

# PŘÍSPĚVEK K POZNÁNÍ PROVENIENCE SEDIMENTŮ STŘEDNÍ ČÁSTI BOSKOVICKÉ BRÁZDY

Contribution to the knowledge of provenance of the deposits in the middle part of the Boskovice Basin

Jana Brtníková, Slavomír Nehyba

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: jana.brtnikova@seznam.cz

(24-12 Letovice, 24-14 Boskovice, 24-32 Brno)

**Key words:** Early Paleozoic, terrestrial deposits, provenance

### Abstract

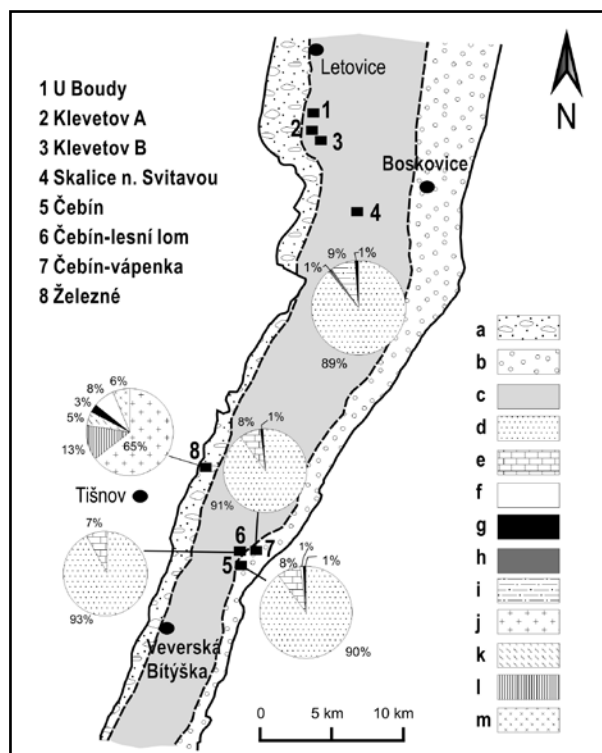
Provenance study of the Early Palaeozoic terrestrial deposits in the middle part of the Boskovice basin is based on the gamma-ray analyses, pebble analyses, study of thin sections, analysis of the main chemical elements and chemistry of garnet and rutile. The source areas significantly differ for various lithostratigraphical members of the basin. The role of recycling of older basin infill and intense weathering of primary material was important. Its source at the eastern mainland and also axial transport of the material (ie. in S-N direction) are assumed for a deposition of the Letovice Formation.

### Úvod

Boskovická brázda a zejména pak její j. a s. část představuje „tradiční“ oblast geologických studií. Střední část brázdy nebyla dosud věnována taková pozornost. Samotnou pánev lze charakterizovat jako extenzní „halfgraben“, pro který je charakteristická výrazná asymetrie pánevní výplně (litofacie, depoziční prostředí, atd.), konkrétně pak mezi v. a z. „křídlem“ brázdy. Boskovická brázda je kromě okrajových balinských a rokytenských slepenců tvořena poměrně pestrým vnitropánevním komplexem sedimentů, členěným na rosicko-oslavanské, padochovské, veverskobítýšské a letovické souvrství (Jaroš – Malý 2001, Zajíc – Štamberk 2004). Ve střední části boskovické brázdy je vnitropánevní komplex reprezentován veverskobítýšským a letovickým souvrstvím. Pro vyplňování obdobných pánví je typická proměnlivá role transportu materiálu jednak podélně v ose pánve (tj. v případě boskovické brázdy směr S–J) a jednak z okrajů do centra pánve (tj. směr V–Z), která odráží různá vývojová stadia pánve a projevuje se mimo jiné i v litostratigrafickém členění. V boskovické brázdě byla otázka provenience řešena převážně na základě studia valounů v rámci těles psefitů. Studium provenience pískovců představuje poněkud náročnější otázku. Nedostatečné odkrytí pánve často komplikuje litostratigrafické zařazení kontinentálních sedimentů. Případné definování petrografických rozdílů mezi jednotlivými členy pánevní výplně by mohlo sloužit jako alternativní stratigrafická metoda.

### Metodika

Předmětem studia bylo 8 odkryvů v oblasti mezi Veverskou Bítýškou a Letovicemi (obr. 1). Lokality Čebín, Čebín-vápenka a Čebín-lesní lom náleží k rokytenským slepencům, pro které je doložen přínos materiálu především z v. ležících geologických jednotek. Balinské slepence, jejichž provenience je lokalizována do západně ležících



Obr. 1: Zjednodušená schematická mapa zájmové oblasti s lokalizací jednotlivých profilů a výsledky valounové analýzy. Legenda: a – balinské slepence, b – rokytná conglomerates, c – deposits of the central part of the basin; composition of conglomerates d–m: d – greywackes, e – carbonates, f – quartzites, g – quartz, h – greywacke with conglomerates admixture, i – siltstone, j – metagranite, k – micaschist, l – gneisses, m – orthogneisses.

geologických jednotek, jsou zastoupeny lokalitou v Železně. Lokality U Boudy, Klevetov A, B a Skalice nad Svitavou náleží do letovického souvrství. Profily na všech lokalitách byly proměřeny terénním gammaspektrometrem RS-230 BGO Super-Spec. Orientační valounová analýza byla prováděna na lokalitách s výskytem slepenců (Čebín, Čebín-lesní lom, Čebín-vápenka, Skalice n. Svitavou a Železně). Na každé lokalitě bylo vyhodnoceno 100 až 300 valounů větších než 1 cm (osa A). Z odebraných vzorků pískovců byly zhotoveny mikroskopické preparáty a pomocí planimetrické analýzy byly sedimenty klasifikovány dle Kukala (1985). Na stejných vzorcích byl dále studován chemismus vybraných těžkých minerálů, respektive granátů (provedeno 48 analýz) a rutilu (16 analýz). Chemismus byl vyhodnocen pomocí elektronové mikrosondy CAMECA SX 100 na pracovišti PřF MU v Brně. Finální metodou studia provenience pak byla silikátová analýza pískovců.

### Výsledky a interpretace

Výsledky gammaspektrometrického studia jsou prezentovány v tabulce 1. Jsou zřetelné určité rozdíly mezi jednotlivými litostratigrafickými členy pánve. Pro balinské slepence byly zjištěny relativně nejvyšší hodnoty zastoupení K, naopak zřetelně nižší jsou koncentrace U a relativně i Th. Horniny letovického souvrství pak mají relativně nejvyšší zastoupení U a Th. Přítomnost Th a U je v horninách rokytenských slepenců značně rozkolísaná. Koncentrace měřených přirozených radioaktivních prv-

ků jsou pro horniny letovického souvrství a rokytenské slepence vcelku obdobné.

Výsledky valounové analýzy jsou prezentovány na obrázku 1, kde jsou patrné rozdíly v petrografickém složení valounů balinských a rokytenských slepenců a letovického souvrství. V případě rokytenských slepenců převažují především valouny drobné, v menší míře jsou přítomny vápence, akcesoricky také kvarcit a křemen. Ve slepencích letovického souvrství dominují droby, dále jsou přítomny prachovce a akcesoricky pak křemen a slepenec. V rámci balinských slepenců jsou pak výrazně zastoupeny meta-granitoidy, kvarcity, menší podíly tvoří svor, křemen, rula a ortorula. Hanžl et al. (2007) uvádí, že v balinských slepencích dominují valouny ruly (pravděpodobně se jedná o bítešskou ortorulu), dále popisují svory, fylity, kvarcity, pískovce a v malé míře i úlomky vulkanitů (asi ryolit-dacitového charakteru). Vzhledem k zjištěné přítomnosti sillimanitu a poměrně větším zrnům turmalínu je možné, že zdrojem pro tyto slepence bylo nejenom moravikum, ale také svratecké krystalinikum.

Výsledky planimetrické analýzy (obr. 2) ukázaly, že v pískovcích rokytenských slepenců tvoří podíl křemene a stabilních minerálů 57–63 %, živce, nestabilní minerály jsou přítomny z 19–23 %, matrix z 18 % a tyto lze klasifikovat jako arkóзовé pískovce. V pískovcích v rámci balinských slepenců je průměrné zastoupení křemene a stabilních minerálů kolem 44 %, živců a nestabilních

Facie	Lokalita	K (%)	průměr	U (ppm)	průměr	Th (ppm)	průměr
letovické souvrství	Skalice n. Svitavou	2,5–2,8	2,7	3,0–3,2	3,1	12,4–14,3	13,4
rokytenské slepence	Čebín lesní lom	2,1–2,6	2,4	2,3–3,3	2,7	12,3–14,4	13,5
rokytenské slepence	Čebín vápenka	2,6–2,9	2,8	2,1–2,9	2,5	10,6–11,9	11,4
balinské slepence	Železně	3,4–4,3	3,8	2,1–2,9	2,6	10,1–14,4	11,6

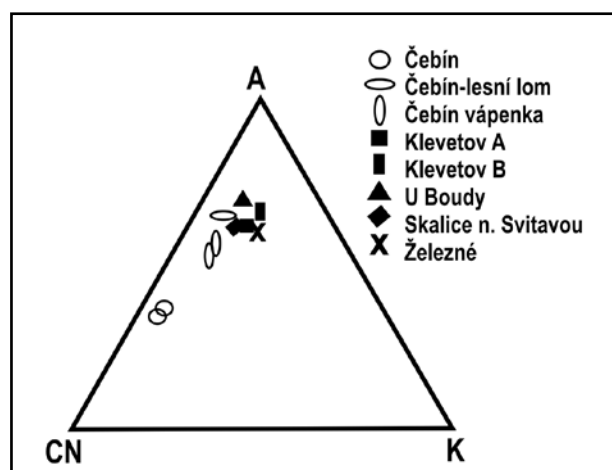
Tab. 1: Koncentrace přirozených izotopů K, U, Th ve studované oblasti.

Tab. 1: Concentration of natural isotopes K, U, Th in the investigated area.



Obr. 2: Ternární diagram pískovců z odebraných vzorků. J = jílové a prachové částice + drobné úlomky slíd, K + S = křemen + úlomky stabilních hornin, Ž + N = objem živců a úlomků nestabilních hornin (Kukal 1985).

Fig. 2: Ternary plot of the sandstones samples. J = clay and silt particles + small debris of mica, K + S = quartz + stable rock fragments, Ž + N = feldspars and unstable rock fragments (Kukal 1985).



Obr. 3: Výsledky chemické analýzy vynesené do A-CN-K diagramu (rokytenské slepence – kulaté prázdné značky, letovické souvrství – hranaté plné značky, balinské slepence – křížek)

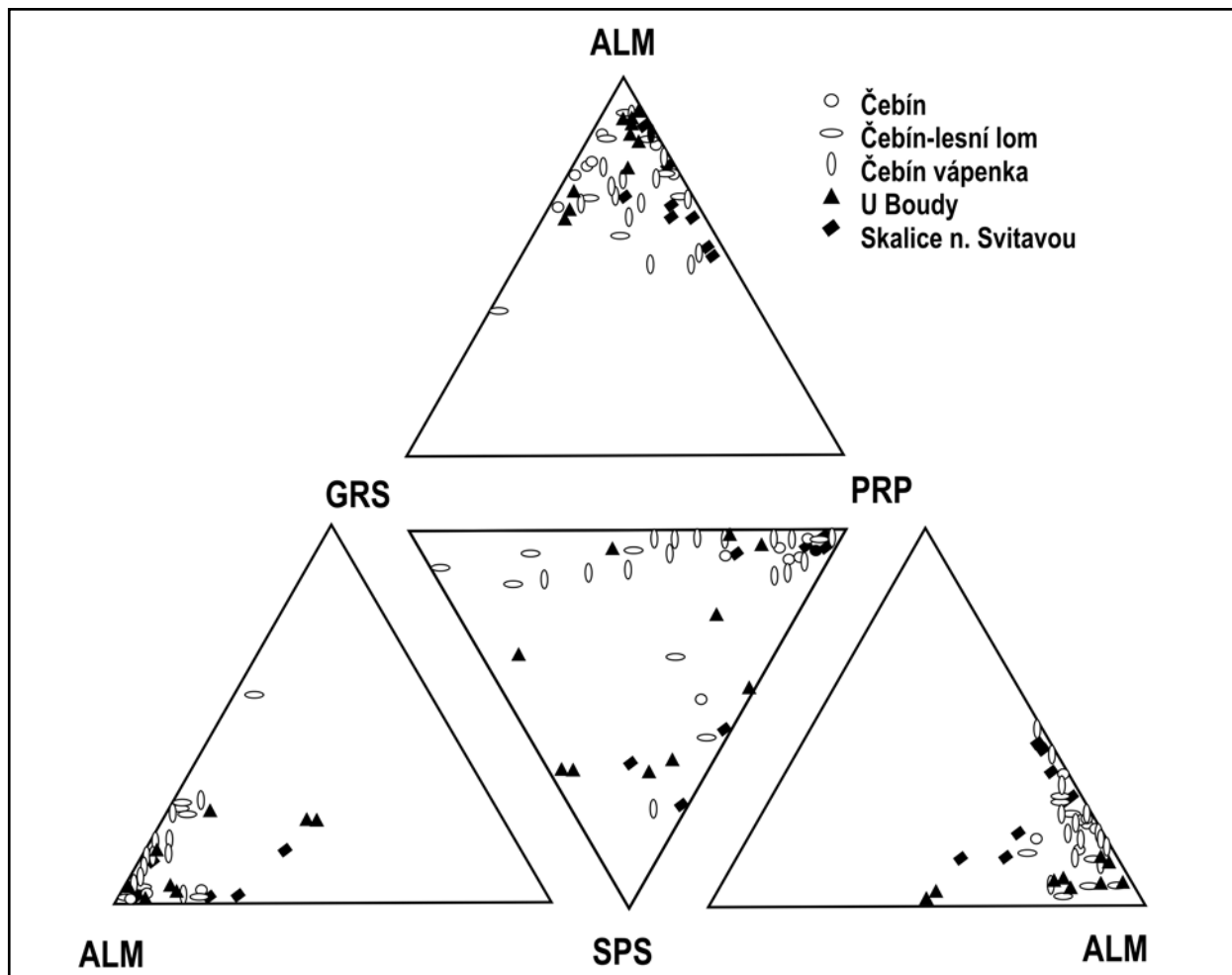
Fig. 3: Results of the chemical analysis plotted in the A-CN-K diagram (Rokytná Conglomerate – round empty features, Letovice Formation – square full features, Balinka Conglomerate – dagger).

minerálů pak 38% a podíl matrix a slíd dosahuje 18%. Tyto pískovce můžeme klasifikovat jako arkózy. V pískovcích letovického souvrství jsou křemen a stabilní minerály zastoupeny 51–69%, živce a nestabilní minerály 16–35% a matrix potom 11–16%. Tyto pískovce spadají do pole arkóz či arkózových pískovců.

Výsledky chemické analýzy pískovců byly vyneseny do A-CN-K [Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-(CaO+Na<sub>2</sub>O)-K<sub>2</sub>O] diagramu (obr. 3). Nápadná je téměř lineární distribuce bodů v diagramu a rozdílná pozice analýz pro jednotlivé litostratigrafické členy pánve. Body sledují trend nárůstu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> s klesajícím CaO+Na<sub>2</sub>O při konstantně nízkém nebo mírně rostoucím K<sub>2</sub>O. Výsledky pro lokality letovického souvrství jsou relativně koncentrovány nejbližší k vrcholu A.

Dosažené výsledky studia chemismu granátů (obr. 4) ukazují na jeho relativně pestré složení. Lze vyčlenit 7 skupin granátů. První jsou pyrop-almandiny: Alm<sub>50-83</sub>Prp<sub>14-42</sub>Grs<sub>0-10</sub>Sps<sub>1-5</sub>And<sub>0-1</sub>, která představují dominantní skupinu, když se vyskytují ve 48% analýz. Další čtyři skupiny mají velmi podobné zastoupení. Jsou to: almandinová skupina: Alm<sub>83-88</sub>Prp<sub>5-10</sub>Grs<sub>0-4</sub>Sps<sub>0-7</sub> z celkového počtu analýz se tento typ objevuje v 6%, dále grossulár-almandiny: Alm<sub>58-75</sub>Grs<sub>12-24</sub>Prp<sub>4-11</sub>Sps<sub>2-14</sub>And<sub>0-1</sub>, které jsou zastoupeny ve 13%, potom pyrop-almandiny se zvýšenou grossulárovou komponentou: Alm<sub>50-68</sub>Prp<sub>14-32</sub>Grs<sub>14-19</sub>Sps<sub>1-4</sub>

And<sub>0-1</sub>, které jsou obsaženy v 10% analýz a nakonec spessartin-almandiny: Alm<sub>40-76</sub>Sps<sub>15-38</sub>Prp<sub>2-15</sub>Grs<sub>0-20</sub>And<sub>0-4</sub>, které se tvoří v 19%. Poslední dvě skupiny mají ojedinělý výskyt a jsou to almandin-grossulárová: Grs<sub>52</sub>Alm<sub>37</sub>Prp<sub>1</sub>Sps<sub>8</sub>And<sub>2</sub> a almandin s vysokým podílem andraditové komponenty: Alm<sub>41</sub>And<sub>23</sub>Sps<sub>19</sub>Prp<sub>1</sub>. Takto pestré spektrum granátů může ukazovat na redepozici a recyklaci staršího sedimentárního materiálu do pánve. Nabízí se zejména srovnání s výsledky z hornin drahanského kulmu i vzhledem k přítomnosti valounů kulmských drobků. Při srovnání se zjištěnými typy granátů v kulmských sedimentech (Čopjaková 2007) se ukazuje, že studované granáty vykazují podobné parametry ve 4 případech. Jsou to pyrop-almandinové granáty s nízkým obsahem grossulárové molekuly a nízkým obsahem Cr (obvykle do 0,06 hmot. % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dále pyrop-almandinové granáty s vyššími obsahy grossulárové komponenty, potom granáty grossulár-almandinové s variabilním obsahem pyropové a spessartinové molekuly Alm<sub>49-80</sub>Grs<sub>6-31</sub>Prp<sub>3-17</sub>Sps<sub>0-23</sub>And<sub>0-3</sub>, a nakonec granáty z řady almandin-spessartin s významným obsahem MnO nad 10 hmot. % a nízkým obsahem grossulárové komponenty. Podle Otava et al. (2000) a Čopjaková et al. (2002) jsou detritické granáty v sedimentech svrchní části myslejovického souvrství charakteristické výraznou dominancí pyrop-almandinů (téměř 80%) nad jinými typy granátů. Zjištěná asociace



Obr. 4: Ternární diagram chemismu granátů.  
Fig. 4: Ternary plot of the chemistry of garnets.

detritických granátů tedy dovoluje předpokládat, že rozhodujícím zdrojem byly spíše horniny protivanovského, eventuálně rozstáňského souvrství.

Přítomnost rutilu byla zjištěna na všech lokalitách. Dominují rutily s obsahem Fe převyšujícím 1000 ppm, které tvoří 68,8%. To ukazuje na dominantní původ rutilu z metamorfovaných hornin. V rutilích se koncentrace Nb pohybují v rozmezí 270–3520 ppm (průměr 1955 ppm), koncentrace Cr mezi 40 a 200 ppm (průměr 894 ppm) a koncentrace Zr mezi 20 a 4740 ppm (průměr 1256 ppm). Hodnoty log Cr/Nb jsou záporné. Velmi proměnlivé koncentrace těchto prvků ukazují na dominantní původ z metapelitů (Zack et al. 2004, Triebold et al. 2005).

Provenience sedimentárního materiálu ukazuje na jeho pestrost a roli recyklace. Lze předpokládat určité rozdíly v původu a distribuci hrubšího (psefitického) a jemnějšího (psamitického) materiálu. To může ukazovat na relativně intenzivní zvětrávání ve zdrojových oblastech a redepozici v rámci pánve. Valounový materiál balinských slepenců, jehož zdroj bývá hledán v rámci přilehlých krystalinických jednotek z. od boskovické brázdy, zejména pak moravika, nebyl v horninách letovického souvrství zjištěn. Naopak podobnost ve složení valounů a částečně i spektra měřených přirozených radioaktivních prvků ukazuje na materiálovou dotaci především hrubozrnného materiálu vnitropánevního komplexu spíše z v. okraje pánve. Tato situace nemusí platit pro kompletní rozsah letovického souvrství a pro všechny zrnitostní frakce.

Určité rozdíly v petrografii valounů, minerálním složení pískovců, obsahu hlavních prvků i chemismu granátů a rutilu ukazují na roli dalšího zdroje materiálu pro pískovce letovického souvrství, než jsou horniny

pocházející pouze z v. ležících geologických jednotek. Odlišná pozice pro jednotlivé litostratigrafické členy v rámci diagramu A-CN-K potvrzuje, že jejich rozdílné složení je odrazem především rozdílného zdrojového materiálu a nikoliv zvětrávacích procesů či stupně zvětrávání. Pro část analýz shromážděných „hnízdovitě“ v centrální části diagramu (především vzorky z letovického souvrství) lze předpokládat výraznější roli fyzikálních procesů zvětrávání a redepozice, než chemického zvětrávání. Protáhlá distribuce studovaných vzorků v A-CN-K diagramu odráží nejspíše rozdílné zastoupení role zvětrávání/rozdílné jílové minerály (Borghes – Huh 2007). Určitou roli však mohly sehrát také zrnitostní rozdíly. Předpokládáme transport materiálu v ose pánve a určitou roli redepozice starší výplně pánve.

Rozdílné koncentrace K, U a Th ve vazbě k jednotlivým litostratigrafickým celkům pánve ukazují zejména na proměnlivé složení jílových minerálů, živců a slíd, což lze spojit s rozdílnou intenzitou zvětrávání a rychlostí snosu materiálu do pánve. Tuto interpretaci podporují výsledky petrografického studia výbrusů i výsledky silikátové analýzy pískovců. Zvýšené koncentrace U v rámci vnitropánevního komplexu byly zjištěny i v j. části boskovické brázdy a tyto koncentrace nejspíše souvisí s postdepozičním vývojem pánve.

Zjištěné výsledky ukazují na určité možnosti využití gammaspektrometrických měření pro detekci rozdíly ve zdrojových horninách. Interpretace rozdílných hodnot měření však není jednoduchá ani jednoznačná.

#### Poděkování

Studium bylo prováděno v rámci grantu GA ČR 205/09/1257. Za recenzi a připomínky k textu jsme vděčni J. Otavovi.

#### Literatura

- Borges, J. – Huh, Y. (2007): Petrography and chemistry of the bed sediments of the Red River in China and Vietnam: Provenance and chemical weathering. – *Sedimentary Geology*, 194, 155–168.
- Čopjaková, R. – Otava, J. – Sulovský, P. (2002): Srovnání chemismu detritických pyrop-almandinů lulečských slepenců s chemismem granátů vybraných granulitů Českého masivu. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2001*, 44–47. Brno.
- Čopjaková, R. (2007): Odras změn provenience v psefitické a psamitické frakci sedimentů myslejevického souvrství. – MS, disertační práce PFF MU, Brno.
- Hanzl, P. – Hrdličková, K. – Čtyrská, J. – Čurda, J. – Gilíková, H. – Gürtlerová, P. – Kabátník, P. – Kratochvílová, H. – Manová, M. – Maštera, L. – Neudert, O. – Otava, J. – Tomanová Petrová, P. – Šalanský, K. – Šrámek, J. – Švecová, J. – Vít, J. (2007): Základní geologická mapa ČR 1 : 25 000 s Vysvětlivkami, list 24-321 Tišnov. 1–84.
- Jaroš, J. – Malý, L. (2001): Boskovická brázda. – In: Pešek J. (ed.): *Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví v České republice*. ČGÚ, 243 s. Praha.
- Otava, J. – Sulovský, P. – Čopjaková, R. (2000): Změny provenience drohahanského kulmu: statistické posouzení. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1999*, 94–98. Brno.
- Kukal, Z. (1985): Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů. 1–80, ÚÚG. Praha.
- Triebold, S. – von Eynatten, H. – Zack, T. (2005): Trace elements in detrital rutile as provenance indicators: a case study from the Erzgebirge, Germany. – *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 38, 44–145.
- Zack, T. – von Eynatten, H. – Kronz, A. (2004): Rutile geochemistry and its potential use in quantitative provenance studies. – *Sedimentary Geology*, 171, 37–58.
- Zajíc, J. – Štamberk, S. (2004): Selected important fossiliferous horizon of the Boskovice Basin in the light of the new zoopaleontological data. – *Acta musei reginae hradecensis S. A.*, 30, 5–15. Hradec Králové.