138.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., Ryan, P. D., 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.
- Hart, M. B., 2000. Climatic modelling in the Cretaceous using the distribution of planktonic Foraminiferida. *Geological Society, London, Special Publications*, 181(1), 33–41.
- Hemleben, C., Spindler, M., Anderson, O.R., 1989. *Modern planktonic Foraminifera*. New York (Springer), 363 s.
- Hercogová, J., 1968. Strukturní vrty KN-1 až KN-6 z opěrné linie Kolín-Nová Paka. Přehled výsledků mikrobiostratigrafického zpracování svrchní křídý. MS, Česká geologická služba - Geofond. Praha.
- Hercogová, J., 1973. Mikrobiostratigrafické zhodnocení svrchní křídý ve vrtech a dokumentovaných bodech v zájmovém území. MS, Česká geologická služba - Geofond. Praha.
- Hercogová J., 1974. Foraminifera from the Cenomanian of the Bohemian Massif. *Sborník geologických věd, Paleontologie* 16, 69–103, Praha.
- Hercogová, J., 1986. Mikrobiostratigrafie křídý ve vrtech SK a RP mezi Děčínem a Žamberkem. *Archiv MS, Česká geologická služba - Geofond*. Praha.
- Hewaidy, A. G. A., Farouk, S., Mandur, M., M., El Agroudy, I., S., 2019. Planktonic foraminiferal and paleoenvironments of the upper Campanian-Maastrichtian succession in Wadi Qena, Egypt. *Egyptian Journal of Petroleum*, 28(1), 47–59.

- Hohenegger, J., Andersen, N., Báldi, K., Ćorić, S., Pervesler, P., Rupp Ch., Wagneich M., 2008. Paleoenvironment of the Early Badenian (Middle Miocene) in the southern Vienna Basin (Austria) – multivariate analysis of the Baden-Soos section. *Geologica Carpathica*, 59, 461–487.
- Horne, D. J., Cohen, A., Martens, K., 2002. Taxonomy, Morphology and Biology of Quaternary and Living Ostracoda. In: Holmes, J., A., Chivas, A., R. (Eds.). *The Ostracoda Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington, DC. s. 5–35.
- Horne, D.J., Brandao, S.N., Slipper, I.J., 2011. The Platycopid Signal deciphered: Responses of ostracod taxa to environmental change during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Late Cretaceous) in SE England. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 308, 304–312.
- Hradecká, L., 1993. Changes of foraminiferal assemblages and related events of the Late Cenomanian to Early Turonian in the central parts of the Bohemian Cretaceous Basin. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*, 3–4, 19–22.
- Hradecká L., 1996. *Gavelinella* Brotzen, 1942 and *Lingulogavelinella* Malapris, 1969 (Foraminifera) from the Bohemian Cretaceous Basin. *Sborník geologických Věd, Paleontologie*, 33, 79–96.
- Hradecká L., 1997. Microbiostratigraphy of the Jizera and Teplice Formation (Late Turonian, Boreal development) in the Úpohlavy quarry, Bohemian Cretaceous Basin. *Mineralia Slovaca*, 29, s. 347.
- Hradecká, L., 1999. Correlation of the Upper Turonian foraminiferal assemblages from the Úpohlavy and Březno sections (Bohemian Cretaceous Basin) with some other localities (South Moravia, Germany and Lower Austria). *Geologica Carpathica*, 50(2) 145–150.
- Hradecká, L., 2002. Foraminifers as an indicator of paleobathymetry in the Gosau Group of Eastern Austria. *Geologica Carpathica*, 53(3), 191–195.
- Hradecká, L., 2012. Zonace svrchnokřídových sedimentů české křídové pánve na základě bentických foraminifer. Rebilance zásob podzemních vod, závěrečná zpráva České geologické služby. Česká geologická služba. Praha, 28 s.
- Hradecká L., Švábenická L., 1995. Foraminifera and Calcareous Nannoplankton assemblages from the Cenomanian-Turonian boundary interval of the Knovíz section, Bohemian Cretaceous Basin. *Geologica Carpathica*, 46 (5), 267–276.

- Hradecká, L., Švábenická, L., 2001. Cenomanian/Turonian boundary in the Bohemian Cretaceous Basin (Foraminifers and calcareous nannofossils). *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences naturelles d'Elbeuf, Colloque sur le Cénomaniien*, 73–75.
- Hradecká, L., Vodrážka, R., Nývlt, D., 2011. Foraminifera from the Upper Cretaceous of northern James Ross Island (Antarctica): a preliminary report. *Czech Polar Reports*, 1(2), 88–95.
- Hrnková, M., 2013. The record of sea-level changes, water circulation and sediment dispersion in the Upper Turonian hemipelagic strata of the Bohemian Cretaceous Basin. MSc thesis, Charles University Prague, 82 s.
- Jarvis, I., Carson, G.A., Cooper, M.K.E., Hart, M.B., Leary, P.N., Tocher, B.A., Horne, D., Rosenfeld, A., 1988. Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) oceanic anoxic event. *Cretaceous Research*, 9, 3–103.
- Jarvis, I., Murphy, A.M., Gale, A.S., 2001. Geochemistry of pelagic and hemipelagic carbonates: criteria for identifying systems tracts and sea-level change. *Journal of the Geological Society London*, 158, 685–696.
- Jarvis, I., Trabucho-Alexandre, J., Gröcke, D. R., Uličný, D., Laurin, J., 2015. Intercontinental correlation of organic carbon and carbonate stable isotope records: evidence of climate and sea-level change during the Turonian (Cretaceous). *The Depositional Record*, 1(2), 53–90.
- Jones, T.R., Hinde, G.J., 1890. A supplementary monograph of the Cretaceous Entomostraca of England and Ireland. *Monograph of the Palaeontographical Society*, London, 70 s.
- Jones, R.W., Charnock, M.A., 1985. 'Morphogroups' of agglutinating foraminifera, their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies. *Revue de Paléobiologie*, 4, 311–20.
- Jorissen, F.J., Destinger, H.C., Widmark, J.G.V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminifera microhabitat. *Marine Micropaleontology*, 26, 3–15.
- Kafka, J., 1886. Kritisches Verzeichnis der Ostracoden der böhmischen Kreideformation. *Sitzungsberichte der königlich-bohmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag (mathematisch-naturwissenschaftliche Classe)*, s. 51-57.
- Kaiho, K., 1994. Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology* 22(8), 719–722.
- Kaye, P., 1964. Revision of British marine Cretaceous Ostracoda with notes on additional forms. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology* 10 (2), 39-79.

- Keller, G., Han, Q., Adatte, T., Burns, S. J., 2001. Palaeoenvironment of the Cenomanian–Turonian transition at Eastbourne, England. *Cretaceous Research*, 22(4), 391–423.
- Kennedy, A. E., Coe, A. L., 2014. Development of the freeze–thaw processing technique for disaggregation of indurated mudrocks and enhanced recovery of calcareous microfossils. *Journal of Micropalaeontology*, 33(2), 193–203.
- Kočí, T., Veselská, M. K., Newman, W. A., Buckeridge, J. S., Sklenář, J., 2017. *Archaeochionelasmus nekvasilovae* gen. et sp. nov. (Cirripedia, Balanomorpha, Chionelasmatoidea) from the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic): the first *bona fide* Cretaceous neobalaniform. *Zootaxa*, 4294(2), 181–196.
- Kočová Veselská, M., Kočí, T., Buckeridge, J. S., 2020. Cirripedes from hemipelagic deposits of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic), with remarks on an exceptionally well-preserved capitulum of *Diotascalpellum angustatum* (Geinitz, 1843). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 2020, 129–145.
- Köbller, P., Herrle, J.O., Appel, E., Erbacher, J. and Hemleben, C., 2001. Magnetic records of climatic cycles from mid-Cretaceous hemipelagic sediments of the Vocontian Basin, SE France. *Cretaceous Research*, 22, 321–331.
- Košťák, M., Vaňková, L., Mazuch, M., Bubík, M., Reháková, D., 2018. Cephalopods, small vertebrate fauna and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) record from the Jurassic-Cretaceous transition (uppermost Crassiacollaria through Calpionella Zones) of the Outer Western Carpathians, Kurovice quarry (Czechia). *Cretaceous Research*, 92, 43–65.
- Košťák, M., Kohout, O., Mazuch, M., Čech, S., 2020. An unusual occurrence of vasoceratid ammonites in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic) marks the lower Turonian boundary between the Boreal and Tethyan realms in central Europe. *Cretaceous Research*, 108, 104338.
- Koutsoukos, E. A., Hart, M. B., 1990. Cretaceous foraminiferal morphogroup distribution patterns, palaeocommunities and trophic structures: a case study from the Sergipe Basin, Brazil. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*. 81(3), 221–246.
- Kvaček, J., Falcon-Lang, H.J., Dašková, J., 2005. A new Late Cretaceous ginkgoalean reproductive structure *Nehvizdyella* gen. nov. from the Czech Republic and its whole-plant reconstruction. *American Journal of Botany*, 92(12), 1958–1969.
- Kvaček, J., Halamski, A. T., Svobodová, M., Durska, E., 2015. Coniacian flora of the Sudetes (south-western Poland): Palaeoecological and palaeoclimatic interpretations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 436, 178–187.

- Lirer, F., 2000. A new technique for retrieving calcareous microfossils from lithified lime deposits. *Micropaleontology*, 365–369.
- Loeblich, A. R., Tappan, H., 1961. Cretaceous planktonic foraminifera: Part I-Cenomanian. *Micropaleontology*, 7, 257–304.
- Loeblich, A. R., Tappan, H., 1988. *Foraminiferal Genera and their Classification*. Vols. 1–2. Van Nostrand Reinhold, New York.
- MacLeod, K. G., Huber, B. T., Pletsch, T., Röhl, U., Kucera, M., 2001. Maastrichtian foraminiferal and paleoceanographic changes on Milankovitch timescales. *Paleoceanography*, 16(2), 133–154.
- Mayer, H., Appel, E., 1999. Milankovitch cyclicity and rock-magnetic signatures of palaeoclimatic change in the Early Cretaceous Biancone Formation of the Southern Alps, Italy. *Cretaceous Research*, 20, 189–214.
- Mikuláš, R., 2006. Ichnofabric and substrate consistency in Upper Turonian carbonates of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). *Geologica Carpathica-Bratislava*, 57(2), 79.
- Murray, J. W., 2006. *Ecology and applications of benthic foraminifera*. Cambridge University Press, 426 s.
- Murray, J. W., 2014. *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex, 389 s.
- Nádaskay, R., Valečka, J., Čech, S., 2017. Příspěvek jádrových vrtů projektu Rebilance zásob podzemních vod ke stratigrafii, sedimentologii a tektonice svrchní křídy v sz. části české křídové pánve. *Zprávy o geologických výzkumech*, 50 (1), 129–136.
- Nádaskay, R., Kochergina, Y.V., Čech, S., Švábenická, L., Valečka, J., Erban, V., Halodová, P., Čejková, B., 2019. Integrated stratigraphy of an offshore succession influenced by intense siliciclastic supply: implications for Coniacian tectono-sedimentary evolution of the West Sudetic area (NW Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic). *Cretaceous Research*, 102, 127–159.
- Neale, J.W., 1978. The Cretaceous. In: Bate and Robinson, vol. 8. A stratigraphical index of British Ostracoda. *Geological Journal, Spec*, pp. 325-384.
- Olde, K., Jarvis, I., Uličný, D., Pearce, M. A., Trabucho-Alexandre, J., Čech, S., Gröcke, D., R., Laurin, J., Švábenická, L., Tocher, B. A., 2015. Geochemical and palynological sea-level proxies in hemipelagic sediments: a critical assessment from the Upper Cretaceous of the Czech Republic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 435, 222–243.

- Oxford, M. J., Gregory, F. J., Hart, M. B., Henderson, A. S., Simmons, M. D., Watkinson, M. P., 2002. Jurassic planktonic foraminifera from the United Kingdom. *Terra nova*, 14(3), 205-209.
- Pearce, M.A., Jarvis, I., Tocher, B.A., 2009. The Cenomanian–Turonian boundary event, OAE2 and palaeoenvironmental change in epicontinental seas: New insights from the dinocyst and geochemical records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 280, 207–234.
- Petrizzo, M.R., 2002. Palaeoceanographic and palaeoclimatic inferences from Late Cretaceous planktonic foraminiferal assemblages from the Exmouth Plateau (ODP Sites 762 and 763, eastern Indian Ocean). *Marine Micropaleontology*, 45, 117–150.
- Perner, J., 1892. Foraminifery českého cenomanu. Nákladem České Akademie Císaře Františka Josefa, Třída 2, Pal. Bohemiae, č. 1, 65 s.
- Pokorný, V., 1954. *Základy zoologické mikropaleontologie*. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 646 s.
- Pokorný, V., 1963. The revision of *Cythereis ornatissima* (Reuss, 1846) (Ostracoda, Crustacea). *Rozpravy Československé akademie věd. Rada matematických a Přírodních věd*, 73 (6), 1–59.
- Pokorný, V., 1965. New species of *Cythereis* (Ostracoda, Crustacea) from the Turonian of Bohemia. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*, 1965 (1), 75–89.
- Pokorný, V., 1967a. New species of *Pterygocythereis* (Ostracoda, Crustacea) from the Upper Cretaceous of Bohemia. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*, 1966 (4), 305–320.
- Pokorný, V., 1967b. The genus *Curfsina* (Ostracoda, Crustacea) from the Upper Cretaceous of Bohemia, Czechoslovakia. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 1967 (4), 345-364.
- Pokorný, V., 1969. *Spinoleberis krejci* sp. n. (Ostracoda, Crustacea) from the Upper Cretaceous of Bohemia, Czechoslovakia. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 1968 (4), 375-389.
- Pokorný, V., 1971. The diversity of fossil ostracode communities as an indicator of paleogeographic conditions. In: Oertli H.J. (Ed.), *Paléoécologie des Ostracodes*. Bulletin des Centres de Recherches Exploration - Production Elf-Aquitaine, 45–61.
- Pokorný, V., 1978. The Bairdiinae (Ostracoda, Crustacea) in the Upper Cretaceous of Bohemia, Czechoslovakia. Part 1. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 1975 (4), 321-338.
- Pokorný, V., 1979. Ostracode Biostratigraphy of the Turonian and Coniacian of Bohemia, Czechoslovakia. In Pokorný, V. (ed.): *Paleontological Conference*, Charles University, Prague, February 10–11, 1977, Charles University, Prague, 243-251.

- Pokorný, V., 1980a. The Bairdiinae (Ostracoda, Crustacea) in the Upper Cretaceous of Bohemia, Czechoslovakia. Part III. The Genus *Bairdoppilata*. Acta Universitatis Carolinae-Geologica, 1977 (3–4), 345–366.
- Pokorný, V., 1980b. The Bairdiinae (Ostracoda, Crustacea) in the Upper Cretaceous of Bohemia, Czechoslovakia. Part IV. *Neonesidea (Maddocksia)* n. sub. Acta Universitatis Carolinae-Geologica 1978 (1-2), 53-64.
- Pokorný, V., 1986. *Asciocythere bonnemai* (Ostracoda, Crustacea) in the Boreal Upper Cretaceous of Europe. Acta Universitatis Carolinae-Geologica 1984 (4), 309-329.
- Pokorný, V., 1987. Spinose species of *Pterygocythereis* (Ostracoda, Crustacea) in the Upper Cretaceous of Bohemia, Czechoslovakia. Časopis pro Mineralogii a Geologii 32, 337-343.
- Prauss, M., 2001. Sea-level changes and organic-walled phytoplankton response in a Late Albian epicontinental setting, Lower Saxony basin, NW Germany. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 174, 221–249.
- Premoli Silva, I., Sliter, W.V., 1999. Cretaceous paleoceanography: evidence from planktonic foraminiferal evolution. Geological Society of America, Special Paper, 332, 301–328.
- Rescher, C.K., 1968. Untersuchungen an Ostrakoden der westfälischen Oberkreide. Decheniana, 121(1), 39–88.
- Reuning, L., Reijmer, J. J. G., Betzler, C., Timmermann, A., Steph, S., 2006. Sub-Milankovitch cycles in periplatform carbonates from the early Pliocene Great Bahama Bank, Paleooceanography, 21, PA1017, 1-11.
- Reuss, A. E., 1844. Geognostische Skizzen aus Böhmen. II-Die Kreidgebilde des Westlichen Böhmens, ein monographischer Versuch, Prague, CW Medau, 214 s.
- Reuss, A. E., 1845. Die Versteinerungen der Böhmischen Kreide formation. Part 1. E. Schweizerbartsche Verlags buchhandlung, Stuttgart.
- Reuss, A. E., 1846. Die Versteinerungen der Böhmischen Kreide formation. Part 2. E. Schweizerbartsche Verlags buchhandlung, Stuttgart.
- Reuss, A. E., 1860. Die Foraminiferen der westphälischen Kreideformation. Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. 40(8), 147–238.
- Reuss, A.E., 1874. Die Foraminiferen, Bryozoen und Ostracoden des Planers. In: Geinitz, H.B. (Ed.). Das Elbthalsgebirge in Sachsen, vol. 20. Palaeontographica, s. 138–157.
- Roemer, A., 1841. Die Versteinerungen des Norddeutschen Kreidegebirges. Hahnsche Hofbuchhandlung, Hannover, 145 s.

- Robaszynski, F., Caron, M., 1995. Foraminifères planctoniques du Crétacé; commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. *Bulletin de la Société géologique de France* 166(6), 681–692.
- Rodríguez-Tovar, F. J., 2013. The fossil record as a tool in cyclostratigraphy: the incidence of Milankovitch-scale palaeoenvironmental changes on palaeocommunities. *Boletín Geológico y Minero*, 124(2), 151–167.
- Seeling, J., Colin, J. P., Fauth, G., 2004. Global Campanian (Upper Cretaceous) ostracod palaeobiogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 213(3–4), 379–398.
- Setoyama, E., Kaminski, M. A., Tyszka, J., 2011. The Late Cretaceous–Early Paleocene palaeobathymetric trends in the southwestern Barents Sea—Palaeoenvironmental implications of benthic foraminiferal assemblage analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 307(1–4), 44–58.
- Schnitker, D., 1994. Deep-sea benthic foraminifers: food and bottom water masses. In: Zahn, R. (Ed.). *Carbon Cycling in the glacial ocean: constraints on the ocean's role in Global Change*. Springer, Berlin, Heidelberg, s. 539–554.
- Sklenář, J., Kočí, T., Jaeger, M., 2013. Late Turonian polychaete communities recorded in the hemipelagic sediments of the Bohemian Cretaceous Basin (Teplice Formation, Ohře and Dresden districts). *Bulletin of Geosciences*, 88(3), 675–695.
- Slipper, I.J., 1997. Turonian (Late Cretaceous) Ostracoda from Dover, south-east England (Unpubl. PhD thesis), University of Greenwich, 27 s.
- Slipper, I.J., 1998. Turonian/Coniacian Ostracoda from Dover (SE England). In: Crasquin-Soleau, S., Braccini, E., Lethiers, F. (Eds.). *What about Ostracoda!* Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine, vol. 20, s. 375–391.
- Slipper, I.J., 2009. Upper Cretaceous. In: Whittaker, J.E., Hart, M.B. (Eds.), *Ostracods in British Stratigraphy*. Geological Society Publishing House, London, 345–372.
- Sprovieri, R., Sprovieri, M., Caruso, A., Pelosi, N., Bonomo, S., Ferraro, L., 2006. Astronomic forcing on the planktonic foraminifera assemblage in the Piacenzian Punta Piccola section (southern Italy). *Paleoceanography*, 21(4).
- Soukup, J., 1962. Druhý den exkurze 9. Svinárky. - str. 90. Sjezdový průvodce. 13. sjezd Československé společnosti pro mineralogii a geologii v Hradci Králové. Československá společnost pro mineralogii a geologii při ČSAV pobočka Praha, 159 s.
- Svobodová, M. 1999. Mid-Cretaceous palynomorphs from the Blansko Graben (Czech Republic): affinities to both Tethyan and Boreal bioprovinces. *Mededelingen*

- Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, 58, Proceedings 4th EPPC, 149–156.
- Svobodová, A., Košťák, M., Čech, S., Švábenická, L., 2014. New biostratigraphic evidence (texanitid ammonites, inoceramids and calcareous nannofossils) for the Upper and the uppermost Coniacian in the Bohemian Cretaceous Basin. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 165(4), 77–589.
- Štemproková-Jírová, D., 1969. Paleoekologický výzkum foraminifer křídového souvrství z Března u Loun. *Zprávy o geologickém výzkumu v r.1968*, 126–128.
- Štemproková-Jírová, D., 1970. Variation of *Globotruncana marginata* (Reuss, 1845) (Foraminifera, Protozoa) at its type locality. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*, 4.
- Štemproková-Jírová, D., 1978. Stratigraphic distribution of Foraminifera in the Turonian and Coniacian of the Bohemian Massif, Czechoslovakia. *Paleontologická konference 77*, Univerzita Karlova Praha, 189–195.
- Štemproková-Jírová, D., 1981. Biostratigrafický a paleoekologický výzkum foraminifer ze svrchního turonu a coniacu v okolí Děčína (Czechoslovakia). *Zemní Plyn Nafta*, 26(4), 630–648.
- Švábenická, L., 1999. *Braarudosphaera*-rich sediments in the Turonian of the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. *Cretaceous Research*, 20(6), 773–782.
- Takano, Y., Hagino, K., Tanaka, Y., Horiguchi, T., Okada, H., 2006. Phylogenetic affinities of an enigmatic nannoplankton, *Braarudosphaera bigelowii* based on the SSU rDNA sequences. *Marine Micropaleontology* 60, 145–156.
- Thomas, F. C., Murney, M. G., 1985. Techniques for extraction of foraminifers and ostracodes from sediment samples. *Bedford Institute of Oceanography*, 24 s.
- Tucker, M.E., 2001. *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. 3rd edn. Blackwell Science, Oxford, 262 s.
- Tyszka, J., 2009. Foraminiferal response to seasonality modulated by orbital cycles in the Cretaceous mid-latitudes: the Albian record from the Lower Saxony Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1–4), 148–159.
- Uličný, D., 2001. Depositional systems and sequence stratigraphy of coarse-grained deltas in a shallow-marine, strike-slip setting: the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. *Sedimentology*, 48, 599–628.
- Uličný, D., Laurin, J., Čech, S., 2009. Controls on clastic sequence geometries in a shallow-marine, transtensional basin: the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. *Sedimentology*, 56, 1077–1114.

- Uličný, D., Jarvis, I., Gröcke, D. R., Čech, S., Laurin, J., Olde, K., Trabucho-Alexandre, J., Švábenická, L., Pedentchouk, N., 2014. A high-resolution carbon-isotope record of the Turonian stage correlated to a siliciclastic basin fill: Implications for mid-Cretaceous sea-level change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 405, 42–58.
- Van Morkhoven, F. P. C. M., 1962. *Post-paleozoic ostracoda: Their Morphology, Taxonomy and Economic Use*, Vol. I. Elsevier publishing company, Amsterdam-London-New York, 204 s.
- Vaňková, L., Elbra, T., Pruner, P., Vašíček, Z., Skupien, P., Reháková, D., Schnabl, P., Košťák, M., Švábenická, L., Svobodová, A., Bubík, M., Mazuch, M., Čížková, K., Kdýr, Š., 2019. Integrated stratigraphy and palaeoenvironment of the Berriasian peri-reefal limestones at Štramberk (Outer Western Carpathians, Czech Republic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 532, 109–256.
- Vodrážka, R., Sklenář, J., Čech, S., Laurin, J., Hradecká, L., 2009. Phosphatic intraclasts in shallow-water hemipelagic strata: a source of palaeoecological, taphonomic and biostratigraphic data (Upper Turonian, Bohemian Cretaceous Basin). *Cretaceous Research*, 30(1), 204–222.
- Weaver, P.P.E., 1982. *Ostracoda from the British Lower Chalk and Plenus Marls*, vol. 562. Palaeontographical Society, Monographs, 127 s.
- Whatley, R. C., Pyne, R. S., Wilkinson, I. P., 2003. Ostracoda and palaeo-oxygen levels, with particular reference to the Upper Cretaceous of East Anglia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 355–386.
- Wolfgring, E., Wagreich, M. 2016. A quantitative look on northwestern Tethyan foraminiferal assemblages, Campanian Nierental Formation, Austria. *PeerJ*, 4, e1757.
- Wiese, F., Čech, S., Ekrt, B., Košťák, M., Mazuch, M., Voigt, S., 2004. The Upper Turonian of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic) exemplified by the Úpohlavy working quarry: integrated stratigraphy and palaeoceanography of a gateway to the Tethys. *Cretaceous Research*, 25, 329–352.
- Zahálka, B., 1949. Křídový útvar v profilu Josefov - Skalička. *Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky*, 24 (5-6), 265–290. Praha.

8. Přílohy

Příloha č. 1: Chroustová, M., Pipík, R., 2019. Late Turonian ostracod assemblages record a shift from mesotrophic to oligotrophic hemipelagic deposits in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). *Cretaceous Research*, 104, 104–160.

Příloha č. 2: Svobodová, A., Kočí, T., Veselská, M. K., Ferré, B., Košťák, M., Čech, S., Chroustová, M., 2019. New biostratigraphic evidence (calcareous nannofossils, ostracods, foraminifers, ammonites, inoceramids) on the Middle Coniacian in the eastern Bohemian Cretaceous Basin. *Geological Quarterly*, 63(3), 586–602.

Příloha č. 3: Chroustová, M., Holcová, K., Laurin, J., Uličný, D., Hradecká, L., Hrnková, M., Čech, S., Hrouda, F., Jarvis, I. (submitted). Response of foraminiferal assemblages to precession-paced environmental variation in a mid-latitude seaway: late Turonian greenhouse of Central Europe. *Marine Micropaleontology*.

Prohlášení školitele o podílu studenta na publikacích, které jsou součástí doktorské práce

Jako školitelka studentky Mgr. Markéty Chroustové prohlašuji, že studentka se podílela na pracích, které byly předloženy jako součást její disertační práce, následujícím podílem:

Příloha č. 1: Chroustová, M., Pipík, R., 2019. Late Turonian ostracod assemblages record a shift from mesotrophic to oligotrophic hemipelagic deposits in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic). *Cretaceous Research*, 104, 104160.

80% laboratorní zpracování vzorků, zpracování taxonomické části, interpretace výsledků, příprava rukopisu.

Příloha č. 2: Svobodová, A., Kočí, T., Veselská, M. K., Ferré, B., Košťák, M., Čech, S., Chroustová, M., 2019. New biostratigraphic evidence (calcareous nannofossils, ostracods, foraminifers, ammonites, inoceramids) on the Middle Coniacian in the eastern Bohemian Cretaceous Basin. *Geological Quarterly*, 63(3), 586-602.

20% spolupráce při taxonomickém vyhodnocení společenstev foraminifer, interpretace výsledků, příprava příslušné části rukopisu.

Příloha č. 3: Chroustová, M., Holcová, K., Laurin, J., Uličný, D., Hradecká, L., Hrnková, M., Čech, S., Hrouda, F., Jarvis, I. (submitted). Response of foraminiferal assemblages to precession-paced environmental variation in a mid-latitude seaway: late Turonian greenhouse of Central Europe. *Marine Micropaleontology*.

60% laboratorní zpracování vzorků, zpracování taxonomie foraminifer, paleoekologické interpretace výsledků, příprava rukopisu.

doc. RNDr. Katarína Holcová, CSc.

školitelka