

# Biostratigrafické a paleoenvironmentální vyhodnocení pilotních profilů v jizerském vývoji české křídové pánve sv. od libuňského zlomu na základě studia vápnnitých nanofosilií

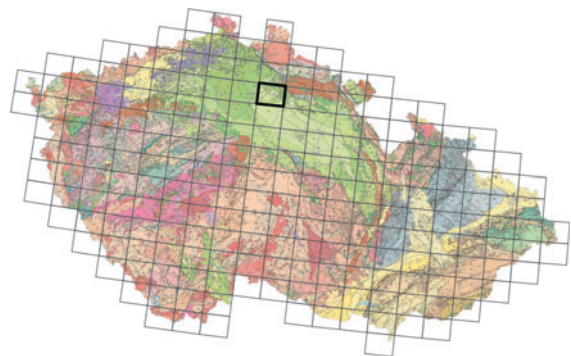
Biostratigraphic and paleoenvironmental evaluation of the pilot sections NE of the Libuňka Fault according to the study of calcareous nanofossils, Jizera Development of the Bohemian Cretaceous Basin, NE Bohemia

LILIAN ŠVÁBENICKÁ

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;  
lilian.svabenicka@geology.cz

**Key words:** Bohemian Cretaceous Basin, Middle and Upper Turonian, calcareous nanofossils, biostratigraphy, paleoenvironmental changes

**Abstract:** Nannoplankton biostratigraphy and paleoenvironmental interpretations were made from the pilot sections situated NE from the Lužice Fault between sites of Turnov and Trosky in the Bohemian Paradise area, Jizera Development of the Bohemian Cretaceous Basin, NE Bohemia. Nanofossils with *Lithastrinus septenarius* and *Marthasterites furcatus* indicated UC9a zone that is correlated with the stratigraphical interval from the uppermost part of Middle Turonian to lower part of Upper Turonian. Nanofossil content and their preservation state are evidently depended on facial character of deposits. Claystones of pelagic facies provided relatively abundant and medium well preserved nanofossils whereas overlying sandstones of flyschoid facies yielded scarce and heavily etched specimens. Biostratigraphic validity of the *M. furcatus* and *L. septenarius* in the secondarily modified



(03-34 Sobotka)

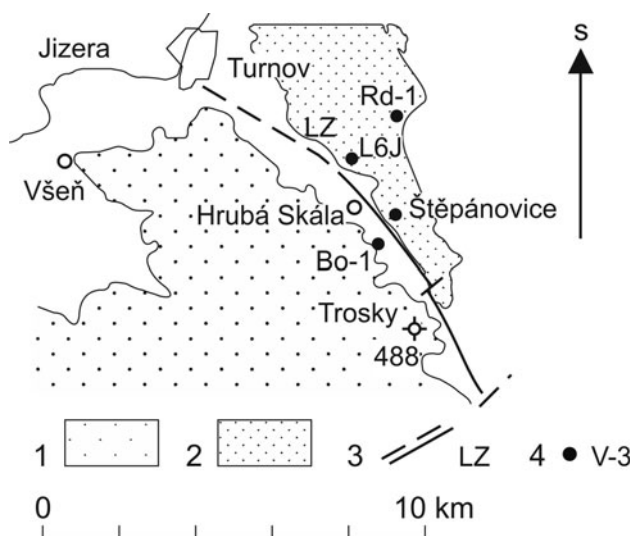
assemblages is discussed. Their presence in taphocoenoses may be influenced post mortem both by follow-up diagenetic processes and facial character of deposits. Selective dissolution of nanofossils may be also caused by the release of carbon dioxide during oxidation of organic matter that is present in abundance especially in flyschoid facies. The precise stratigraphic evaluation of deposits that contain the secondarily impoverished nanofossil assemblages is therefore problematic.

V letech 2008 až 2010 byl s finanční podporou Ministerstva životního prostředí České republiky a České geologické služby proveden rozsáhlý geologický výzkum a mapování v geoparku UNESCO Český ráj. Do této oblasti patří i sv. okraj české křídové pánve j. od lužické poruchy přibližně v polygonu Frýdštejn – Turnov – Mnichovo Hradiště – Kněžmost – Sobotka – Jičín – Rovensko pod Troskami – Lestkov – Malá Skála. V rámci geologických prací bylo vyhloubeno několik vrtů a získán tak unikátní materiál mimo jiné i pro mikropaleontologický výzkum křídových hornin a jejich moderní biostratigrafické a paleoenvironmentální interpretace. Některé profily již byly zpracovány a výsledky publikovány, jako vrty Střeleč V800 (Švábenická 2009, 2010), Mužský MUŽ-1 (Švábenická – Valečka 2011), Borek Bo-1 (Čech et al. 2010) a Nová Ves (Branžež) V3 a Buda SK-7 (Valečka – Švábenická 2012). V této práci jsou uvedeny výsledky studia vápnnitých nanofosilií ze sondy Roudný Rd-1, vyhloubené v květnu 2010, a z archivního horninového materiálu včetně vrtu Radvánovice L61, který pro biostratigrafické korelace svrchně-křídových sedimentů z oblasti Českého ráje vybral S. Čech.

## Materiál a metody

Studované profily (obr. 1) jsou situovány sv. od libuňského zlomu (Čech et al. 2010) a zastihly svrchní část pelagické facie a přechod do flyšoidní facie svrchního turonu teplického souvrství. Tuto flyšoidní facii interpretuje S. Čech (pers. comm.) jako mělkovodní turbidity v přechodné zóně z proximální do distální části pánve, které byly deponovány v podloží pískovcového tělesa Boreckých skal. Proudly přinášely z nedaleké pevniny terestrický materiál s organickou hmotou.

Preparáty ke studiu vápnnitých nanofosilií byly připraveny laboratorní metodou, která je popsána v práci Švábenické a Valečky (2011). Ke stanovení relativního stáří sedimentů a pro další korelace byly použity standardní nannoplanktonové zóny UC (Upper Cretaceous; Burnett 1998) a detailnější stratigrafické interpretace svrchní křídy a hraničního intervalu turon-coniac v české křídové pánvi vycházely z prací Švábenické (2012) a Švábenické a Bubíka (v tisku).



Obr. 1. Vymezení hruboskalských pískovců a pískovců Boreckých skal podél libuňského zlomu v úseku Turnov až Trosky a lokalizace vrtů. 1 – hruboskalské pískovce, 2 – pískovcové těleso Boreckých skal, 3 – libuňský zlom, 4 – zpracované vrty v této zprávě: Rd-1 Roudný, L6J Rádvanovice, Bo-1 Borek.

## Výsledky

### Rádvanovice L6J

Z vrtu Rádvanovice bylo k mikropaleontologickému studiu předáno sedm vzorků z intervalu 34,0–68,7 m (tab. 1).

V preparátech z hloubek 34,0–52,5 m dominuje anorganický materiál, ve kterém se pouze ojediněle (2–5, vzácně až 10 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu) vyskytují vápnité nanofosilie. Kokoliti jsou špatně zachovaní a většinou v úlomcích nebo tvoří špatně identifikovatelnou drť.

Ze stratigraficky důležitých druhů se vyskytují *Lithastrius septenarius* (v hloubkách 41,0 a 45,0 m), *Zeughrabdothus biperforatus* (vzácně v hloubce 41,0 m), *Eiffellithus eximius*, *Helicolithus turonicus* a *Lucianorhabdus quadridus*, z paleoekologického hlediska je zajímavý výskyt thorakosfér. Zástupci rodu *Braarudosphaera* se sporadicky objevují pouze v hloubkách 45,0 a 52,2 m.

Oproti nadložním sedimentům byly v intervalu 57,0–62,0 m vedle anorganického materiálu hojnější i špatně zachované nanofosilie (5–10 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu). Společenstva obsahovala vzácné exempláře *Eiffellithus eximius*, přechodné jedince rodů *Quadrum-Micula* a v hloubce 57,0 m byl zjištěn *Lithastrius septenarius* a *Marthasterites cf. simplex*. Výrazný je však kvantitativní nárůst zástupců rodu *Braarudosphaera*.

Sedimenty z hloubky 68,7 m poskytly relativně hojné (ca 30–40 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu) a středně dobře zachované vápnité nanofosilie. Na polycyklolitech je patrně narůstání krystalků, při diagenézi pravděpodobně došlo k rekrystalizaci kokolitů. Vysoce diverzifikované společenstvo s relativně častým *Marthasterites furcatus* v asociaci s *Helicolithus turonicus*, *Ottavianus giannus* a *Octolithus multiplus* vykazuje oproti nadložním vzorkům i jasný kvantitativní nárůst *Braarudosphaera bigelowii bigelowii*. Vzácně byli zjištěni problematictí jedinci *Micula cf. adumbrata*.

### Štěpánovice DB100

Vzorek odebraný z flyšoidní facie poskytl chudé společenstvo (ca 10–15 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu) špatně zachovaných nanofosilií s ojedinělými exempláři těchto stratigraficky cenných druhů: *Eiffellithus eximius*,

Tabulka 1. Výskyt stratigraficky a paleoenvironmentálně významných vápnitých nanofosilií ve vrtu Rádvanovice L6J

		Rádvanovice L6J																														
turon	střední až svrchní teplické souvrství	pelitická f. flyšoidní facie UC9a	hloubka (m)	četnost nanofosilií ve vzorku	zachování nanofosilií	<i>Ahmuellerella octoradiata</i>	<i>Amphizygus brooksii</i>	<i>Biscutum constans</i>	<i>Biscutum coronum</i>	<i>Biscutum melaniae</i>	<i>Braarudosphaera bigelowii bigelowii</i> *	<i>Braarudosphaera bigelowii parvula</i> *	<i>Broinsonia enormis</i>	<i>Broinsonia enormis-parca</i>	<i>Broinsonia furtiva</i>	<i>Broinsonia (Vagalapilla) matalosa</i>	<i>Broinsonia signata</i>	<i>Calculites ovalis</i>	<i>Chiaostozygus litterarius</i>	<i>Corollithion exiguum</i>	<i>Corollithion signum</i>	<i>Cretarhabdus conicus</i>	<i>Cribrosphaerella ehrebergii</i>	<i>Cyclagelosphaera magerelii</i>	<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i>	<i>Cylindralithus biarcus</i>	<i>Discorhabdus ignotus</i>	<i>Eiffellithus eximius</i>	<i>Eiffellithus gorkae</i>	<i>Eiffellithus turrisseiffelii</i>	<i>Eprolithus floralis</i>	
						34	VL EP VR													VR						VR	VR		R	VR		R
			41	VL EP									VR			VR	VR	VR						VR	VR				R		R	R-F
			45	VL EP R	VR VR				VR	VR		R				VR	R		R	VR		R	VR		VR	VR		R-F	R	R	R-F	
			52,2	VL VP R		R					VR	VR					R		R			R		VR				VR		R	R-F	
			57	L VP R		R			R	F-C	R-F	F		VR		F	VR	R	R	R	R	F	R	R	VR			R	F	F	F	
			62	L P R		R	F			R-F	VR	F					F	R	F	R	R	F	F					R	F	F	F	
			68,7	M M R							F	VR	R	R			R-F	VR	R-F					R-F	VR			R	F	F	R-F	

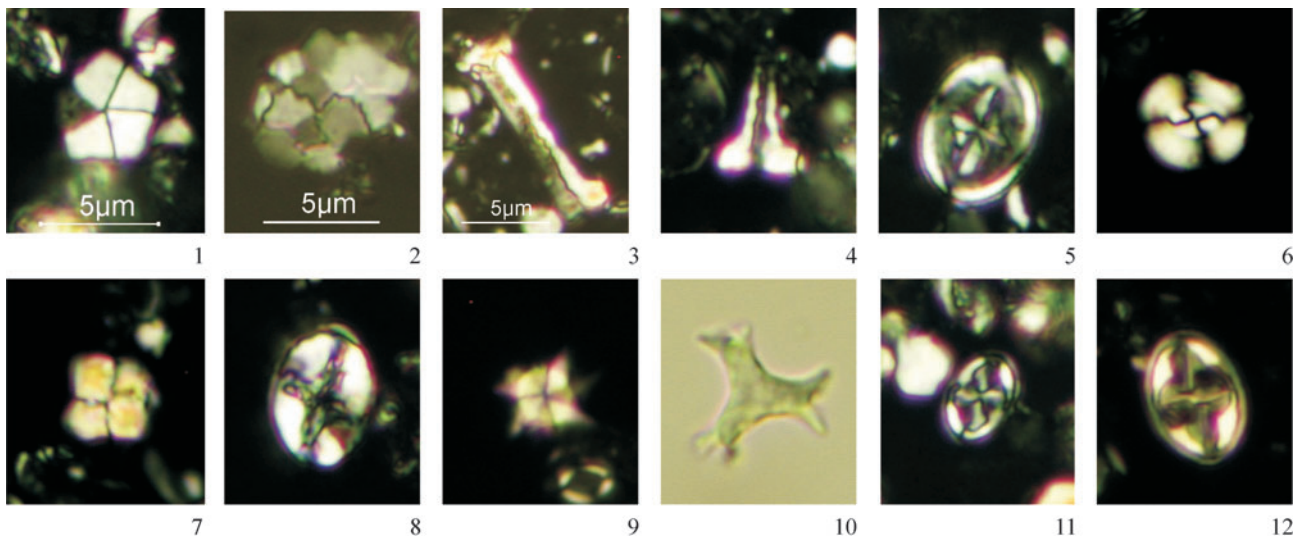
Tabulka 1 – pokračování

Radvánovice L6J					hloubka (m)	četnost nanofosilií ve vzorku	zachování nanofosilií	Gartnerago obliquum*		Grantarhabdus coronadventis	Haqius circumradiatus	Helicolithus trabeculatus	Helicolithus turonicus	Kampinerius magnificus	Lithastrinus septenarius	Lithraphidites carniolensis	Lucianorhabdus maleformis*	Lucianorhabdus quadrijfidus*	Lucianorhabdus sp. (krátký trn) *	Manivitiella pemmaatoidea	Marthasterites furcatus	Marthasterites simplex	Microrhabdulus belgicus	Micula adumbrata	Octolithus multiplius	Ottavianus giannus	Placozygus sp. cf. P. fibuliformis	Prediscosphaera colummata	Prediscosphaera cretacea	Prediscosphaera cf. grandis	Prediscosphaera ponticola	Prediscosphaera spinosa	Quadrum gartneri	Quadrum intermedium (5 elementů)					
turon	střední až svrchní teplické souvrství pelitická f. flyšoidní facie	UC9a	34	VL	EP	f.						VR			VR																								
			41	VL	EP	R	VR		R	R			R-F								R																		
			45	VL	EP	R	R						VR			VR	VR												VR										
			52,2	VL	VP	R						R	R				R		VR																				
			57	L	VP	F-C						F	F	VR	VR	F	R		R	R				VR							F	F		R	R	VR	VR		
			62	L	P	F-C						R	R	úl.			F	R					R				VR		VR	R	F		F	VR	VR				
			68,7	M	M	F	VR	VR						R			F		R	VR	VR	R	R-F	cf.	F	cf.	VR	VR	R			R		R	VR				

Tabulka 1 – pokračování

Radvánovice L6J					hloubka (m)	četnost nanofosilií ve vzorku	zachování nanofosilií	Quadrum intermedium (6 elementů)		Quadrum-Micula	Quadrum-Uniplanarius	Retacapsa crenulata	Rhagodiscus angustus	Rhagordiscus asper	Rotelapillus crenulatus	Stoverius achylosus	Stoverius sp.	Thoracosphaera operculata	Thoracosphaera sp.	Tranolithus gabalus	Tranolithus orionatus	Watznaueria barnesiae	Watznaueria britannica	Watznaueria quadriradiata	Zeugrhabdolithus bicrescenticus	Zeugrhabdolithus biperforatus	Zeugrhabdolithus diplogrammus	Zeugrhabdolithus embergeri	Zeugrhabdolithus noeliae	Zeugrhabdolithus scutula	Zeugrhabdolithus trivectis	„kostička“ nejjasného původu						
turon	střední až svrchní teplické souvrství pelitická f. flyšoidní facie	UC9a	34	VL	EP							VR							VR		VR	R	VR		R						VR							
			41	VL	EP	VR		VR											R				R-F	VR		R	cf.	R-F										
			45	VL	EP										VR						VR	VR	F	VR	?	R	cf.	R										
			52,2	VL	VP					VR										R				F	VR		R		R-F									
			57	L	VP		VR								R	R-F	VR	R			R	R		C-A	R		F	cf.	F-C			F	F					
			62	L	P		VR		R	R	R	R	R-F	VR	R						R	R	R	C-A	VR	VR	F		C		VR	R						
			68,7	M	M		VR				R				R				R				R	A			R		F-C	VR	R	R	R					

\* paleoenvironmentálně významný druh (může indikovat změlčení a/nebo přínos terigenního materiálu). UC zóna podle Burnett (1998); semikvantitativní analýza hojnosti výskytu druhů: VR – velmi vzácný (< 1 jedinec/10 zorných polí mikroskopu), R – vzácný (1–5 jedinců/10 zorných polí), F – přítomen (6–9 jedinců/10 zorných polí), C – hojný (1–3 jedinci/jedno zorné pole), A – velmi hojný (> 3 jedinci/1 zorné pole), úl. – úlomky, cf. – confert, ? – problematický; četnost nanofosilií ve vzorku: M – průměrný (11–30 jedinců/jedno zorné pole), L – chudý (1–10 jedinců/jedno zorné pole), VL – velmi chudý (< 10 jedinců/10 zorných polí); zachování nanofosilií: M – středně dobré, P – špatné, některé nanofosilie v úlomcích a částečně naleptané, VP – velmi špatné, nanofosilie často v úlomcích a naleptané, identifikace druhů obtížná, EP – extrémně špatné, nanofosilie pouze v drobných úlomcích, většinu druhů nebylo možné identifikovat.



Obr. 2. Stratigraficky a paleoenvironmentálně významné vápnité nanofosilie v teplickém souvrství ve vrtu Roudný Rd-1. 1 – *Braarudosphaera bigelowii parvula*, 34,50 m; 2 – *Thoracosphaera* sp., 39,30 m; 3 – *Lucianorhabdus quadrifidus*, 39,30 m; 4 – *Lucianorhabdus maleformis*, 34,50 m; 5 – *Gartnerago obliquum*, 13,10 m; 6 – *Watznaueria barnesiae*, 13,10 m; 7 – *Quadrum gartneri*, 34,50 m; 8 – *Eiffellithus eximius*, 34,50 m; 9 – *Lithastrinus septenarius*, 34,50 m; 10 – *Marthasterites furcatus*, 39,30 m; 11 – *Helicolithus trabeculatus*, 34,50 m; 12 – *Helicolithus turonicus*, 13,10 m. Zvětšení viz obr. 1, snímky zhotoveny ve světlém mikroskopu Nikon pomocí digitální kamery DXM1200F. Polarizované světlo, pouze obr. 10 ve světle procházejícím. Foto L. Švábenická.

*Stoverius achylosus*, *Zeugrhabdothus bicrescenticus-biperforatus* a úlomek *Kamptnerius magnificus*. V jednom exempláři byl zjištěn drobný pentalit *Braarudosphaera bigelowii parvula*, několik jedinců přechodných forem *Quadrum-Micula* a thoracosfér. Celé spektrum společenstva je uvedeno v Appendixu 1. Zástupci rodů *Lucianorhabdus*, *Marthasterites* a *Lithastrinus* nebyli v sedimentu zjištěni.

### Roudný Rd-1

Z profilu vrtu Roudný Rd-1 bylo odebráno osm vzorků v intervalu 13,8–39,3 m, a to jak z flyšoidní (13,8–32,7), tak z peltické (34,5–39,3 m) facie teplického souvrství (tab. 2).

13,8 m: v preparátu převládá anorganický materiál s příměsí nanofosilií s ca 20–30 jedinci v jednom zorném poli

Tabulka 2. Výskyt stratigraficky a paleoenvironmentálně významných vápnitých nanofosilií ve vrtu Roudný Rd-1

Roudný Rd-1		hloubka (m)	četnost nanofosilií ve vzorku																										
			zachování nanofosilií																										
turon	střední až svrchní teplické souvrství peltická f. flyšoidní facie	UC9a	<i>Ahmuellerella octoradiata</i>	<i>Amphizygus brooksii</i>	<i>Biscutum coronum</i>	<i>Biscutum ellipticum</i>	<i>Biscutum cf. melaniae</i>	<i>Braarudosphaera bigelowii bigelowii</i> *	<i>Braarudosphaera bigelowii parvula</i> *	<i>Broinsonia enormis</i>	<i>Broinsonia signata</i>	<i>Calcutites ovalis</i>	<i>Chiastozygus litterarius</i>	<i>Corolithion signum</i>	<i>Cretarhabdus conicus</i>	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i>	<i>Cylindralithus biarcus</i>	<i>Discorhabdus ignotus</i>	<i>Eiffellithus eximius</i>	<i>Eiffellithus gorkae</i>	<i>Eiffellithus turris Eiffelii-eximius</i>	<i>Eiffellithus turris Eiffelii</i>	<i>Eprolithus floralis</i>	<i>Gartnerago obliquum</i> *	<i>Geptyrorhabdus coronadventis</i>			
			13,8	M	P	VR					VR		R-F		R	VR	R	VR	R	VR		F	R-F	F-C	F			VR	
			17,1	L	VP								R-F						VR			R	VR		F	F	R		
			28,1	VL	EP																					R			
			28,5	L	EP								R				VR	VR	VR			VR	R-F	VR	R	F	R-F	VR	
			32,7	L	VP								VR									VR			R	R	R-F	VR	
			34,5	H	M	R	R	R		VR	F	R	F	C		R	F	R				F	C	F	C	F	C-A	R	
			36,5	VH	M	VR	R	R			VR	VR	R	C	R	R-F	VR	R	R			F	R-F		R	R-F	C-A		
			39,3	H	M	VR		R	R		R	R	VR	F	R	R	VR	R	R		R	R	F	F	R-F	R	R-F	F-C	VR

Table 2 – pokračování

Roudný Rd-1		turón																									
		střední až svrchní teplíkové souvrství		pelitická f. flyšoidní facie		UC9a																					
hloubka (m)	četnost nanofosilií ve vzorku	zachování nanofosilií	<i>Helicolithus trabeculatus</i>	<i>Helicolithus turonicus</i>	<i>Lithastrinus septenarius</i>	<i>Lithraphidites camiolensis</i>	<i>Lucianorhabdus cf. maleformis</i> *	<i>Lucianorhabdus quadrifidus</i> *	<i>Lucianorhabdus „krátký“</i>	<i>Manivittella pennatoidea</i>	<i>Marthasterites furcatus</i>	<i>Microrhabdulus belgicus</i>	<i>Microrhabdulus decoratus</i>	<i>Nannoconus sp. (příčný řez)</i>	<i>Octolithus multiplus</i>	<i>Ottavianus giannus</i>	<i>Placozygus cf. fibuliformis</i>	<i>Prediscosphaera columnata</i>	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	<i>Prediscosphaera cf. grandis</i>	<i>Prediscosphaera ponticula</i>	<i>Prediscosphaera spinosa</i>	<i>Quadrum intermedium</i> (5 elementů)	<i>Quadrum intermedium</i> (7 elementů)	<i>Quadrum garmeri</i>	<i>Quadrum-Micula</i> (?M. cf. <i>adumbrata</i> )	
13,8	M	P	R	VR		R	VR		VR	VR	R-F						R										R
17,1	L	VP		R-F						VR	VR										R						
28,1	VL	EP																							VR		
28,5	L	EP	VR	R		R												VR	R		VR				R		
32,7	L	VP	R	VR															R						VR		
34,5	H	M	F	R-F	VR	F-C	R	F	R	R	R	F			R	R	R		A		F-C	R	R	VR	F	VR	
36,5	VH	M	F	R-F	VR	C	R	R	R		VR	R			R	VR			C	R	F-C	R			F		
39,3	H	M	F	R-F		F	R	F	R					R	R	VR	R		C	R	R	R	R		R		

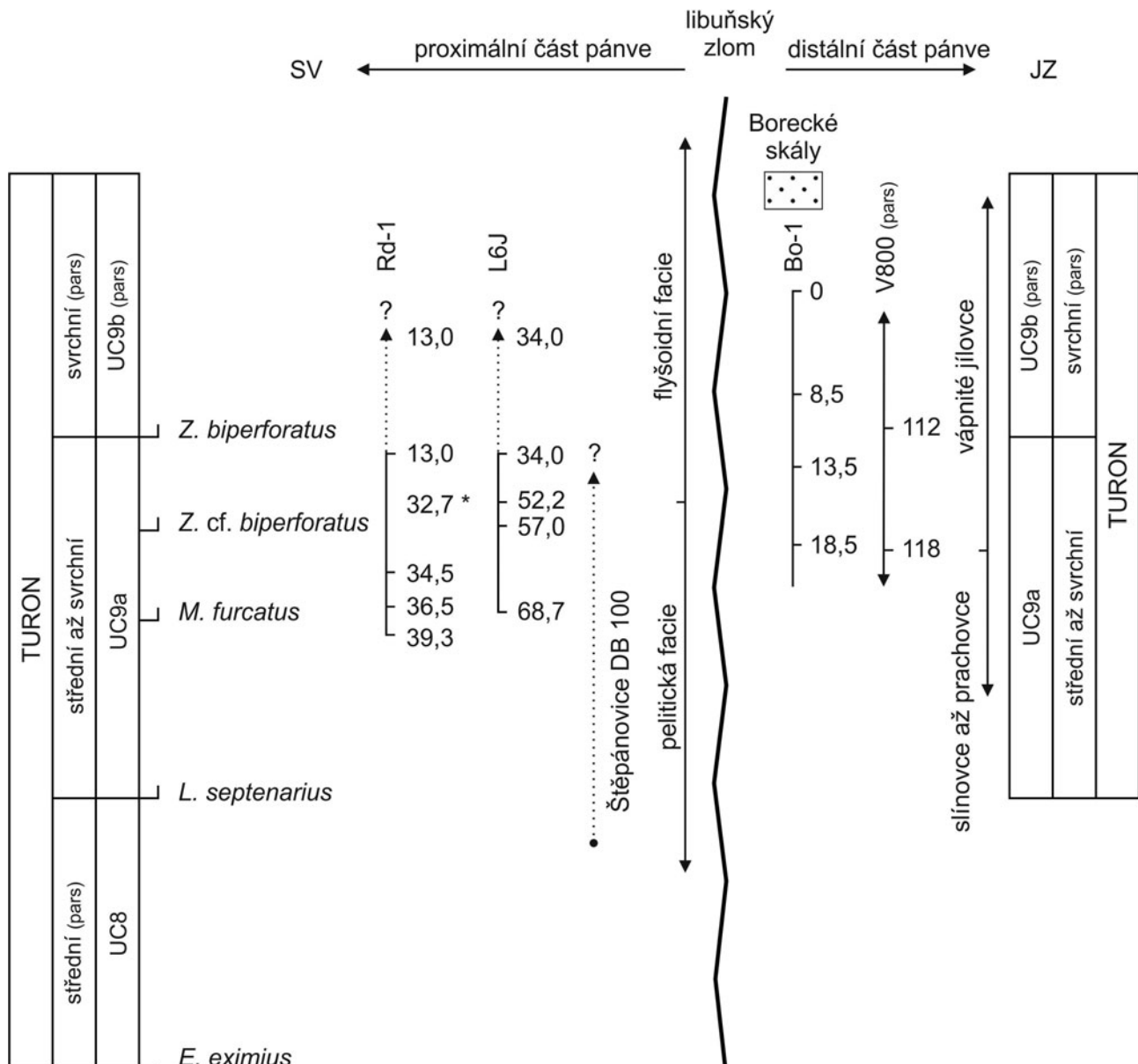
Table 2 – pokračování

Roudný Rd-1		turón																									
		střední až svrchní teplíkové souvrství		pelitická f. flyšoidní facie		UC9a																					
hloubka (m)	četnost nanofosilií ve vzorku	zachování nanofosilií	<i>Quadrum-Uniplanarius</i>	<i>Retacapsa crenulata</i>	<i>Rhagodiscus angustus</i>	<i>Rhagodiscus asper</i>	<i>Scapholithus fossilis</i>	<i>Sollasites sp.</i>	<i>Staurolithes sp.</i>	<i>Stoverius achylosus</i>	<i>Tegumentum stradhieri</i>	<i>Tetrapodorhabdus decorus</i>	<i>Thoracosphaera operculata</i> *	<i>Thoracosphaera sp.*</i>	<i>Tranolithus gabalus</i>	<i>Tranolithus orionatus</i>	<i>Watznaueria barnesiae</i>	<i>Watznaueria biporta</i>	<i>Watznaueria britannica</i>	<i>Watznaueria ovata</i>	<i>Zeugrhabdothis bicrescenticus</i>	<i>Zeugrhabdothis diplogrammus</i>	<i>Zeugrhabdothis embergeri</i>	<i>Zeugrhabdothis noeliae</i>	<i>Zeugrhabdothis scutula</i>	<i>Zeugrhabdothis trivectis</i>	
13,8	M	P	R	R	R							R	R				A	VR	VR		F-C	F		R	F		
17,1	L	VP	VR	VR									R	F			C		VR	VR		R			R		
28,1	VL	EP																									
28,5	L	EP													VR		C-A		VR		R	R-F	VR		R-F		
32,7	L	VP										R	R				F-C	VR	VR		R						
34,5	H	M			R	R			C	R	R					R	A		R	R	C	A	R		F-C		
36,5	VH	M		R		R	R		C		R					R	A			R	C	C-A	R		F	R	
39,3	H	M		R	R	R		VR	R			VR		R-F		R	A	VR		R	F-C	C	VR	VR	F	R	

\* paleoenviromentálně významný druh (může indikovat změkčení a/nebo přínos terigenního materiálu). UC zóna podle Burnett (1998); semikvantitativní analýza hojnosti výskytu druhů: VR – velmi vzácný (< 1 jedinec/10 zorných polí mikroskopu), R – vzácný (1–5 jedinců/10 zorných polí), F – přítomen (6–9 jedinců/10 zorných polí), C – hojný (1–3 jedinci/jedno zorné pole), A – velmi hojný (> 3 jedinci/jedno zorné pole);

četnost nanofosilií ve vzorku: M – průměrný (11–30 jedinců/jedno zorné pole), L – chudý (1–10 jedinců/jedno zorné pole), VL – velmi chudý (< 10 jedinců/10 zorných polí);

zachování nanofosilií: M – středně dobré, P – špatné, některé nanofosilie v úlomcích a částečně naleptané, VP – velmi špatné, nanofosilie často v úlomcích a naleptané, identifikace druhů obtížná, EP – extrémně špatné, nanofosilie pouze v drobných úlomcích, většinu druhů nebylo možné identifikovat.



Obr. 3. Stratigrafická korelace studovaných profilů a srovnání s vrtem Borek Bo-1 a V 800 Střeleč (Čech et al. 2010). UC zóny Burnett (1998), rozlišení pelitické a flyšoidní facie ve vrtech Radvánovice L6J a Roudný Rd-1 a ve vzorku Štěpánovice DB100 podle S. Čecha (pers. comm.).

mikroskopu. Nanofosilie jsou špatně zachované s patrnými známkami naleptání. Ve společenstvu dominuje *Watznaueria barnesiae*, přítomen je také *Marthasterites furcatus* (obr. 2) a vzácné jsou druhy *Helicolithus tunicus* a *Cylindralithus biarcus*. Ojedinele se objevuje *Thoracosphaera operculata*, dále úlomky rodu *Braarudosphaera* a přechodní jedinci *Quadrum-Micula* (?*Micula* cf. *adumbrata*).

17,1–32,7 m: v preparátech dominuje anorganický materiál s příměsí vzácných exemplářů velmi špatně zachovaných nanofosilií (1–2, výjimečně až 5 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu). Většinou jsou přítomny vnější cykly plakolitů, které lze obtížně identifikovat, a polycyklosty. Ve společenstvech převládá *W. barnesiae*, stratigraficky cenné druhy jako jsou *M. furcatus*, *Helicolithus trabeculatus* nebo *Eiffellithus eximius* se vyskytují velmi sporaďicky (viz tab. 2). V hloubce 28,6 m byla v anorganickém

materiálu zaznamenána pouze silně naleptaná tělíska polycyklosty rodů *Eprolithus* a *Quadrum* a jenom jeden plakolit *W. barnesiae*.

34,5–36,5 m: sedimenty poskytly velké množství středně dobře zachovaných vápničných nanofosilií (> 50 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu). Charakter společenstev a zachování nanofosilií se oproti nadložním vzorkům výrazně změnilo (viz tab. 2). Dominuje *Watznaueria barnesiae* a přítomny jsou stratigraficky cenné druhy *M. furcatus*, *Lithastrinus septenarius*, *Ottavianus giannus*, *Octolithus multiplus* a *Helicolithus trabeculatus*. Zaznamenána byla přítomnost *Braarudosphaera* ex gr. *bigelowii* a rodu *Lucianorhabdus*.

39,3 m: Bohaté společenstvo středně dobře zachovaných nanofosilií (40–50 jedinců v jednom zorném poli mikroskopu) s hojnými exempláři *Watznaueria barnesiae* a s přítom-

ností *Lucianorhabdus quadrifidus*, *Octolithus multiplus*, *Ottavianus giannus*, *Helicolithus turonicus* a *Eiffellithus eximius*. Druhy *Marthasterites furcatus* a *Lithastrinus septenarius* nebyly ve vzorku nalezeny.

## Diskuse

Biostratigrafické členění svrchního turonu a hranice turon-coniac epikontinentálního vývoje evropské platformy na základě studia nanoplanktonu je stále předmětem diskusí (Lees 2008, Kedziersky 2008, Walaszczyk et al. 2010, Švábenická 2012, Švábenická – Bubík v tisku). První výskyty vápnatých nanofosilií jsou v tomto intervalu vzácné a navíc biostratigrafické markery se v sedimentech nevyskytují kontinuálně. V české křídové pánvi byl tento problém opakovaně pozorován při studiu profilů vrtnů. Bylo zjištěno, že nejen *Marthasterites furcatus*, ale i *Lithastrinus septenarius* (jehož první výskyt definuje bázi zóny UC9a, svrchní část středního turonu) se v sedimentech objevují nepravidelně (Švábenická 1999). Další druhy, jejichž první výskyty uvádí Lees (2008) ve svrchním turonu, rovněž nejsou v chudých a špatně zachovaných společenstvech vždy přítomny. Příkladem je flyšoidní facie teplického souvrství vrtnu Roudný Rd-1 (viz tab. 2). Může se stát, že takto druhotně ochuzená společenstva neposkytnou pro biostratigrafické závěry dostatečné informace a chronostratigrafický údaj je stanoven pouze rámcově, nebo stratigraficky níže (tedy jako starší).

Pelagická facie výše uvedených profilů poskytuje bohatá a druhově diverzifikovaná společenstva včetně stratigraficky významných druhů, a proto bylo možné stanovit relativní stáří sedimentů s přesností na standardní nanoplanktonové zóny, resp. podzóny UC (sensu Burnett 1998). V nadložní flyšoidní facii však dochází k náhlé změně spektra nanofosilií, společenstva (resp. tafocenózy) jsou výrazně chudší a níže diverzifikovaná. Tento fenomén dokládá závislost druhové diverzity i kvantitativního podílu nanofosilií na litologickém vývoji sedimentů.

V profilu vrtnu Radvánovice L6J byla opět ověřena nevhodnost použití markeru *M. furcatus* pro biostratigrafické korelace. Rovněž tak je zarážející absence druhu *L. septenarius*. Pouze na základě výskytu *M. furcatus* v hloubce 68,7 m lze tento profil korelovat se spodní částí svrchního turonu (Švábenická 2012). Přítomnost či nepřítomnost *M. furcatus* a *L. septenarius* v tafocenózách české křídové pánve může být ovlivněna post mortem jak následnými diagenetickými procesy, tak i faciálním vývojem sedimentů.

Společenstvo nanofosilií ze vzorku Štěpánovice DB100, který byl odebrán z flyšoidní facie, je korelováno se zónou UC8. Obsahuje však i přechodné exempláře *Zeugrhabdothus bicrescenticus-biperforatus*, jaké byly zjištěny také např. ve vrtnu Radvánovice L6J v sedimentech peltické facie (v hloubkách 57,0 m a 41,0 m – v tab. 1 označeny jako Z. cf. *biperforatus*). Tyto sedimenty jsou již korelovány se spodní částí svrchního turonu (vyšší část zóny UC9a) na základě nálezu *Marthasterites furcatus* v jejich podloží.

Polycyklotity (masivní tělíska většinou kubického tvaru, v této práci rody *Quadrum*, *Eprolithus* a *Micula* –

obr. 2/7) jsou extrémně odolné vůči rozpouštění. Agresivní prostředí a silné rozpouštění  $\text{CaCO}_3$  ve flyšoidní facii bylo v této okrajové části české křídové pánve pravděpodobně způsobeno také zvýšeným přínosem organické hmoty. Jejím tlením vznikl  $\text{CO}_2$ , který silně naleptal nebo zcela rozpustil vápnitě terčíky nanofosilií a výrazně tak modifikoval původní druhovou skladbu vápnitě nanoflóry. Selektivní rozpouštění vápnitě složky v sedimentu ve vrtnu Roudný Rd-1 v hloubce 28,6 m muselo být značné, protože v preparátu byl zjištěn pouze jeden exemplář rodu *Watznaueria* a v nadloží v hloubce 28,1 m byly velmi vzácně zaznamenány pouze rody *Quadrum* a *Watznaueria*. Roth a Krumbach (1986) pokládají plakolity rodu *Watznaueria* rovněž za vysoce rezistentní vůči agresivitě prostředí a jejich kvantitativní navýšení ve společenstvu interpretují jako indikaci silného rozpouštění a druhotného ochuzení společenstva.

## Závěr

Charakter a druhová skladba společenstev vápnatých nanofosilií ve studovaných profilech jsou silně ovlivněny faciálním vývojem sedimentů teplického souvrství.

Vzorek Štěpánovice DB100 odebraný z flyšoidní facie je korelován se středním turonem, zónou UC8 na základě druhu *Eiffellithus eximius*. Přítomnost přechodných exemplářů *Zeugrhabdothus bicrescenticus-biperforatus* však může indikovat přesah do zóny UC9a, tj. až do spodní části svrchního turonu.

Sedimenty profilu Roudný Rd-1 (39,3–13,8 m) a rovněž tak celý profil vrtnu Radvánovice L6J (68,7–34,0 m) náležejí zóně UC9a *Lithastrinus septenarius*, která je korelována s intervalem svrchní části středního až spodní části svrchního turonu (obr. 3). Přítomnost *Marthasterites furcatus* však pravděpodobně dokládá již turon svrchní. Rovněž tak nález plakolitů *Zeugrhabdothus* cf. *biperforatus* ve vrtnu Radvánovice L6J (obr. 3) může indikovat až možný přesah do zóny UC9b, vyšší části svrchního turonu.

Pelagická facie poskytla relativně bohaté a dobře zachované nanofosilie včetně stratigrafického markeru *Lithastrinus septenarius*, jehož přítomnost definuje bázi zóny UC9a, která je korelována se svrchní částí středního turonu. Nadložní flyšoidní facie však obsahuje druhotně ochuzená společenstva nanofosilií, silně ovlivněná rozpouštěním  $\text{CaCO}_3$  na základě kterých lze chronostratigrafické korelace činit jen rámcově. Bez znalosti stáří podložních vrstev by tyto sedimenty byly korelovány jako stratigraficky starší.

*Poděkování.* Autorka děkuje Stanislavu Čechovi za poskytnutí vzorků z vrtných profilů a za konzultace. Horninový materiál byl částečně získán a litologická studie vytvořena s finanční podporou Ministerstva životního prostředí České republiky, projekt výzkumu a vývoje „Evropský geopark Český ráj – vytvoření geoinformačního systému pro rozvoj regionu a ochranu geologického dědictví“, registrační číslo SP/2e6/97/08, a v rámci výzkumného záměru České geologické služby MZP0002579801. Studium a korelace vrtnů a dalšího horninového materiálu byly provedeny v rámci interního úkolu ČGS 321060.

## Literatura

- BURNETT, J. A. (1998): Upper Cretaceous. In: BOWN, P. R., ed.: Calcareous nanofossil biostratigraphy. 132–199. – Cambridge Univ. Press. London.
- ČECH, S. – HRADECKÁ, L. – ŠVÁBENICKÁ, L. (2010): Příspěvek k poznání průběhu libušského zlomu v Českém ráji. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 33–38.
- KEDZIERSKY, M. (2008): Calcareous nanofossil and inoceramid biostratigraphies of a Middle Turonian to Middle Coniacian section from the Opole Trough of SW Poland. – Cret. Res. 29, 451–467.
- LEES, J. A. (2008): The calcareous nanofossil record across the Late Cretaceous Turonian/Coniacian boundary, including new data from Germany, Poland, the Czech Republic and England. – Cret. Res. 29, 40–64.
- ROTH, P. H. – KRUMBACH, K. P. (1986): Middle Cretaceous calcareous nanofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: Implications for paleoceanography. – Marine Micropaleont. 10, 235–266.
- ŠVÁBENICKÁ, L. (1999): *Braarudosphaera*-rich sediments in the Turonian of the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. – Cret. Res. 20, 773–782.
- ŠVÁBENICKÁ, L. (2009): Svrchní turon na základě studia vápnných nanofosilií v oblasti Českého ráje, česká křídlová pánev (předběžné výsledky). – Acta Mus. Turnov. 4, 133–141.
- ŠVÁBENICKÁ, L. (2010): Svrchní turon a hranice turon-coniac na základě studia vápnných nanofosilií v jizerském vývoji české křídlové pánve. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 58–64.
- ŠVÁBENICKÁ, L. (2012): Nanofossil record across the Cenomanian-Coniacian interval in the Bohemian Cretaceous Basin and Tethyan foreland basins (Outer Western Carpathians), Czech Republic. – Geol. carpath. 63, 3, 201–217.
- ŠVÁBENICKÁ, L. – BUBÍK, M. (v tisku): Diachronic occurrence of *Marthasterites furcatus* in the Bohemian Cretaceous Basin and Outer Flysch Carpathians, Czech Republic, and its correlation with other fossil groups. – Cret. Res.
- ŠVÁBENICKÁ, L. – VALEČKA, J. (2011): Pelitická facie v nadloží pískovcového tělesa Příhrázských skal (litologie a biostratigrafie na základě studia vápnných nanofosilií). – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2010, 50–56.
- VALEČKA, J. – ŠVÁBENICKÁ, L. (2012): Stratigrafický rozsah pelitické a flyšoidní facie v podloží hruboskalských pískovců (teplické souvrství české křídlové pánve) v oblasti Příhrázských skal, Hruboskalska a Prachovských skal, sv. Čechy. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2011, 44–50.
- WALASZCZYK, I. – WOOD, CH. J. – LEES, J. A. – PERYT, D. – VOIGT, S. – WIESE, F. (2010): The Salzgitter-Salder Quarry (Lower Saxony, Germany) and Słupia Nadbrzeźna river cliff section (central Poland): a proposed candidate composite Global Boundary Stratotype Section and Point for the Coniacian Stage (Upper Cretaceous). – Acta Geol. pol. 60, 4, 445–477.

## Appendix 1

Štěpánovice DB 100, druhové složení společenstva vápnných nanofosilií.

V preparátu (resp. ve frakci 2–30 µm) dominuje anorganický materiál a špatně, většinou v úlomcích zachované nanofosilie jsou přítomny s hojností zhruba 10–15 jedinců

v jednom zorném poli mikroskopu. Stratigraficky lze korelovat společenstvo se středním turonem, zónou UC8 na základě přítomnosti druhu *Eiffellithus eximius*.

*Ahmuellerella octoradiata*, *Biscutum coronum*, *Braarudosphaera bigelowii parvula* (1 jedinec), *Broinsonia enormis*, *B. signata*, *Chiastozygus litterarius*, *Cretarhabdus conicus*, *Cyclagelosphaerella margerelii*, *Eiffellithus eximius*, *E. gorkae*, *E. turriseiffelii*, *Eprolithus floralis*, *Gartnerago obliquum*, *Grantarhabdus coronadventis*, *Helicolithus turonicus*, *Kamptnerius magnificus* (1 úlomek), *Lithraphidites carniolensis*, *Placozygus cf. fibuliformis*, *Prediscosphaera columnata*, *P. cretacea*, *P. ponticula*, *Quadrum gartneri* (2 jedinci), *Quadrum-Micula* (přechodné formy), *Retacapsa crenulata*, *Rhagodiscus angustus*, *Stoverius achylosus*, *Thoracosphaera* sp., *Watznaueria barnesiae*, *W. britannica*, *Zeughrabdothus bicrescenticus*, *Z. bicrescenticus-?biperforatus*, *Z. diplogrammus*, *Z. trivectis*.

## Appendix 2

Vápnné nanofosilie uvedené v textu (nikoliv v tabulkách a v Appendixu 1)

*Braarudosphaera bigelowii bigelowii* (Gran a Braarud) Deflandre  
*Braarudosphaera bigelowii parvula* Stradner  
*Calculites ovalis* (Stradner) Prins a Sissingh  
*Cylindralithus biarcus* Bukry  
*Eiffellithus eximius* (Stover) Perch-Nielsen  
*Eprolithus floralis* (Stradner) Stover  
*Gartnerago obliquum* (Stradner) Noël  
*Helicolithus turonicus* Varol a Girgis  
*Kamptnerius magnificus* Deflandre  
*Lithastrinus septenarius* Forchheimer  
*Lucianorhabdus maleformis* Reinhardt  
*Lucianorhabdus quadrifidus* Forchheimer  
*Marthasterites furcatus* (Deflandre) Deflandre  
*Marthasterites simplex* (Bukry) Burnett  
*Octolithus multiplus* (Perch-Nielsen) Romein  
*Ottavianus giannus* Risatti  
*Prediscosphaera grandis* Perch-Nielsen  
*Quadrum gartneri* Prins a Perch-Nielsen  
*Quadrum intermedium* Varol  
*Stoverius achylosus* (Stover) Perch-Nielsen  
*Thoracosphaera operculata* Bramlette a Martini  
*Watznaueria barnesiae* (Black) Perch-Nielsen  
*Watznaueria quadri radiata* Bukry  
*Zeughrabdothus biperforatus* (Gartner) Burnett