

# Petrofyzikální záznam kačáckého eventu na profilu Hlubočepy – železniční zářez (střední devon, pražská pánev)

Petrophysical record of the Kačák Event at the Hlubočepy – Railway cut section (Middle Devonian, Prague Basin)

FRANTIŠEK VACEK

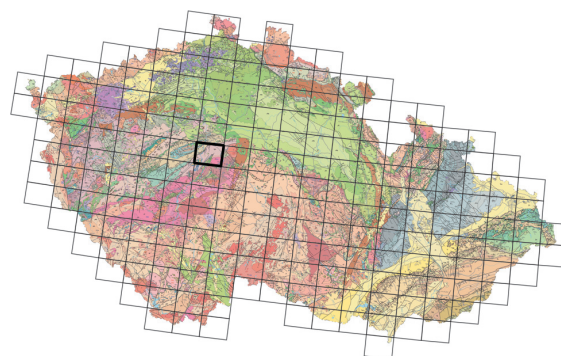
Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9;  
frantisek\_vacek@nm.cz

**Key words:** magnetic susceptibility, gamma-ray spectrometry, Devonian, Prague Basin, Kačák Event

**Summary:** The Middle Devonian (latest Eifelian to earliest Givetian) Kačák Event represents one of the most prominent turnovers in the Lower Palaeozoic sedimentary sequences of the Prague Basin (Chlupáč – Kukul 1988). It abruptly terminated the carbonate-dominated deposition in the entire basin, which was replaced by dark shales as a result of significant sea-level rise. This event is recognizable at inter-regional scale (e.g., in western Europe, north Africa or North America; for more details see Ellwood et al. 2011).

This study presents physical stratigraphic (magnetic susceptibility – MS and gamma-ray spectrometry – GRS) records of one of its type sections in a railway cut at Praha-Hlubočepy (50.03891N 14.39575E). This seven-metre thick section exposes transition from the uppermost levels of the Choteč Formation (Eifelian) represented by thin-bedded limestones (mostly bioclastic wackestone to packstone) to siliciclastics of the overlying Srbsko Formation (latest Eifelian to Givetian). Its basal beds are represented by dark shales and silicites of the Kačák Member overlain by siltstones and fine-grained sandstones of the Roblín Member.

Both MS and GRS records show apparently progressive trend (Fig. 2, Table 1). High covariance of both proxies ( $R^2 = 0.88$ ) indicates their detrital origin. Two prominent levels have been identi-



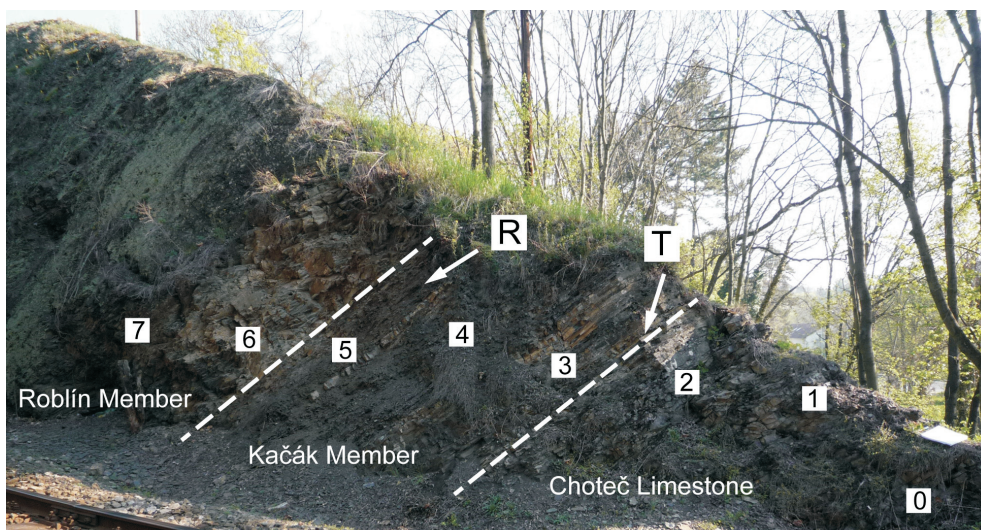
(12-42 Zbraslav)

fied in the section, both recognizable in lithology and physical stratigraphic record. The first one corresponds to the base of the Kačák Member, it is related to drowning of the carbonate platform during the eustatic sea-level rise (Strnad – Hladil 2001). An apparent increase in both proxies in the uppermost levels of the Kačák Member corresponds to enhanced amount of silt and fine-grained sand fractions. This is interpreted as a result of relative sea-level drop caused by an uplift during the initial stages of the Variscan orogeny accompanied by increased erosion rates and supply of terrestrial detrital material to shallow-marine basins. Studies of the provenance of detrital zircons indicate that the majority of siliciclastic material came from uplifted margins of the Teplá-Barrandian Unit. However, some more distant sources with affinity to the present-day north-western Africa can also be detected (Strnad – Mihaljevič 2005; Drost et al. 2011).

Odkryv v železničním zářezu v Praze-Hlubočepích (50.03891N, 14.39575E) je jednou z typových lokalit záznamu kačáckého eventu v pražské pánvi, který je spojován s globálním eustatickým výzvihem mořské hladiny a nástupem anoxických podmínek při mořském dně (Chlupáč – Kukul 1988, Budil 1995). V pražské pánvi se tato událost projevila ukončením karbonátové sedimentace a ukládáním tmavých břidlic (kačáckých vrstev), jejichž mocnost se pohybuje v rozmezí 2–15 m (Chlupáč – Kukul 1988). V nadloží se pak nacházejí siliciklastika (prachovce/pískovce), jejichž ukládání předcházelo variské orogenezi (Kukul – Jäger 1988). Projevy kačáckého eventu lze sledovat nejen v Českém masivu, ale například i v západní Evropě (Německu, Francii), Maroku, Severní Americe, Číně nebo na Sibiři (pro více informací viz Ellwood et al. 2011). V původním pojetí odpovídá interval kačáckého

eventu úplné mocnosti kačáckých břidlic. Postupem času byl však různými autory chápán odlišně podle různých biotických i abiotických kritérií (pro diskusi viz např. Crick et al. 1997 nebo Ellwood et al. 2011).

Studium magnetické susceptibilitě (MS) a gamaspektrometrie (GRS) se už více než dvacet let využívá ve stratigrafickém výzkumu sedimentárních, především karbonátových formací (více viz např. Da Silva et al. 2009). Tato metoda vychází ze vztahu mezi obsahem magnetických minerálů v sedimentárních horninách a lokálními/globálními pohyby mořské hladiny, které ovlivňují míru eroze a přínos terigenního materiálu do mořských sedimentárních pánví. Projevy kačáckého eventu v MS záznamu na profilu u „Dubu sedmi bratří“ u Karlštejna předběžně studovali Crick et al. (1997). Na lokalitě však není odkryta úplná mocnost tohoto stratigrafického intervalu. Příspěvek



Obr. 1. Odkryv v železničním zářezu v Praze-Hlubočepích s vyznačenou metrání studovaného profilu. T – transgresní kačácký event, R – regresní event.

Fig. 1. Exposure in the railway cut at Praha-Hlubočepý with indicated studied section. T – transgressive Kačák Event, R – regressive event.

Tabulka 1. Průměrné hodnoty magnetické susceptibilitě (MS) a GRS stanovených koncentrací K, U, Th a celkové radioaktivity SGR v jednotlivých stratigrafických členech na studovaném profilu  
Table 1. Average magnetic susceptibility (MS) values and GRS-detected concentrations of K, U, Th and total radioactivity SGR of distinguished stratigraphic units at the studied section

Stratigraphy	MS [ $10^{-9} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ]	SGR [API]	K [%]	U [ppm]	Th [ppm]
<i>Choteč Formation</i>	6.01	64.8	1.1	3.0	5.7
<i>Kačák Member</i>	20.19	115.3	2.2	5.1	9.8
<i>Roblín Member</i>	84.03	169.9	3,7	5.4	16.8

se proto zaměřuje na studium projevů eventu v MS záznamu, doplněné studiem GRS na typovém profilu, který zachycuje úplný sled s přechodem od ryze karbonátové sedimentace k výhradně siliciklastické.

## Litologie a stratigrafie

Studovaný profil o mocnosti 7 m zahrnuje nejvyšší polohy chotečského a bazální část srbského souvrství, tj. úplnou mocnost kačáckých vrstev a nejnižší úroveň vrstev roblínských (obr. 1 a 2). Chotečské souvrství je tvořeno tence vrstevnatými hlíznatými vápenci s rohovci. Převládá jemnozrný bioklastický wackestone až packstone s paralelní nebo čeřinovou laminací, která je místy porušena bioturbací. V úrovni 2,6 m nad bází měřeného profilu ostře nasedají černé břidlice s polohami silicitů bazálních poloh srbského souvrství (kačácké vrstvy). Jejich mocnost je 2,9 m. V nejvyšších polohách kačáckých vrstev lze pozorovat přibývání obsahu prachovité a jemně písčité frakce, především v intervalu 4,9–5,4 m měřeného profilu. V jejich nadloží jsou pak tence vrstevnaté prachovce až jemnozrné písčovce s hojnými zbytky terestrické flóry (roblínské vrstvy; Yurina et al. 2009).

Konodontová biostratigrafie studovaného profilu není dostatečně známa, hranice eifel/givet je stanovena podle prvního výskytu dakryokonaridního tentakulita *Nowakia otomari* asi 80 cm nad bází kačáckých vrstev (Budil 1995).

## Metodika

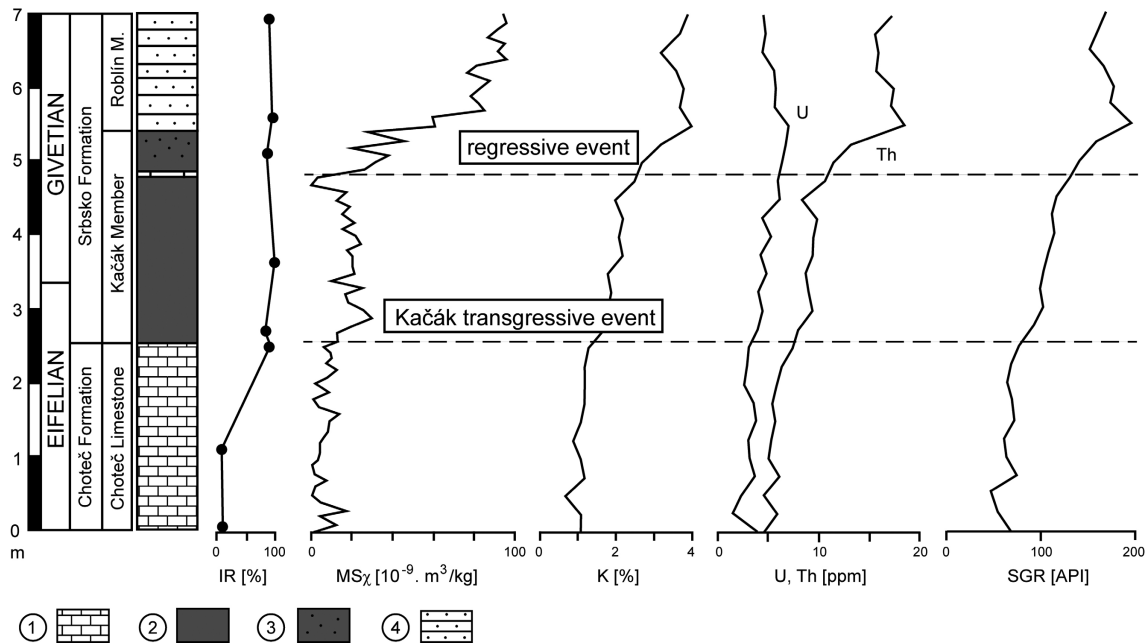
Pro měření MS byly s krokem 0,1 m odebírány vzorky čerstvé horniny o hmotnosti 20–50 g. Měření bylo prováděno v Laboratoři geologických procesů Geologického ústavu AV ČR na kapamůstku KLY-2 (výrobce Agico, s.r.o.). Naměřené hodnoty byly přepočítány na hmotnostní magnetickou susceptibilitu (v řádech  $10^{-9} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ; obr. 2). K měření přirozené radioaktivity byl použit přenosný gamaspektrometr Geofyzika-SatisGeo GS-512 s krokem 0,25 m. Doba měření byla 240 s, naměřené počty radioaktivních rozpadů byly automaticky přepočítány na koncentrace K (%), U a Th (ppm). Koncentrace těchto prvků byly přepočteny na celkovou radioaktivitu SGR podle Ridinga (1999), vyjádřenou v API jednotkách.

Pro posouzení vztahu mezi hodnotami MS, GRS a litologie studovaného profilu bylo odebráno 8 vzorků reprezentujících hlavní litologické typy. Ty byly rozpuštěny v 5% kyselině chlorovodíkové za účelem stanovení množství nerozpustného zbytku v hornině.

## Výsledky

Množství nerozpustného zbytku v chotečských vápencích se pohybuje okolo 10 %. K výrazné změně dochází v nejvyšších úrovních chotečského souvrství a v nadložním souvrství srbském, kde se obsahy pohybují v rozmezí hodnot 82–98 % (viz obr. 2). Záznamy MS i GRS studovaného profilu se vyznačují postupným zvyšováním hodnot směrem do nadloží (obr. 2 a tab. 1). Výrazná litologická změna na bázi srbského souvrství se projevuje pouze mírným nárůstem hodnot MS a GRS. Výrazný nárůst jejich hodnot spadá až do nejvyšších poloh kačáckých vrstev do úrovně 4,9 m měřeného profilu a zejména do nadložních vrstev roblínských. Tato změna koresponduje s přibýváním prachovité a jemně písčité frakce v horninách.

Změny hodnot MS dobře korespondují s GRS detekovanými hodnotami K a Th (korelační koeficient  $R^2 = 0,88$ , resp. 0,91), naopak MS a obsahy U nevykazují výraznou



Obr. 2. MS a GRS záznam studovaného profilu v železničním zářezu v Praze-Hlubočepích. 1 – jemnozrné, tence vrstevnaté vápence (bioklastický wackestone a packstone), 2 – břidlice a silicity, 3 – střídaní prachovců a břidlic, 4 – prachovce a jemnozrné pískovce, IR – nerozpustný zbytek.

Fig. 2. MS and GRS record of the Praha-Hlubočepy – Railway cut section. 1 – fine-grained thin-bedded limestone (bioclastic wackestone and packstone), 2 – shales and silicities, 3 – siltstones and shales, 4 – siltstones and fine-grained sandstones, IR – insoluble residue.

závislost ( $R^2 = 0,47$ ). Vysokou kovarianci lze rovněž sledovat mezi obsahy K a Th ( $R^2 = 0,98$ ) a obsahy obou prvků a celkovou radioaktivitou (SGR). Naopak vztahy mezi K – U a Th – U vykazují slabší kovarianci ( $R^2 = 0,76$  a  $0,71$ ).

## Diskuse a závěry

Gamaspektrometricky detekované hodnoty K a Th obecně indikují obsah siliciklastické složky v sedimentárních horninách (především živců a jílových minerálů). Signál MS může být v sedimentech primární, způsobený přítomností detritických ferimagnetických (např. magnetit) a především výrazně hojnějších paramagnetických minerálů (pyroxen, amfibol, chlorit, muskovit aj.). Primární signál může být ovlivněn druhotnými procesy, jako je vznik novotvořených magnetických minerálů (např. magnetitu nebo hematitu) nebo naopak degradací primárních detritických minerálů (pro více informací viz např. Da Silva et al. 2009). Vysoká kovariance mezi GRS stanovenými hodnotami K + Th a MS však indikuje převážně primární původ MS signálu.

Podle Strnada a Hladila (2001) odráží vývoj sedimentačního prostředí od nejvyšších poloh chotečského souvrství přes kačácké břidlice po roblínské vrstvy nejdřív tektonický výzdvih, projevující se změlčením v nejsvrchnějších polohách chotečských vápenců. To bylo následováno výrazným „utopením“ karbonátové sedimentace v důsledku globálního vzestupu mořské hladiny (kačáckého event) a následováno překrýváním siliciklastik, která odrážejí postupný trend změlčování od distálních turbiditů po prodeltu. Mění se litologii odpovídají i změny v záznamech MS

a GRS. Ve spodní části kačáckých vrstev lze pozorovat výrazný nárůst obsahu nerozpustného zbytku, který koresponduje s potlačením karbonátové sedimentace v důsledku transgresního kačáckého eventu. V souladu s tím je i nárůst GRS detekovaných hodnot K a Th a celkové radioaktivity SGR a také hodnot MS (obr. 2). Podobný nárůst hodnot MS při hranici chotečských vápenců a kačáckých břidlic popisují Crick et al. (1997) na profilu u „Dubu sedmi bratří“. Podle Budila (1995) představují nižší polohy kačáckých vrstev se silicity na tomto profilu značně kondenzovaný sled v porovnání s jinými lokalitami v pražské pánvi. Zvýšené hodnoty GRS a MS odrážejí ukládání převážně siliciklastického materiálu v prostředí s nízkou rychlostí sedimentace a rozpouštěním karbonátu.

Výrazný nárůst GRS i MS hodnot lze sledovat v úrovni 4,9 m měřeného profilu (obr. 2). Ten koresponduje s přibýváním prachovité a jemně písčité frakce ve svrchní části kačáckých břidlic, které lze vztáhnout ke zvyšujícímu se obsahu detritického terigenního materiálu přinášeného do pánve. Ten byl způsoben výzdvihem okrajových částí teplesko-barrandienské jednotky v kombinaci s relativním poklesem mořské hladiny, který měl za následek zvýšenou erozi.

Na rozdíl od pražské pánve, kde je zjevný postupný regresní trend následující po kačáckém eventu, lze v mnohých oblastech naopak pozorovat postupný trend zahlubování (např. Ellwood et al. 2011).

Strnad a Hladil (2001), kteří studovali minerální a geochemické složení siliciklastik srbského souvrství, považovali za hlavní zdroj detritického materiálu kontinentální vulkanický oblouk na aktivním okraji armorické skupiny mikrokontinentů. Strnad a Mihaljevič (2005) a také Drost

et al. (2011) na základě studia detritických zirkonů identifikovali dva základní zdroje klastického materiálu. Značná část pochází z neoproterozoických a kambriických sedimentů a vulkanitů tepelsko-barrandienské jednotky, lze však vysledovat i zdroje blízké oblastem dnešní severozápadní Afriky.

*Poděkování. Tento příspěvek vznikl za podpory programu Ministerstva kultury (DKRVO 2015/03; 00023272). Autor děkuje editorovi J. Kadlecovi a recenzentům L. Chadimové a J. Hladilovi za podnětné připomínky.*

## Literatura

- BUDIL, P. (1995): Demonstrations of the Kačák event (Middle Devonian, uppermost Eifelian) at some Barrandian localities. – *Věst. Čes. geol. Úst.* 70, 1–24.
- CRICK, R. E. – ELLWOOD, B. B. – EL HASANI, A. – FEIST, R. – HLADIL, J. (1997): MagnetoSuceptibility Event and Cyclostratigraphy (MSEC) of the Eifelian-Givetian GSSP and associated boundary sequences in north Africa and Europe. – *Episodes* 20, 167–175.
- DA SILVA, A. C. – MABILLE, C. – BOULVAIN, F. (2009): Influence of sedimentary setting on the use of magnetic susceptibility: examples from Devonian of Belgium. – *Sedimentology* 56, 1292–1306.
- DROST, K. – GERDES, A. – JEFFRIES, T. – LINNEMANN, U. – STOREY, C. (2011): Provenance of Neoproterozoic and early Palaeozoic siliciclastic rocks of the Teplá-Barrandian unit (Bohemian Massif): Evidence from U-Pb detrital zircon ages. – *Gondwana Res.* 19, 213–231.
- ELLWOOD, B. B. – ALGEO, T. J. – EL HASSANI, A. – TOMKIN, J. H. – ROWE, H. D. (2011): Defining the timing and duration of the Kačák Interval within the Eifelian/Givetian boundary GSSP, Mech Irdane, Morocco, using geochemical and magnetic susceptibility patterns. – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 304, 74–84.
- CHLUPÁČ, I. – KUKAL, Z. (1988): Possible global events and the stratigraphy of the Barrandian Paleozoic (Cambrian-Devonian, Czechoslovakia). – *Sbor. geol. Věd, Geol.* 43, 83–146.
- KUKAL, Z. – JÄGER, O. (1988): Siliciclastic signal of the Variscan orogenesis: the Devonian Srbsko Formation of Central Bohemia. – *Věst. Ústř. Úst. geol.* 63, 65–80.
- RIDING, M. (1999): *The Geological Interpretation of Well Logs.* – 280 str. Whittles Publishing. Dunbeath.
- STRNAD, L. – HLADIL, J. (2001): Geochemistry and Composition of the Middle Devonian Srbsko Formation in Barrandian area, Bohemian Massif: A Trench or Fore-Arc Strike-Slip Basin Fill with Material from Volcanic Arc of Continental Margin? – *Geolines* 13, 111–114.
- STRNAD, L. – MIHALJEVIČ, M. (2005): Sedimentary provenance of Middle Devonian clastic sediments in the Teplá-Barrandian Unit (Bohemian Massif): U-Pb and Pb-Pb geochronology of detrital zircons by laser ablation ICP-MS. – *Mineral. Petrol.* 84, 47–68.
- YURINA, A. L. – KARPOVA, E. V. – RASKATOVA, M. G. (2009): Paleobotanic and Lithologic Characteristics of Middle Devonian Sediments in the Hlubočepy Section (Czech Republic). – *Moscow Univ. Geol. Bull.* 64, 281–288.