

Křídové sedimenty ve vrtu V 800 Střeleč, jejich petrografie, litostratigrafie a chemostratigrafie

Cretaceous sediments in borehole V 800 Střeleč, their petrography, lithostratigraphy and chemostratigraphy

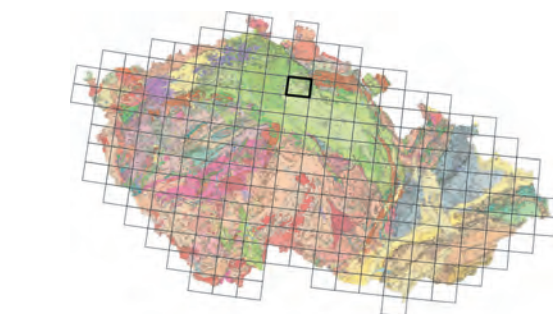
STANISLAV ČECH¹ – MIROSLAV REJCHRT¹ – ZDENĚK ŠTAFEN²

¹ Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;
stanislav.cech@geology.cz, miroslav.rejchrt@geology.cz

² Orlické muzeum, Pardubická 1, 565 01 Choceň;
muzeum.chocen@centrum.cz

Key words: mudstones, lithology, petrography, lithostratigraphy, chemostratigraphy, Turonian, Bohemian Cretaceous Basin

Abstract: In borehole V 800 drilled in the Northern part of the Bohemian Cretaceous Basin, lithology and petrography of the sandstones and mudstones of the Teplice Formation (Turonian and Coniacian) are described. There are three glauconitic key beds at the boundary between the Jizera and Teplice formations. Different interpretation of the key beds based on changes of lithology or chemostratigraphical mark-



(03-34 Sobotka)

ers causes difficulties with the recognition and correlation of the boundary. It is recommended to put the boundary at the lower glauconitic key bed which is more useful for geological mapping practice.

Litologický vývoj a mocnost křídových aleuropelitů teplického souvrství jsou v areálu Českého ráje známy pouze útržkovitě. Je to způsobeno plošnou deformací povrchových výchozů aleuropelitů četnými svahovými pohyby a nepříliš kvalitním záznamem podpovrchových dat (litologické a karotážní profily vrtů uranového a hydrogeologického průzkumu).

Na přelomu let 2008 a 2009 byl v rámci geologického mapování Geoparku UNESCO Český ráj vyhlouben u obce Hrdoňovice jádrový výzkumný vrt V 800 Střeleč (obr. 1). Cílem vrtných prací bylo ověřit mocnost, litologii a stratigrafii aleuropelitické sekvence teplického souvrství v podloží kvádrových křemenných pískovců (tzv. hruboskalských pískovců sensu Krejčí 1867), instruktivně odkrytých v jámovém lomu firmy Sklopísek Střeleč, a. s. Předběžné výsledky, týkající se biostratigrafie teplického souvrství ve vrtu V 800, uvedli Čech (2009), Hradecká (2009) a Švábenická (2009, 2010). Tento příspěvek se zabývá litologií, petrografií a chemostratografií sedimentů teplického souvrství v tomto vrtu a problematikou hranice jizerského a teplického souvrství v Českém ráji.

Metodika

Vrt byl situován ve dně jámového lomu firmy Sklopísek Střeleč, a. s., u Hrdoňovic [souřadnice JTSK x: 1 005 897,53 y: 678 546,05, výška terénu (Bpv): z: 251,07 m n. m.]. Vrtné práce provedla firma SUDOP Pardubice. Výnos jádra v aleuropelitické sekvenci se blížil 100 %. Litologický popis vrtného jádra byl prováděn průběžně, litogeochemické vzorky byly v aleuropelitické sekvenci odebrány s intervalem 0,5 m.

V celém vrtu bylo provedeno karotážní měření (Aquatest Praha, a.s.).

Při petrografickém popisu vzorků (46 vzorků) vrtného jádra byly sledovány tyto parametry: zrnitost, obsah hlavních a vedlejších minerálů, akcesorie, povaha matrixu, charakteristika a kvantita litoklastů a bioklastů a též projevy diagenese sedimentu. Podíl siliciklastických složek (křemen, živec, nestabilní úlomky hornin), stanovený planimetry ve výbrusech, je uváděn v objemových procentech. Obsahy lito- a bioklastů se vztahují k celkovému objemu horniny. Obsahy karbonátů (145 vzorků), zjištěných rozpouštěním kyselinou monochloroctovou v laboratoři Orlického muzea v Choceňi, jsou kvantifikovány v procentech hmotnostních. Obsahy křemene, slíd a jílových minerálů, odvozených ze semikvantitativní rtg.-práškové difrakce nerozpustného zbytku (VŠChT Praha), jsou uvedeny v hmotnostních procentech, přepočtených s ohledem na obsah karbonátu v původním vzorku (26 vzorků).

Litologický profil a petrografie vrtného jádra

Jelikož vrt V 800 je jedním z klíčových křídových profilů v Českém ráji (obr. 2) připojujeme přehledný popis, kde vymezuje několik základních litologických typů:

Křemenné pískovce (metráž 0,00–17,10 m)

Pískovce jsou do hloubky 10,90 m bělošedé („sklářské pís-ky“), hrubozrné, šikmo planárně zvrstvené. Hlavním minerálem je křemen se subangulárními zrny o průměru



Obr. 1. Vrt V 800 byl situován ve dně jámového lomu firmy Sklopísk Střeleč, a.s., z. od Hrdoňovic. Foto D. Smutek, 2010.

0,3–0,4 mm. Silně sericitizované a kaolinizované živce tvoří až 5 obj. % horniny. Pískovce jsou středně dokonale vytřídněné, níže přecházejí do žlutých („žlutá poloha“), místy červenavě šmouhovaných slabě jílovitých pískovců. Při bázi pískovců se objevují časté jílovitoprachovité šmouhy s organickou hmotou.

Jílovitoprachovité vápnité pískovce (metráž 17,10–53,90 m)

Pískovce mají šedou barvu, jsou výrazně tmavě šedě šmouhovitě, silně bioturbanované. V pískovcích je místy příměs hrubých křemenných zrn velikosti 1–2 mm, dále je hojný černý organický pigment a uhelné klasty o velikosti až několika centimetrů. Časté jsou rovněž písčitojílovité závalky a šmouhy nepravidelného tvaru. Obsah křemene v hornině je okolo 70 obj. %, velikost zrn 0,2–0,65 mm. Mikroskopické studium ukázalo místy relativně vyšší obsah sericitizovaných živců (až 12 obj. %, což znamená přechod do arkózovitých vápnitých pískovců), bohaté spektrum těžkých minerálů, relativně dobré vytřídnění klastů a převažující podpůrnou strukturu zrn. Úlomky hornin jsou tvořeny silně zvětřalými a kaolinizovanými ortorulami a granitoidy. Kalcium karbonát, kterého je okolo 20 hmot. %, se objevuje jako sparitový tmel nebo je spolu s jílovými minerály v základní hmotě. Je též materiálem bioklastů, převážně kalcifikovaných jehlic spongií (do 2 obj. %). Mezi vedlejšími minerály dominuje glaukonit, dosahující až 5 obj. % objemu horniny. Z akcesorií se vyskytuje granát, rutil, titanit, turmalín, chlorit a oxidy železa.

V celé metráži se projevují velmi pevné, centimetry až decimetry mocné polohy silně kalcifikovaných pískovců. Tento vrstevní sled bývá označován jako flyšoidní facie. V metráži 40,55–44,55 m je ostře omezená vrstva bělošedého křemenného pískovce s laminami organického materiálu. Výrazně se projevuje na karotážním záznamu (obr. 2).

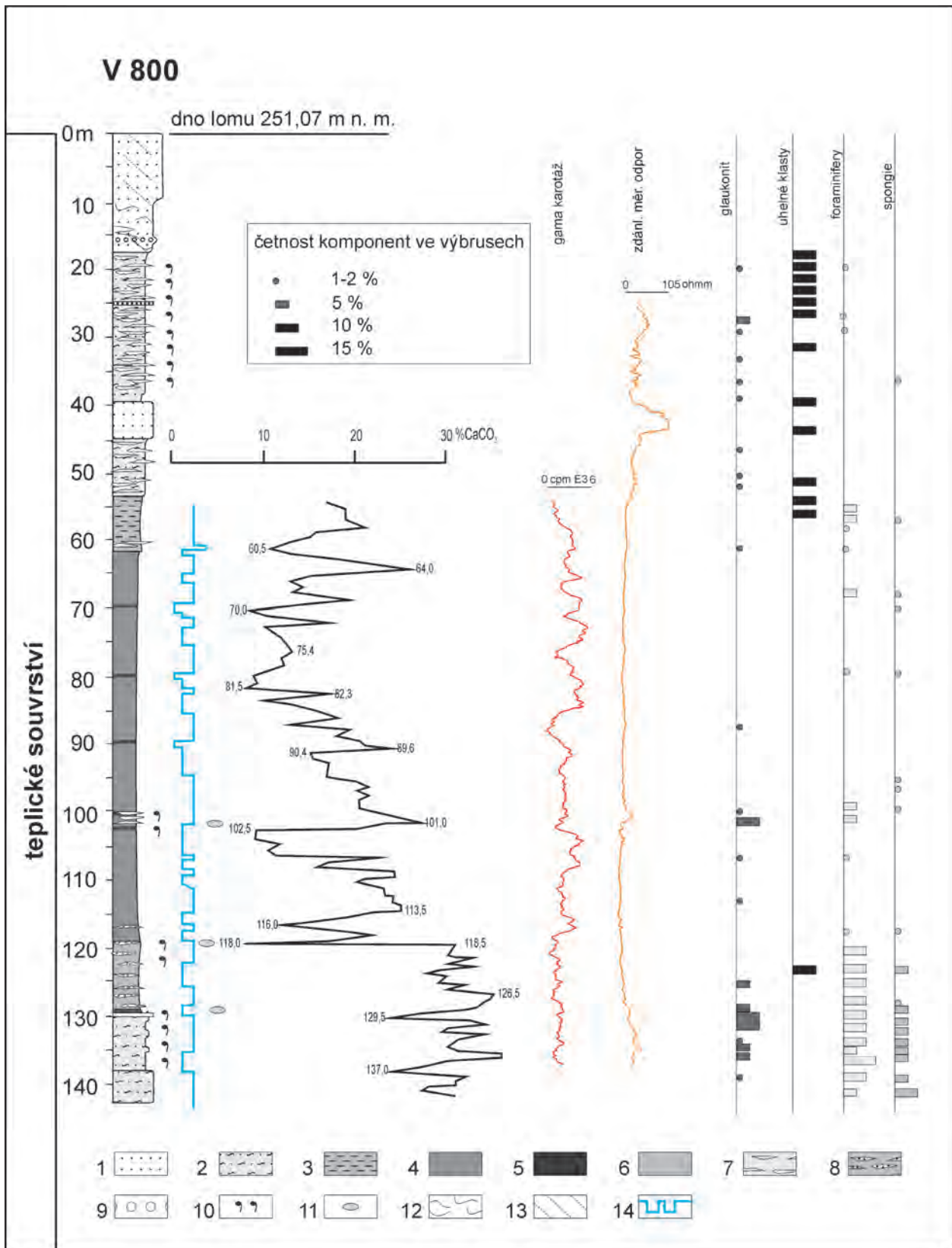
Sekvence aleuropelitů (metráž 53,90–129,75 m)

V sekvenci aleuropelitů byly podle zrnitosti a obsahu karbonátů rozlišeny písčitojílovité vápnité prachovce (53,90–62,0 m), vápnité prachovce až jílovce (62–118 m) a prachovité slínovce (118–129,75 m). Společným rysem je tmavošedá barva, přítomnost jemně dispergované organické hmoty a pyritu, jehož obsah může dosahovat až 3 obj. %. Obsah křemene v prachovcích a jílovcích kolísá mezi 50 a 70 hmot. %, a to jak v psamitické a aleuritické frakci, tak i podle výsledků rtg.-difrakce i v pelitické frakci. Zřetelnou zrnitostní bimodalitu tvoří křemen ve frakcích kolem 0,01 mm a 0,2 mm. Maximálních hodnot obsahu křemene dosahují partie silně rozpadavých prachovitých jílovců (obr. 3). Naopak pevnější partie vrtného jádra odpovídají vyšším obsahům karbonátu (obr. 2). Obsah kalciumkarbonátu kolísá v metráži 62–118 m mezi 8,5 a 27 hmot. % (vápnité prachovce až jílovce), v metráži 118–129,75 m jsou obsahy kalciumkarbonátu v sedimentu vyšší, 28–34 hmot. % (prachovité slínovce). Ve svrchní (118,00–120,00 m) a spodní části (126,50 až 129,75 m) slínovců byl makroskopicky zjištěn glaukonit. Od hloubky 116,50 m níže se objevují 1 mm mocné laminy a šmouhy s akumulací bioklastů a hrubých křemenných zrn o velikosti 1–2 mm, ojediněle i valounky křemene o velikosti 10 × 5 mm (např. v hloubce 118 m). Mezi bioklasty dominují kalcifikované schránky foraminifer (až 10 obj. %), úlomky jehlic spongií (až 5 obj. %) a úlomky schránek mlžů (5 obj. %; obr. 2). V metráži 118–129,75 m se ve slínovcích objevují hojněji chondritické biogenní textury.

Ve svrchní části (59–61 m), uprostřed (101,50–101,55 m) a na bázi (129,75–129,77 m) sekvence aleuropelitů byly zjištěny tenké polohy jemnozrnných glaukonitických vápnitých prachovitých pískovců s příměsí hrubých křemenných zrn o velikosti 1–2 mm. Pískovce jsou relativně špatně vytřídněné a skládají se hlavně z křemene (kolem 60 hmot. %), kalciumkarbonátu (až 20 hmot. %) a jílových minerálů (10 až 15 hmot. %). Dále je přítomen glaukonit (10–15 obj. %), pyrit a konkrce fosfátu, až 0,4 mm velké.

Jílovitoprachovité jemnozrnné vápnité pískovce, místy glaukonitické (metráž 129,77–141,50 m)

Textura sedimentu je nevýrazně šmouhovitá, přítomny jsou biogenní textury typu „Spreiten“. Pískovce se skládají především z křemene (48–59 hmot. %), kalciumkarbonátu (24–36 hmot. %) a jílových minerálů (max. 15 hmot. %). Kalcit je ve formě sparitového tmelu a bioklastů. Přítomen je glaukonit (5–10 obj. %) a pyrit (1 obj. %), který se vyskytuje v jádrech foraminifer nebo jako ojedinělá zrna či agregáty zrn. Fosfátové konkrce o velikosti 0,1–0,8 mm. Plagioklasy, muskovit, zirkon, titanit jsou akcesorické. Zrnitost siliciklastů (křemen) má bimodální charakter a jejich velikost se pohybuje od 0,01 mm do 1,5 mm. Bioklasty dosahují velikosti 0,8 mm, tvoří je kalcitové jehlice spongií (5 obj. %),



Obr. 2. Litologický profil vrtu V 800 s vyznačením karotážního měření, obsahu kalciumkarbonátu, obsahu litoklastů a bioklastů. 1 – křemenné pískovce, 2 – jílovitoprachovité vápnité pískovce, 3 – vápnité prachovce, 4 – prachovité vápnité prachovce až jílovce, 5 – silně rozpadavé prachovité jílovce, 6 – prachovité slínovce, 7 – polohy silně kalcifikovaných pískovců, 8 – polohy s akumulací siliciklastů a bioklastů, 9 – příměs štěřčiku, 10 – glaukonit, 11 – fosfáty, 12 – jílovitoprachovité šmouhy v křemenných pískovcích, 13 – šikmé zvrstvení, 14 – vyznačení charakteru rozpadu vrtného jádra, pevné polohy odpovídají maximům obsahu kalciumkarbonátu. Karotážní křivky podle Lukeše (2009a, b).

schránky foraminifer (10 obj. %) a sporadicky úlomky schráněk mlžů a ježovek.

Chemostratigrafická charakteristika sekvence aleuropelitů

Podle obsahu kalciumkarbonátu a rgtg.-difrakce je zřejmé, že dominantními komponentami aleuropelitů jsou křemen (48–70 hmot. %) a karbonát (8–35 hmot. %), přičemž jejich vzájemný poměr vykazuje nepřímou úměrnost (obr. 5). Křemen se vyskytuje jak v psamitické a aleuritické frakci, tak i ve frakci pelitické. O tom rovněž svědčí nízký obsah jílových minerálů (kaolinit, montmorillonit), který nepřekračuje 18 hmot. %. Zbytek tvoří slída (1–8 hmot. %), pyrit (0,5 až 1 hmot. %) a rentgenamorfní složka. Podle silikátové analýzy vzorku vápnitěho prachovce z hloubky 55,70 m je karbonát tvořen především kalciumkarbonátem, zřejmě kalcitem (9,84 hmot. % CaO). Velmi nízké obsahy FeO (0,72 hmot. %), MnO (0,017 hmot. %) a MgO (1,79 hmot. %) ukazují na podřadný podíl dalších možných karbonátů jako je siderit, rodochrozit nebo magnezit.

Grafické vyjádření hodnot obsahu kalcium karbonátu (obr. 2 a 5) ve vrtu V 800 vykazuje ve svém průběhu téměř pravidelné (ca po 10 m) střídání maxim a minim, přičemž ve spodní části vrtného profilu (118,50–141,50 m) je poněkud vyšší obsah karbonátu (mezi 28 a 34 hmot. %) než v nadložních sedimentech, kde jeho obsah nápadně klesá (8,5 až 27 hmot. %), a to již od hloubky 118 m výše.

Diskuse

Při předběžném hodnocení výsledků vrtných prací (Čech 2009) byly křídové sedimenty ve vrtu V 800 až do hloubky 129,75 m zařazeny do teplického souvrství, níže až do konečné hloubky v 141,60 m do jizerského souvrství. Do teplického souvrství byly zahrnuty facie křemenných pískovců (0–17,10 m), jílovitoprachovitých vápnitých pískovců s vložkami silně vápnitých pískovců – tzv. flyšoidní facie (17,10–51,90 m) a facie aleuropelitů (51,10–129,75 m). Facie jílovitoprachovitých jemnozrnných vápnitých pískovců (129,77–141,50 m) byla interpretována jako svrchní část jizerského souvrství na základě ostrého litologického rozhraní mezi aleuropelity a podložními vápnitými pískovci. Tato litologická změna byla dokumentována jak mikroskopicky ve výbrusech, tak i podle karotáže nárůstem měrného odporu v hloubce 130 m (Lukeš 2009b; obr. 2). Chemostratigraficky je rozhraní vyznačeno nevýrazným karbonátovým minimem (vzorek 129,50 m).

Toto litologické rozhraní je ve vrtu V 800 zvláště 2–5 cm mocnou polohou glaukonitického vápnitěho pískovce s příměsí hrubých křemenných zrn (129,75–129,77 m). Poloha byla Čechem (2009) interpretována jako „glaukonitická vrstva kontaktní“, která je tradičně považována za bázi teplického souvrství ve východočeské křídě. Tuto vrstvu



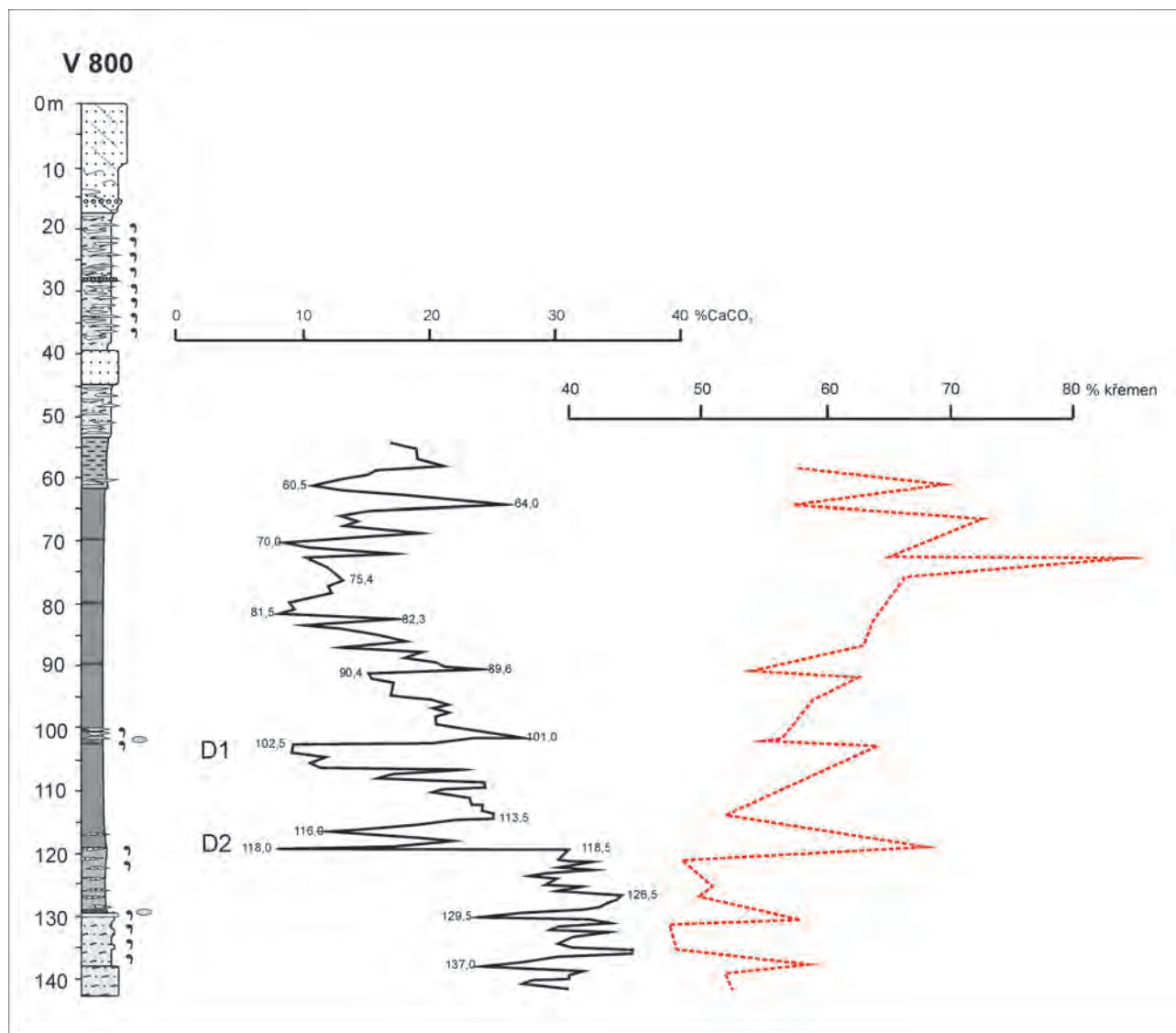
Obr. 3. Poloha silně rozpadavého vápnitěho prachovitěho jílovce teplického souvrství v metráži 68,80–70,40 m (vyznačeno červeně). Na křivce obsahu kalciumkarbonátu (obr. 2) se tato poloha vyznačuje jeho minimálním obsahem. Vrt V 800. Foto S. Čech.



Obr. 4. Báze aleuropelitů teplického souvrství v metráži 129,77 m (vyznačeno červeně). Vrt V 800. Foto S. Čech.

charakterizuje hojný výskyt valounků křemene, glaukonitu, fosfátových konkrecí a fosfatizované makrofauny. Přiřazení polohy ke „glaukonitické vrstvě kontaktní“ však není tak jednoznačné, jak se ukázalo v r. 2010 z chemostratigrafické korelace obsahu kalciumkarbonátu z vrtu V 800 a z revize skartačních vzorků z 589,20 m hlubokého vrtu L7-J Rokytnice (Šula 1971), uložených ve skladech hmotné dokumentace České geologické služby.

Ve vrtu L7-J Rokytnice, vzdáleném od vrtu V 800 ca 3720 m, byla v hloubce 97,00–97,10 m zjištěna ekvivalentní poloha glaukonitického pískovce včetně fosfatizovaných jader gastropodů. Obdobná vrstva však byla ve vrtu L7-J Rokytnice nalezena ještě o 33 m níže. Vrstevní sled mezi oběma glaukonitickými polohami tvořily při bázi asi 10 m mocné vápnitě prachovce až jílovce, které směrem do nadloží přecházely do tmavošedých šmouhovitých jemnozrnných vápnitých pískovců až prachovců (ve kterých byl vrt V 800 ukončen 11,50 m pod glaukonitickou vrstvou kontaktní sensu Čech 2009). Jak ukázaly kontrolní vzorky, odebrané z vrtu L7-J Rokytnice, teprve pod touto druhou glaukonitickou



Obr. 5. Křivky obsahu kalciumkarbonátu (černě) a křemene (červeně). Obsah karbonátu stanoven kalcimetricky rozpouštěním horniny kyselinou monochloroctovou, obsah křemene byl zjištěn rtg.-difrakcí nerozpustného zbytku. D1, D2 – chemostratigrafická rozhraní sensu Štaffena (1999). Litologie viz legenda u obr. 2.

vrstvou stoupá obsah karbonátů přes 50 hmot. %, což je charakteristická hodnota pro vyšší část jizerského souvrství ve východočeské křídě (Soukup 1963). Třetí poloha glaukonitického pískovce byla zjištěna ve vrtu V 800 v hloubce 101,50–101,55 m (tj. 28 m nad glaukonitickou vrstvou kontaktní sensu Čech 2009). Tato poloha odpovídá výraznému minimu obsahu kalciumkarbonátu a maximu obsahu křemene (obr. 2 a 5). Chemostratigraficky je interpretována jako látkové rozhraní D1, které je podle Štaffena (1999) ve východočeské křídě hranicí mezi jizerským a teplickým souvrstvím. Naopak podle interpretace karotáže a jejího vyhodnocení podle genetické stratigrafie (Uličný et al. 2009, profil D5) je hranice jizerského a teplického souvrství ztotožněna s rozhraním sekvencí TUR7 a CON1, což by odpovídalo spodní glaukonitické poloze. Profil D5 však jde mimo vrt L7-J.

Je tedy zřejmé, že v oblasti Českého ráje (Troskovička)

existují při rozhraní jizerského a teplického souvrství dvě až tři glaukonitické vrstvy, které zde dosud nebyly při dřívějších výzkumech zaznamenány. Jejich existence činí v praxi potíže při stanovení hranice mezi jizerským a teplickým souvrstvím. Při novém geologickém mapování byla hranice mezi jizerským a teplickým souvrstvím ztotožněna s litologickou změnou mezi málo pevnými vápnitými prachovci až jílovci a velmi pevnými vápnitými pískovci s polohami vápenců a vápnitých kongrecí, tedy v úrovni spodní glaukonitické polohy z vrtu L7-J. Tato litologická změna je markantní i morfologicky (např. temeno Rovenské kuesty).

V sekvenci aleuropelitů teplického souvrství je ve vrtu V 800 významná hranice látkové změny a karbonátového minima v hloubce 118 m (látkové rozhraní D2). Vyšší obsah karbonátu v sedimentu pod touto úrovní (v metrži 118 až 141,50 m) zřejmě souvisí s vyšším obsahem bioklastů identifikovaných ve výbrusech (foraminifery, spikule

spongií, obr. 2) a s přítomností sparitového tmelu v metráži 130–141,50 m.

Nad chemostratigrafickým rozhraním D2 dochází k náhlému poklesu obsahu karbonátu a tvar průběhu křivky obsahu karbonátu vykazuje cyklickou stavbu aleuropelitické sekvence až do hloubky 53,90 m. Obdobný charakter má průběh křivky gamakarotáže (Lukeš 2009a, b) a makroskopicky pozorované střídání pevných a méně pevných poloh v tomto úseku (obr. 2). To by mohlo svědčit o tom, že rozhraní v hloubce 118,00 m je ekvivalentem báze vrstev „Xc“ v Poohří, význačných cyklickým střídáním poloh vápenců a slínovců. Tomu nasvědčuje i přítomnost asociace nektobentosu *Didymotis – Placenticerias* ve vrtu V 800 (106,80–115,20 m; Čech 2009), jejíž nástup je v Poohří uváděn při hranici vrstev „Xb“ a „Xc“ teplického souvrství (Čech 1989).

Závěr

Ve vrtu V 800 byly zastiženy v podloží křemenných kvádrových pískovců jílovitoprachovité vápnité pískovce o překvapivé mocnosti 36,80 m a aleuropelity teplického souvrství o mocnosti 75,85 m. Aleuropelity vykazují cyklickou stavbu patrnou jak litologicky, tak i chemostratigraficky. Metoda sledování obsahu karbonátu v sedimentu, jsou-li vzorky odebírány v dostatečné hustotě, umožňuje zjistit v jemnozrnných vápnných sedimentech důležitá rozhraní. V kombinaci s biofaciálními a eventostratigrafickými výsledky bylo možné sekvenci aleuropelitů srovnat s ekvivalentními vrstvami v Poohří.

Problematická je pozice hranice mezi jizerským a teplickým souvrstvím. Nově bylo zjištěno, že vedle tzv. glaukonitické vrstvy kontaktní, která je bází teplického souvrství, existují na Troskovicku ještě dvě podobné polohy různě interpretované litostratigraficky, sekvenčně stratigraficky a chemostratigraficky. Pro řešení této problematiky je nutné provést korelaci s ostatními vrty v okolí. Sled pískovců odkrytých v jámovém lomu firmy Sklopísek Střeleč a aleuropelitická sekvence zastižená ve vrtu V 800 tvoří složený kompletní profil teplického souvrství v oblasti Českého ráje. Z tohoto důvodu se vrt V 800 řadí mezi klíčové vrty pro oblast Českého ráje, která je přechodní oblastí mezi psamitickým lužickým vývojem a pelitickým labským vývojem.

Poděkování. Tato studie byla vypracována v rámci projektu výzkumu a vývoje (VaV) Ministerstva životního prostředí ČR „Evropský geopark Český ráj – vytvoření geoinformačního systému pro rozvoj regionu a ochranu geologického dědictví“ reg. č. SP/2e6/97/08. Poděkování patří D. Smutkovi za poskytnutí letecké fotografie lomu Střeleč a recenzentům J. Adamovičovi a Z. Kukulovi za podnětné připomínky.

Literatura

- ČECH, S. (1989): Upper Cretaceous Didymotis Events from Bohemia. In: WIEDMANN, J., ed.: Cretaceous of the Western Tethys. Proc. 3rd Int. Cretaceous Symp., Tübingen 1987, 657–676. – E. Schweizerbart. Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- ČECH, S. (2009): Předběžné výsledky vrtu V 800 Střeleč (Geopark Český ráj, Čechy). – Sbor. Muz. Čes. Ráje 4, 39–44.
- HRADECKÁ, L. (2009): Mikrobiostratigrafické vyhodnocení vrtu Střeleč V800 na základě foraminifer. – Sbor. Muz. Čes. Ráje 4, 57–60.
- KREJČÍ, J. (1867): Zpráva odboru pro geologii pro rok 1865 a 1866. Druhá roční zpráva o činnosti obou komitétů pro přírodovědecký výzkum země České roku 1865 a 1866, 23–62. – Praha.
- KUKAL, Z. (1985): Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů. – Metod. Příruč. Ústř. Úst. geol. 2, 1–80.
- LUKEŠ, J. (2009a): Střeleč. Zpráva o karotážním měření ve vrtu V-800 (úsek 0–100 m). – MS Aquatest, a. s. Praha.
- LUKEŠ, J. (2009b): Střeleč. Zpráva o karotážním měření ve vrtu V-800 (úsek 90–140 m). – MS Aquatest, a. s. Praha.
- SOUKUP, J. (1963): Křída. In: ČEPEK, L., ed.: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000, M-33-XVI Hradec Králové. – 61–113. Ústř. úst. geol. Praha.
- ŠTAFEN, Z. (1999): Chemostratigrafické stanovení ekvivalence vrstev a souvrství české křídové pánve. – Acta Mus. richnoviensis, Sect. natur. 6, 2, 1–153.
- ŠULA, S. (1971): Hydrogeologické zhodnocení dosud provedených průzkumných prací v hydrogeologickém rajonu V-M-11-ce „Lužická porucha“. – MS Čes. geol. služba – Geofond. Praha.
- ŠVÁBENICKÁ, L. (2009): Svrchní turon na základě studia vápnných nanofosilií v oblasti Českého ráje, česká křídová pánve (předběžné výsledky). – Sbor. Muz. Čes. Ráje 4, 133–141.
- ŠVÁBENICKÁ, L. (2010): Svrchní turon a hranice turon-coniac na základě studia vápnných nanofosilií v jizerském vývoji české křídové pánve. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 58–64.
- 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.