

# Geologie, petrologie a stáří pohřbených vulkanických těles v prostoru Dolů Nástup Tušimice

Geology, petrology and age of buried volcanic bodies in the area of Nástup Tušimice open cast mines

TOMÁŠ NOVOTNÝ<sup>1</sup> – VLADISLAV RAPPRIČ<sup>2</sup> – ZOLTÁN PÉCSKAY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Severočeské doly a.s., Doly Nástup Tušimice, Tušimice 7, 432 01 Kadaň; novotny.tomas@sdas.cz

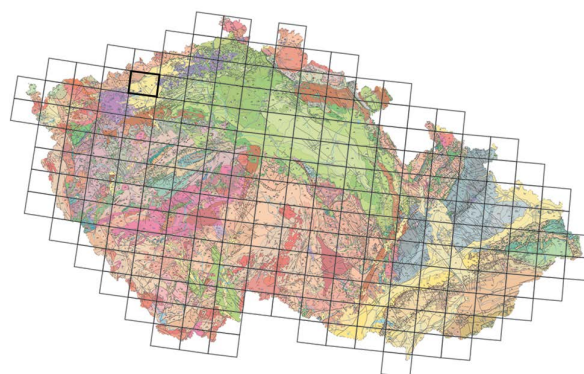
<sup>2</sup> Česká geologická služba, Klárov 131/3, 118 21 Praha; vladislav.rapprich@geology.cz

<sup>3</sup> ATOMKI, Institute of Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences, Bem tér 18/C, H-4001 Debrecen, Hungary

Please cite this article as: Novotný, T. – Rapprič, V. – Pécskay, Z. (2019): Geology, petrology and age of buried volcanic bodies in the area of Nástup Tušimice open cast mines. – Geoscience Research Reports, 52, 1, 35–43. (in Czech)

**Key words:** Doupovské hory Mts., Most Basin, Libouš, maar, lava, Oligocene, K-Ar geochronology

**Summary:** The area between the České středohoří Mts. and Doupovské hory Mts. within the Eger (Ohře) Rift was filled with Miocene sediments of the Most Basin (cf. Rajchl et al. 2009). Tens to hundreds of metres thick sediments of this basin buried numerous local volcanic bodies. Nevertheless, several of them were found and documented below the Miocene sedimentary sequence due to exploratory drilling and extraction of the coal seam. The present study provides data on three volcanic bodies occurring in the northern part of the Tušimice mining area owned by the North Bohemian Mines Co. The investigated volcanic bodies consist of one maar-diatreme volcano associated with a lava flow (Pruněřov diatreme and Pruněřov lava –see Fig. 1), two smaller possible conduits connected with another lava flow (Merkur lava), and a larger lava flow without documented vent (Spořice lava in Figs 1 and 2). These volcanic bodies are arranged in E-W direction,



(02-33 Chomutov)

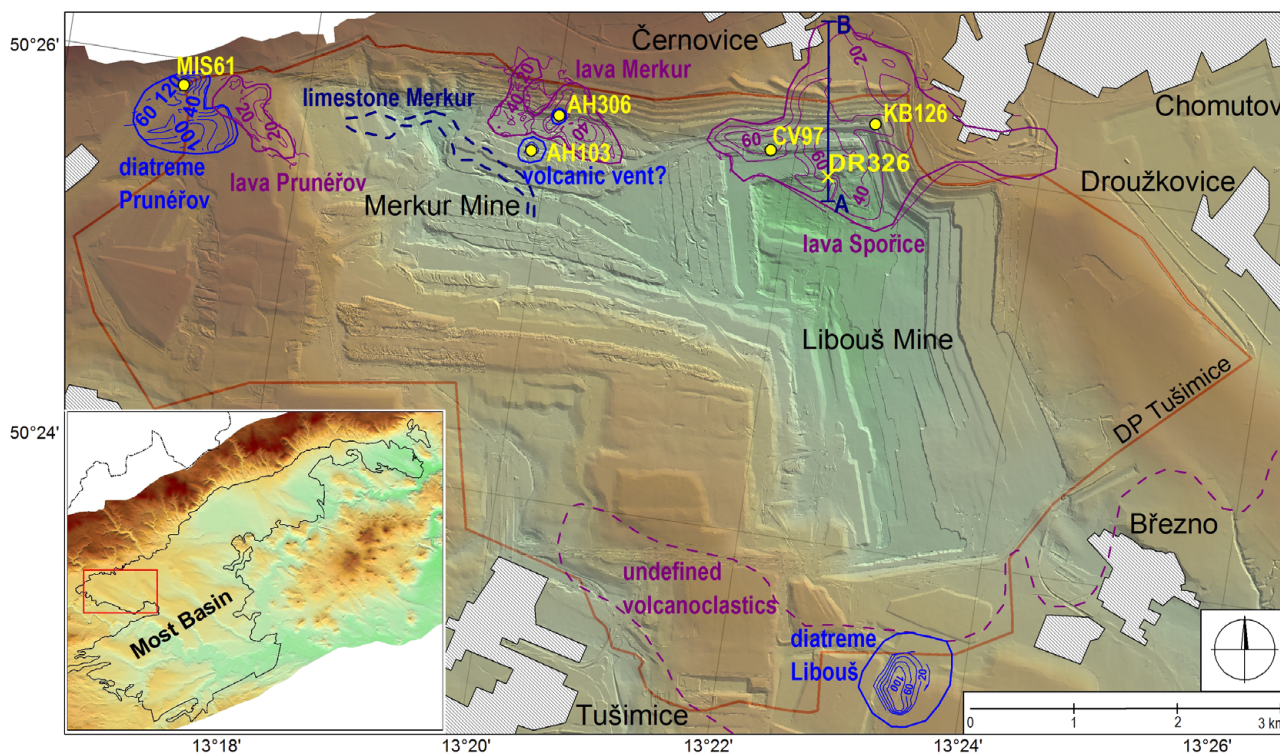
which may follow a fault zone. The Spořice lava was sampled for further petrological and geochronological investigations. The rock is classified as analcimized olivine leucite with minor nepheline (Fig. 4). The alteration of the rock is demonstrated by decomposed olivine and by analcimization of leucite. Steep chondrite-normalized REE-pattern (Fig. 4c,  $La_N/Yb_N = 24.31$ ) indicates low degree of partial melting in mantle source. Negative K and Rb anomalies in the primitive mantle-normalized pattern (Fig. 4d) are interpreted in terms of leucite analcimization and mobilization of liberated K and Rb ions. The alteration of the rock is also implied from the positive Pb anomaly. The study of weathering profile starting with the relatively fresh rock up to the argillized rims of the examined volcanic body revealed a significant decrease in Ba and Sr, and slight decrease in Zr (Fig. 5, Table 2). On the other hand, the Nb contents remain unaffected by the weathering processes. Based on the K-Ar geochronological data ( $30.57 \pm 3.23$  Ma) it may be concluded that the lava was emplaced in Early Oligocene (at any time in 33.8–30.6 Ma range).

Intenzivní vrtný průzkum a těžba hnědého uhlí v mostecké pánvi pomohly upřesnit mimo jiné také rozsah výskytu neovulkanitů v podloží hlavní uhelné sloje. V dobývacím prostoru Dolů Nástup Tušimice v západní části mostecké pánve se na základě vrtného průzkumu podařilo zmapovat několik výskytů neovulkanitů efuzivního a explozivního typu, stářím odpovídajících střežovskému souvrství (Domáci 1975). Většinu z nich zakrývá miocenní hnědouhelná sloj, a proto nikdy nemohly být blíže zkoumány ve formě rozsáhlejších odkryvů. Problém podrobnějšího popisu těles spočívá v jejich silné přeměně (zjílovění vulkanitů), která většinou dosahuje takové míry, že je obtížné rozeznat vulkanoklastický materiál od zjílovělé lávy. Nejzajímavější těleso diatremy Libouš s maarovou výplní bylo v minulosti již popsáno (Brus – Humník 1984, Mach 2017, obr. 1), za-

tímco ostatní výskyty vulkanitů byly předmětem orientačního studia pouze pro potřeby báňského provozu a nebyly nikdy v dostatečné míře představeny širší odborné veřejnosti. Během těžby uhlí místy došlo – vzhledem ke složité morfologii báze sloje – k částečnému odkrytí vulkanických těles. Jeden z největších a zároveň poslední takový odkryv byl podrobně dokumentován v roce 2015 v severní části lomu Libouš, který je spolu s lomem Merkur součástí Dolů Nástup Tušimice.

## Geologická stavba

Mostecká pánev je miocenní sedimentární výplň centrální části oherského riftu (např. Rajchl et al. 2009), v prostoru



Obr. 1. Přehledná mapa výskytu kenozoických vulkanických těles v DP Tušimice. Vrstevnice odpovídají mocnosti zastižených těles v metrech. Fig. 1. Overview map with occurrences of Cenozoic volcanic bodies within the Tušimice mining area. Contour lines correspond to thickness of volcanic bodies in m.

mezi oligo-miocenními vulkanickými komplexy Doupovských hor (např. Rapprich – Holub 2008) a Českého středohoří. K oligocenní vulkanické činnosti docházelo i v prostoru mezi oběma komplexy, ale zdejší vulkanické produkty později pohřbila miocenní sedimentace. Vedle již zmíněné paleogenní diatremy Libouš (Brus – Hurník 1984, Mach 2017) vyplývá z vrtného průzkumu výskyt minimálně jedné další diatremy, blíže neurčených přírodních drah a tří efuzivních těles (obr. 1). Kromě diatremy Libouš jsou všechny zkoumané výskytu situovány v severní části dobývacího prostoru Tušimice, kde jsou nápadně seřazené do linie směru V-Z. Kromě samotných vulkanitů se na této linii nachází těleso sladkovodních vápenců hydrotermálního typu a doposud v uvedeném prostoru intenzivně vyvěrá  $\text{CO}_2$  původem ze svrchního pláště (Mach et al. 2017). To potvrzuje možnost existence hluboké zlomové struktury využitě pro výstup magmatu, kterou zde předpokládají také Rajchl et al. (2009), ale interpretují její vznik o několik milionů let později při tvorbě iniciálních depocenter mostecké pánve. Nejzápadnější z vulkanických těles u Pruněrova je podle vrtných profilů tvořeno převážně vulkanickou (freatomagmatickou) brekcií. Hojné klasty rul a bazaltoidní horniny dosahují velikosti desítek centimetrů. V základní hmotě brekcie jsou občas popisovány lupínky biotitu, např. ve vrtu MIS61 (archiv Severočeských dolů a.s., obr. 1), který ani v hloubce 112,0 m nenašel na podloží. Brekcie, místy proložená jemnozrnnějšími polohami, přesahuje stometrovou mocnost. Výplň i plošným rozsahem (v průměru ~ 1 km) odpovídá brekcie výplni spodní části maarového vulkánu, tedy freatomagmatické diatremě. V okolí této dia-

trémy byly v minulosti dokumentovány v menších, většinou zvětřalých povrchových výchozech proniky bazaltu a také polohy tufů a „tufitů“ (Marek 1988). Zatímco diatremu u Pruněrova ověřilo několik desítek vrtů, tak v prostoru lomu Merkur byly další nenápadné pravděpodobně přírodní dráhy zjištěny pouze několika málo vrty (např. AH306, AH103: archiv Severočeských dolů a.s., obr. 1). Přírodní dráhy vytvářejí v geologickém modelu podloží nápadně deprese „zahlubující se“ do podložních rul. Ve vrtných profilech jsou v základní pestrobarevné hmotě rovněž zmiňovány ostrohranné úlomky ruly a zjiřlovělého vulkanitu o velikosti až 15 cm. Vztah těchto přírodních drah k výskytům efuzivních těles je poněkud nejasný vzhledem k jejich výškové diferencii, efuzivní tělesa jsou zde totiž uložena na zřejmě již předmiocenním, jižně orientovaném svahu.

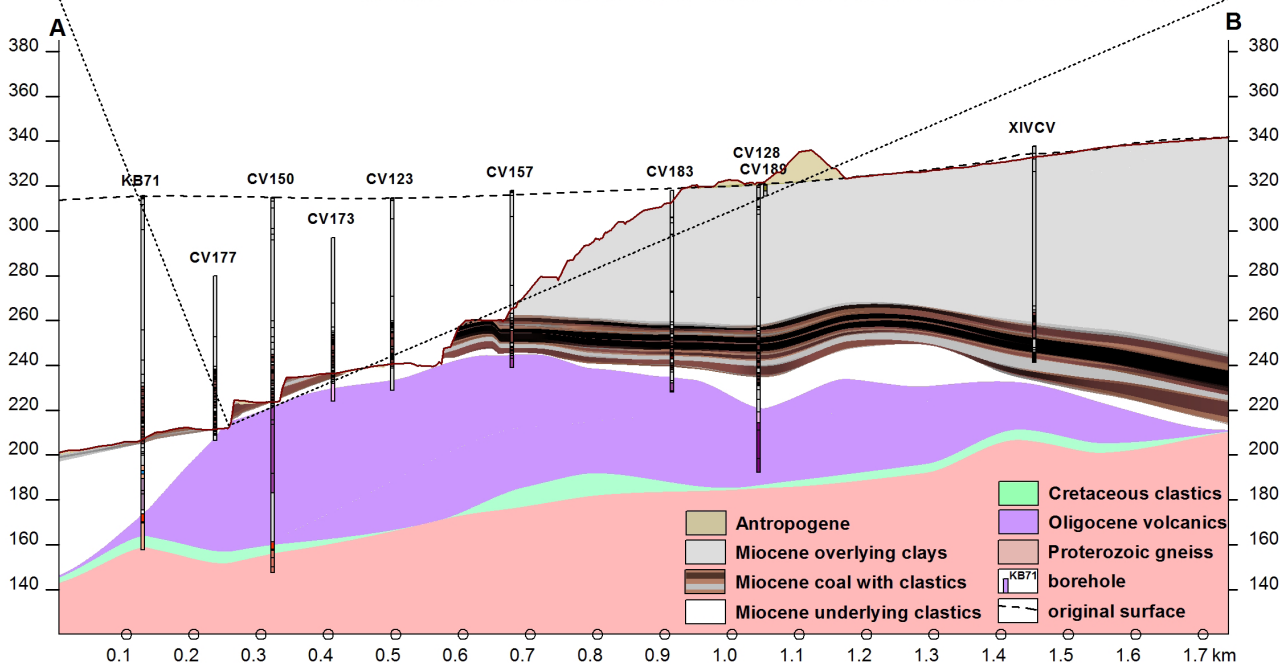
Vulkanoklastika střešovského souvrství (mocná obvykle do 30 m) se bez patrné vazby ke konkrétním přírodním drahám vyskytují také v jižní části DP Tušimice v blízkosti střešovského zlomu (obr. 1). Mnohem plošnějším rozšířením dosahují tzv. „tufitické jíly“, jejichž vulkanogenní povaha je problematická. Tento vžitý termín obvykle zahrnuje pestrobarevné jíly, někdy brekciovitě stavby, s vyšším obsahem prvků (např. Ti, Cr, Sr, Nb, Ba, Zr) typických pro zvětřaliny vulkanitů (např. Elznic et al. 1998) a nelze je tedy považovat přímo za pyroklastika.

Výlevy bazaltových láv byly ověřeny na třech lokalitách (obr. 1). Nejzápadnější lávový proud u Pruněrova, výrazně protažený ve směru SZ-JV, pravděpodobně souvisí s diatremou Pruněrov. V blízkosti přírodních drah Merkur se pak vyskytuje další lávový proud a plošně nejrozsáhlejším

efuzivním tělesem je výskyt u Spořic. Tělesa lávových proudů Merkur a Spořice byla v nedávné době částečně obnažena postupujícími lomy.

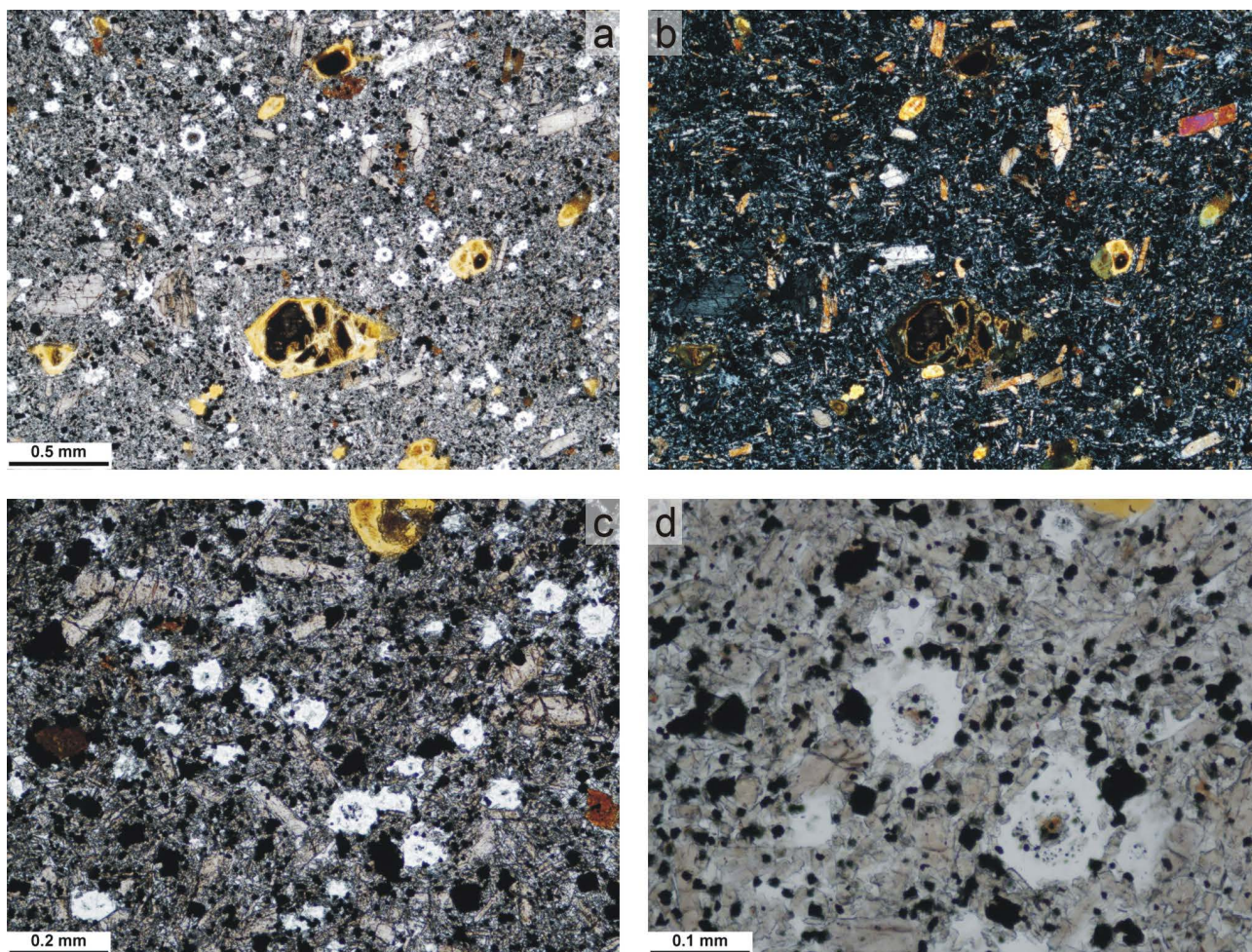
Všechny tři výskyty se po litologické stránce velmi podobají. Převážně jde o zjilovělá tělesa s kulovitými jádry pevnější horniny ve svrchních částech přecházejících do méně zvětralých poloh s identifikovatelnými vyrostlicemi jednotlivých minerálů (převážně pyroxenů) v poměrně zdravé bazaltoidní hornině. Pukliny v horninách často vyplňují karbonáty a jílové minerály. V některých vrtech jsou v podloží a nadloží, ale i uvnitř těchto lávových proudů popisovány také tufy, aglomerátové tufy a tufty. Vzhledem ke stupni zvětrání těchto poloh je však

někdy složité rozeznat, zda jsou to např. silně alterované porfyrické bazaltoidy nebo autoklastické brekcie lemující jednotlivé lávové proudy, a nelze ani vyloučit přítomnost pyroklastických poloh. Také plošné rozšíření jednotlivých typů se obtížně stanovuje. Nejde tedy pouze o efuzivní tělesa, ale o komplex vulkanitů s převahou efuzivních členů. Mocnost těchto těles se pohybuje v prvních desítkách metrů, např. vrty CV97 a zejména KB126 (archiv Severočeských dolů a.s., obr. 1 a 2) u Spořic provrtaly až 60 m mocný, převážně efuzivní komplex. Z průběhu povrchu krystalinika a mocnosti tělesa Merkur je patrné, že 1–2 lávové proudy sledovaly paleoúdolí směřující převážně jižním směrem.



Obr. 2. Geologický řez s vyznačeným odkryvem zjilovělého tělesa vulkanitu, situovaného pod bází hlavní uhelné sloje v severní části lomu Libouš. Délka odkryvu ~ 60 m. Situace v roce 2015.

Fig. 2. Geological section with highlighted exposure of argillized volcanic body underlying the Main Coal seam in northern part of the Libouš open cast mine. The exposure is 60 m long. State in the year 2015.



Obr. 3. Mikrofotografie studované horniny od Spořic. a, b – drobně porfyritická struktura s drobnými vyrostlicemi olivínu (a – plošně polarizované světlo PPL, b – zkřížené nikoly); c – pseudomorfézy analcimu po leucitu v základní hmotě (PPL); d – detailní pohled na analcimové pseudomorfézy po leucitu se zřetelnými koronami inkluzí klinopyroxenu a magnetitu (PPL).

Fig. 3. Photomicrographs of studied lava from Spořice. a, b – finely porphyritic texture with small olivine phenocrysts (a – plane-polarized light PPL, b – crossed nicols); c – analcite pseudomorphs after leucite in groundmass (PPL); d – a close-up view of analcite pseudomorphs after leucite with distinct coronas of clinopyroxene and magnetite inclusions (PPL).

V letech 2012–2015 byly při dotěžování porubní fronty v severní části lomu Libouš příležitostně odkrývány nejsvrchnější partie vulkanického tělesa u Spořic. Největší odkryv dosáhl délky ~ 60 m při zastizení zhruba šestimetrové mocnosti vulkanitu. Ačkoliv jsou vulkanická tělesa do hloubek 10–20 metrů zjílovělá (obr. 2), podařilo se v tomto odkryvu nalézt méně zvětralé kulovité kusy bazaltoidů, vhodné pro geochemické a geochronologické analýzy. V odkryvu bylo možno pozorovat poměrně ostrý přechod hlavní uhelné slaje do hnědošedých jííl s uhelnou příměsí a následně do nazelenalých jííl již s podílem zvětralin vulkanitu a s výskytem drobných ohlazových plošek (slicken sides) a prouhelnělých kořínků, svědčících o půdotvorbě na stropu vulkanitu. Pod těmito jíily se nachází vlastní zjílovělé těleso vulkanitu, ve kterém se stupeň zvětrání směrem do hloubky snižuje. Nejsvrchnější, 1–3 m mocnou část představuje vulkanit charakteru šedozeleného jíilu s nevýrazně zachovalou původní texturou a s ojedinělými kulovitými jádry méně zvětralé původní horniny. Těchto jader ve spodních 2–4 m odkryvu postupně přibývá

a hornina již dostává vzhled balvanitě odlučného efuzivního tělesa. Původní hornina je v této poloze silně zjílovělá už jen podél puklin, které místy bývají vyplněny karbonáty. V počátečních fázích rozšiřování rašelintovného močálu v miocénu tato vulkanická elevace pravděpodobně vyčnívala nad okolí a pod úroveň hladiny močálu se dostala až později. V důsledku tohoto vývoje se na vulkanické elevaci vyvinula vrstva rašeliny o menší mocnosti než v okolí. Diferenciální kompakce následně uložené rašeliny vedla ke vzniku diagenetických poklesových zlomů, obvykle vyvinutých při okrajích tělesa vulkanitu (obr. 2 a 5). Místo přírodní dráhy efuzivního tělesa Spořice se nepodařilo vrtným průzkumem zjistit.

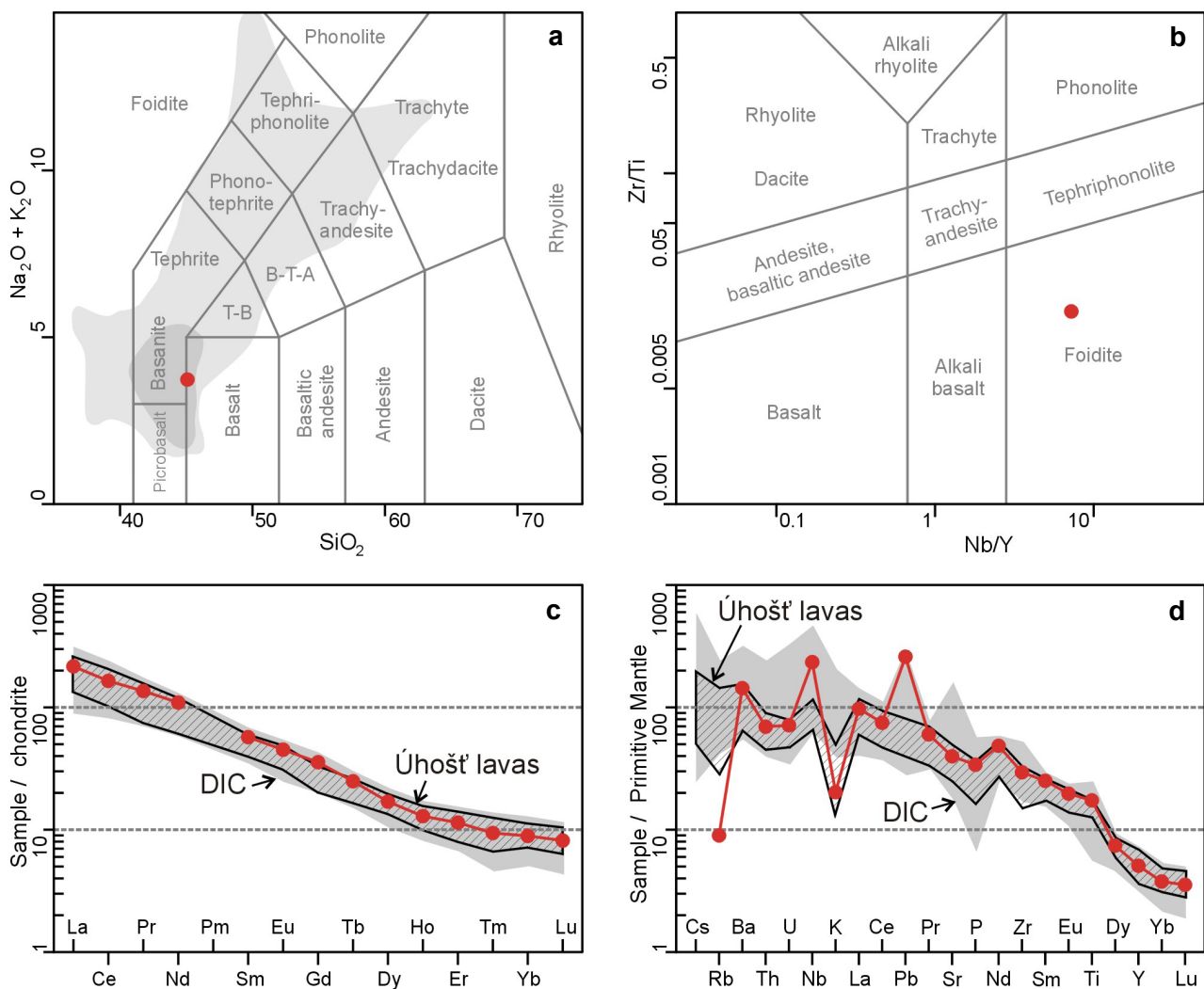
## Petrologie

Jedno z větších zdravých jader vulkanitu bylo ovzorkováno na petrologické a geochronologické analýzy (vzorek DR326, poloha odkryvu na obr. 1). V mikroskopu je patrná drobně

porfýrická struktura s drobnými vyrostlicemi zcela alterovaného olivínu do 0,5 mm, ojediněle až 1 mm (obr. 3a, b). Vyrostlice klinopyroxenu a nehojného biotitu dosahují 0,3 mm, ojediněle až 0,5 mm. V základní hmotě jsou patrné také hojné analcimové pseudomorfózy po leucitu (obr. 3c), obklopené jemnozrnnou směsí klinopyroxenu, magnetitu, olivínu a řídce i anhedrálního nefelinu. Analcimové pseudomorfózy po leucitu mají dobře viditelný osmiboký průřez a charakteristickou korunu tvořenou inkluzemi klinopyroxenu a magnetitu (obr. 3d). Lávu od Spořic proto klasifikujeme jako analcimizovaný olivinitický leucitit s nefelinem.

Chemické analýzy této lávy byly provedeny v laboratorích České geologické služby. Metodiku stanovení oxidů hlavních prvků popisuje detailně Dempírová et al. (2010). Koncentrace vybraných stopových prvků (Ba, Cr, Ga, Hf, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Sr, Th, U, V, Y, Zr) včetně prvků vzácných zemin byly stanoveny hmotovým spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) ThermoFisher Scientific X Series II. Detaily analytických postupů shrnuli Walther et al. (2016). Výsledky chemických analýz jsou uvedeny v tab. 1.

V klasifikačním diagramu TAS (Le Maitre et al. 2002) spadá hornina na rozhraní polí bazanitu a bazaltu (obr. 4a),



Obr. 4. Chemické složení studované lávy. a – klasifikační diagram TAS (Le Maitre et al. 2002), šedé pole označuje rozsah složení hornin doupovského komplexu (upraveno podle Holuba et al. 2010); b – klasifikační diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996); c – obsahy prvků vzácných zemin normalizované na složení chondritu (Boynton 1984), pro srovnání zobrazeny rozsahy složení hornin doupovského intruzivního komplexu (DIC, Holub et al. 2010) a láv doupovského komplexu reprezentovaných sekvencí Úhoště (Rapprich – Holub 2008); d – obsahy stopových prvků normalizované na složení primitivního pláště (Sun – McDonough 1989), zobrazeny rozsahy složení stejných komplexů jako na obr. 4c.

Fig. 4. Chemical composition of studied lava. a – classification diagram TAS (Le Maitre et al. 2002), the grey field displays the compositional variation of rocks from the Doupovské hory Volcanic Complex (adapted after Holub et al. 2010); b – classification diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996); c – REE contents normalized to chondrite (Boynton 1984), rocks chemistry plots from the Doupov Intrusive Complex (DIC, Holub et al. 2010) and Doupovské hory Volcanic Complex lavas (Rapprich – Holub 2008) are shown for comparison; d – trace element contents normalized to primitive mantle (Sun – McDonough 1989), the compositional variation of the same complexes as in Fig. 4c are shown.

což neodpovídá petrografii, neboť hornina neobsahuje plagioklas. Zdálnivý posun ke kyslejšímu složení souvisí s hydratací (celkový obsah vody přes 5 hmot. %, viz tab. 1) v důsledku analcimizace leucitu (obr. 3c) a slabé alterace celé horniny, viditelné zejména na vyrostlicích olivínu (obr. 3a). Chemická klasifikace takto alterované horniny se tedy musí opírat o relativně nemobilní prvky. V klasifikačním diagramu Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996, obr. 4b) se již vzorek DR326 promítá do pole foiditu, tedy v souladu s petrografickou klasifikací. V multivariačním chondritem normalizovaném grafu (Boynton 1984, obr. 4c) má křivka průběh totožný se subvulkanickými horninami doupovského intruzivního komplexu (Holub et al. 2010), stejně tak jako s lávami doupovského komplexu (např. Rappich – Holub 2008). Strmý průběh normalizované křivky ( $La_N/Yb_N = 24,31$ ) pak svědčí o nízkém stupni parciálního tavení ve zdrojovém plášti. Při normalizování obsahů stopových prvků na složení primitivního pláště (Sun – McDonough 1989, obr. 4d) vykazují výsledná křivka

vedle kladné anomálie Pb také záporné anomálie K a Rb. Silný úbytek K a Rb je nejspíše postmagmatického původu a pravděpodobně souvisí s degradací leucitu. Tento jev tak přetiskl původní předpokládatelnou negativní anomálii K, charakteristickou pro většinu kenozoických alkalických hornin Evropy, která je dávana do souvislosti s přítomností reziduálního amfibolu ve zdrojovém plášti (např. Wedepohl – Baumann 1999; Wilson – Downes 2006). S postmagmatickými alteračními procesy nejspíše souvisí i zvýšený obsah Pb (18,4 ppm), který vysoce přesahuje hodnoty udávané z kenozoických alkalických bazaltoidů a je srovnatelný pouze s hydrotermálně flogopitizovaným bazaltoidem z lemu doupovského intruzivního komplexu (Holub et al. 2010).

Na dokumentovaném odkryvu lávy u Spořice bylo také provedeno orientační XRF měření ručním rentgenfluorescenčním přístrojem Niton XL3t GOLDD+. Z toho vyplynul celkem očekávaný nárůst obsahu typických „vulkanogenních“ prvků (Zr, Sr, Ba atd.) směrem z báze

Tabulka 1. Výsledky chemické analýzy vzorku DR326  
Table 1. Results of chemical analysis of the sample DR326

sample	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Total
DR326	42.40	3.77	12.30	6.49	4.19	7.88	0.14	12.62	2.90	0.61	0.74	0.21	0.04	4.49	0.84	99.63

sample	Ba	Cr	Ga	Hf	Nb	Ni	Pb	Rb	Sc	Sr	Th	U	V	Zr	Y
DR326	1 002	62.9	21.8	8.6	167	46.6	18.4	5.7	39.1	840	5.9	1.5	436	330	23.09

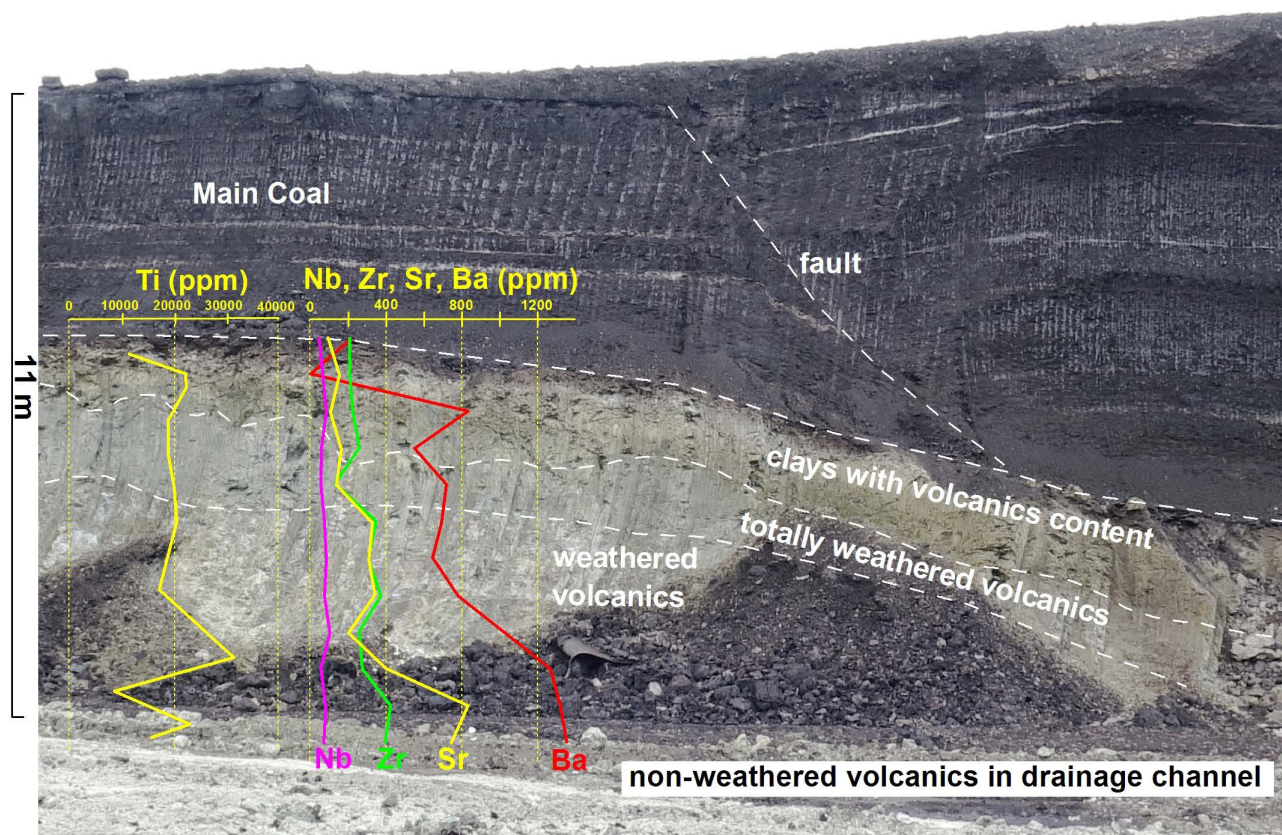
sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
DR326	67.03	132.98	16.60	65,68	11.14	3.31	9.22	1.18	5.47	0.93	2.40	0.30	1.86	0.26

Oxidy hlavních prvků v hmot. %, stopové prvky včetně REE v ppm.  
Oxides of major elements in wt.%, trace elements including REE in ppm.

Tabulka 2. Chemická variabilita ve zvětrávacím profilu studované lávy Spořice (obr. 5)  
Table 2. Chemical variability in the weathering profile of the studied lava Spořice (Fig. 5)

m	Zr	Sr	Rb	Mn	Cr	Ti	Ca	K	Ba	Nb	Al	Si
0.5	201	100	10.2	< LOD	260	11 563	6 173	2 235	218	37.6	30 517	138 849
0.8	203	149	90.3	< LOD	67.4	22 162	12 213	17 954	< LOD	63.1	164 554	430 698
1	222	111	7.5	1133	542	22 400	24 143	1 808	831	80.2	31 619	121 909
1.5	261	161	6.0	< LOD	689	18 830	10 174	2 055	554	48.0	37 968	181 589
2	129	135	5.6	2 376	666	18 810	60 183	1 521	722	52.1	32 937	140 042
2.5	342	333	4.3	< LOD	752	20 094	16 517	2 324	695	69.3	32 683	169 222
3	303	316	7.4	450	240	20 504	21 057	1 626	648	84.8	41 278	177 279
4	371	349	4.2	384	1 056	17 046	37 972	1 875	784	67.6	32 647	154 432
5	255	199	9.8	535	316	31 356	29 606	2 302	1 015	107.8	66 674	165 707
5.5	276	395	10.3	884	186	8 373	181 517	2 413	1 275	51.2	63 242	148 577
6	422	839	20.0	1 219	230	23 022	94 597	4 374	1 331	87.1	75 100	226 378
6.2	392	748	20.8	670	205	15 600	79 017	5 625	1 363	71.4	47 496	184 789

Profil měřen od báze sloje (0m) po méně zjlovělé polohy lávového proudu (6,2 m); koncentrace v ppm.  
Profile (measured) starts at the base of coal seam (0m) and continues down to the less argillized domain of the lava flow (6.2 m). Concentrations are given in ppm.



Obr. 5. Variace obsahů vybraných prvků ve zvětrávacím profilu studované lávy. Měřeno příručním XRF analyzátozem Niton XL3t GOLDD+. Fig. 5. Variation in concentrations of selected elements in the weathering profile of the studied lava. A portable Niton XL3t GOLDD+ XRF analyser was used.

uhelné sloje do vulkanického tělesa (obr. 5), což je v souladu s dřívějšími geochemickými studiemi (např. Elznic et al. 1998). Výraznější variace obsahů některých prvků, např. Ti ve spodní části profilu, je dána především různým stupněm zvětrání relativně zachovalejších jader bazaltoidu oproti okolní zjilovělé hmotě. Obsahy málo mobilních prvků, např. Nb, jsou naproti tomu stabilní a neovlivněné zvětrávacími nebo alteračními procesy.

## Geochronologie

Ze studovaného vzorku čerstvého jádra lávy byl připraven také preparát na geochronologickou analýzu metodou K/Ar. Ze vzorku byla po rozdrcení vysítovaná frakce 0,1–0,3 mm následně opakovaně proprána deionizovanou vodou. Případné sekundární karbonáty odstranilo loužení

v kyselině octové, po kterém byl vzorek opět opakovaně proprán deionizovanou vodou a usušen. Samotnou geochronologickou analýzu pak provedla laboratoř ATOMKI maďarské Akademie věd v Debrecínu. Koncentrace draslíku byla zjištěna plamennou fotometrií se sodíkovým pufrem a lithiovým vnitřním standardem. Správnost výsledků byla ověřována mezilaboratorními standardy Asia 1/65, LP-6, HD-B1 a GL-O. Argon byl ze vzorků extrahován RF-tavením v molybdenových kelímcích a po přidání  $^{38}\text{Ar}$  spike byla plynná směs vyčištěna na Ti a SAES getrech a dusíkové pasti. Čistý Ar byl hnán přímo do hmotnostního spektrometru, kde se izotopický poměr argonu měřil při statickém modu. Další podrobnosti o metodice uvádí Balogh (1985) a Odin (1982). Výpočet stáří byl založen na rozpadových konstantách, které uvádějí Steiger a Jäger (1977).

Relativně velká chyba výsledného stáří  $30,57 \pm 3,23$  Ma (tab. 3) je dána alterací a zejména analcimizací hlavního

Tabulka 3. Výsledky geochronologické analýzy  
Table 3. Results of geochronological analysis

sample	rock	fraction dated	K (%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (ccSTP/g)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (%)	K/Ar age (Ma)
DR326	analcimized olivine leucitite	bulk-rock (0.1–0.3 mm)	0.476	$5.7044 \times 10^{-7}$	13.1	$30.57 \pm 3.23$

Analytické chyby představují  $1 \sigma$  (68% analytická spolehlivost).  
Analytical error corresponds to  $1 \sigma$  (68% confidence).

prvku nesoucího draslík, leucitu. Alterace a zejména hydratace se pak projevují v nízkém podílu radiogenního argonu (13,1 %). Díky tomu je možné brát analytické stáří jako stáří minimální a výlev studované lávy zasadit do časového rozpětí přibližně 33,8–30,6 Ma. To odpovídá spodně oligocenní etapě tvorby staršího patra doupovského komplexu a také období nejintenzivnější magmatické aktivity Českého masivu v kenozoiku (např. Holub et al. 2010).

## Závěr

- Paleogenní vulkanická aktivita probíhala i v prostoru mostecké pánve, tedy mezi oběma hlavními vulkanickými komplexy. Menší objem vystupujících magmat na jednotku plochy však vedl k vytvoření vulkanického pole s drobnými vulkány a magmatická aktivita nepokračovala do tvorby rozsáhlého vulkanického komplexu.
- Vulkanická aktivita měla freatomagmatický explozivní i efuzivní charakter, tvořící monogenetické vulkány typu maara a lávových proudů.
- V severní části Dolů Nástup Tušimice probíhala vulkanická aktivita pravděpodobně na v.-z. orientovaném zlomu, o čemž svědčí seřazení vulkanických těles v této linii.
- K vulkanické aktivitě docházelo patrně především ve spodním oligocénu, souběžně s počáteční etapou tvorby doupovského komplexu (např. Holub et al. 2010).
- Láva od Spořic má primitivní alkalický charakter blízký OIB, který odpovídá nízkoprocenním taveninám vnitroděskových kontinentálních riftů. Výrazné negativní anomálie K a Rb nejspíše odrážejí analcimizaci leucitu, která přetiskuje původní petrogenetickou negativní anomálii K, způsobenou patrně přítomností reziduálního amfibolu ve zdrojovém plášti (Wedepohl – Baumann 1999; Wilson – Downes 2006).

*Poděkování. Při výzkumu bylo využito především archivu Odboru měřictví a geologie Severočeských dolů a.s. Za pomoc při odběru horninových vzorků patří poděkování Ing. P. Coufalovi. Autoři děkují za předmětné připomínky Ing. K. Machovi, Ph.D., editorovi RNDr. V. Žáčkovi a recenzentům RNDr. P. Rojíkovi, Ph.D., a M. Radoňovi. Petrologický výzkum byl prováděn v rámci projektu 322 800 České geologické služby.*

## Literatura

- BALOGH, K. (1985): K/Ar Dating of Neogene Volcanic Activity in Hungary: Experimental Technique, Experiences and Methods of Chronologic Studies. – ATOMKI Rep. D/1, 277–288.
- BOYNTON, W. V. (1984): Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P., ed.: Rare Earth Element Geochemistry, 63–114. – Dev. Geochemistry. Elsevier, Amsterdam–New York.
- BRUS, Z. – HURNÍK, S. (1984): Explozivní vulkanické struktury v severočeské hnědouhelné pánvi. – Čas. Mineral. Geol. 29 (3), 255–269.
- DEMPÍROVÁ, L. – ŠIKL, J. – KAŠIČKOVÁ, R. – ZOULKOVÁ, V. – KRÍBEK, B. (2010): Zhodnocení přesnosti a relativní chyby stanovení hlavních složek silikátových analýz v Centrální laboratoři České geologické služby. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 326–330.
- DOMÁCÍ, L. (1975): Litostratigrafie třetihorních sedimentů v hnědouhelné severočeské pánvi. – Acta Univ. Carol., Geol. 1, 75–80.
- ELZNIC, A. – ČADKOVÁ, Z. – DUŠEK, P. (1998): Paleogeografie terciálních sedimentů severočeské pánve. – Sbor. geol. Věd, Geol. 48, 19 – 46.
- HOLUB, F. V. – RAPPRIČH, V. – ERBAN, V. – PĚCSKAY, Z. – MLČOCH, B. – MÍKOVÁ, J. (2010): Petrology and geochemistry of the Tertiary alkaline intrusive rocks at Doupov, Doupovské hory Volcanic Complex (NW Bohemian Massif). – J. Geosci. 55(3), 251–278.
- LE MAITRE, R. W., ed. – STRECKEISEN, A. – ZANETTIN, B. – LE BAS, M.J. – BONIN, B. – BATEMAN, P. – BELLINI, G. – DUDEK, A. – EFREMOVA, S. – KELLER, J. – LAMEYRE, J. – SABINE, P.A. – SCHMID, R. – SØRENSEN, H. – WOOLEY, A.R. (2002): Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. – 1–193. 2<sup>nd</sup> Edi., Cambridge Univ. Press, Cambridge–New York.
- MACH, K. (2017): Libouš diatreme, and its paleoenvironmental and paleoclimatic research potential. – Basalt 2017, Abstracts & excursion guides. – Czech Geol. Survey. Prague.
- MACH, K. – ŽÁK, K. – TEODORIDIS, V. – KVAČEK, Z. (2017): Consequence of Lower Miocene CO<sub>2</sub> degassing on geological and paleoenvironmental settings of the Ahníkov/Merkur Mine paleontological locality (Most Basin, Czech Republic). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 285/3, 235–266.
- MAREK, J. (1988): Závěrečná zpráva o výsledku inženýrsko-geologických mapovacích prací v prostoru Pruněfov – Chotutov (unpublished report). – MS Stav. geol., s. p. Praha. Archiv OMG SD, a.s.
- ODIN, G. S. (1982): Numerical dating in stratigraphy. – 1–1040. John Wiley and Sons, New York.
- PEARCE, J. A. (1996): A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: WYMAN, D. A., ed.: Trace element geochemistry of volcanic rocks: Applications for massive sulphide exploration. – Geol. Assoc. Canada, Short Course Notes 12, 79–113.
- RAJCHL, M. – ULIČNÝ, D. – GRYGAR, R. – MACH, K. (2009): Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin, Eger Graben (Central Europe). – Basin Res. 21, 269–294.
- RAPPRIČH, V. – HOLUB, F. V. (2008): Geochemical variations within the Upper Oligocene-Lower Miocene lava succession of Úhost' Hill (NE margin of Doupovské hory Mts., Czech Republic). – Geol. Quarter. 52(3), 253–268.
- STEIGER, R. H. – JÄGER, E. (1977): Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. – Earth Planet. Sci. Lett. 36, 359–362.
- SUN, S. S. – McDONOUGH, W. F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A. D. – NORRIS, M. J., ed.: Magmatism in the ocean basins. – Geol. Soc. London Spec. Publ. 42, 313–345.



- WALTHER, D. – BREITKREUZ, C. – RAPPRIICH, V. – KOCHERGINA, Y. V. – CHLUPÁČOVÁ, M. – LAPP, M. – STANEK, K. – MAGNA, T. (2016): The Late Carboniferous Schönfeld-Altenberg Depression on the NW margin of the Bohemian Massif (Germany/Czech Republic): volcano-sedimentary and magmatic evolution. – *J. Geosci.* 61, 371–393.
- WEDEPOHL, K. H. – BAUMANN, A. (1999): Central European Cenozoic plume volcanism with OIB characteristics and indications of a lower mantle source. – *Contr. Mineral. Petrol.* 136, 225–239.
- WILSON, M. – DOWNES, H. (2006): Tertiary-Quaternary intra-plate magmatism in Europe and its relationship to mantle dynamics. In: Gee, D. G. – Stephenson, R. A., ed.: *European lithosphere dynamics.* – *Geol. Soc. London, Mem.* 32, 147–166.