

## POSTKOLIZNÍ MAGMATICKÁ ŽÍLA OD DOLNÍHO ÚDOLÍ U ZLATÝCH HOR (HRUBÝ JESENÍK)

Post-collisional magmatic dyke from Dolní Údolí near Zlaté Hory (Hrubý Jeseník Mts.)

Lukáš Krmíček<sup>1</sup>, Mojmír Opletal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav geologických věd PŘF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: luk@mail.muni.cz

<sup>2</sup> Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1; e-mail: opletal@cgu.cz

(15-11 Zlaté Hory)

**Key words:** Silesicum, Vrbno Group, hercynian dyke, porphyric microdiorite, chemical composition

### Abstract

Devonian phyllites of the Vrbno Group located near village of Dolní Údolí (W of Zlaté Hory) are crosscut by undeformed 1 m thick mafic dyke. Using whole-rock geochemistry and composition of all main rock-forming minerals, we classified the rock as a porphyric microdiorite (with biotite and plagioclase phenocrysts). Trace elements of this dyke indicate post-collisional geotectonic setting. The dyke shows LREE enrichment with pronounced negative Eu anomaly. The chondrite-normalized spidergram patterns after Pearce (1983) reveal TNT (Ta-Nb-Ti) negative anomaly, which is typical for calc-alkaline lamprophyres (Rock 1991). The origin of calc-alkaline lamprophyres at the eastern margin of the Bohemian Massif (Moravo-Silesian region) may be connected with extensional gravitational collapse of the Hercynian orogen (Přichystal 1993). Cognate model can be supposed for the new microdiorite dyke.

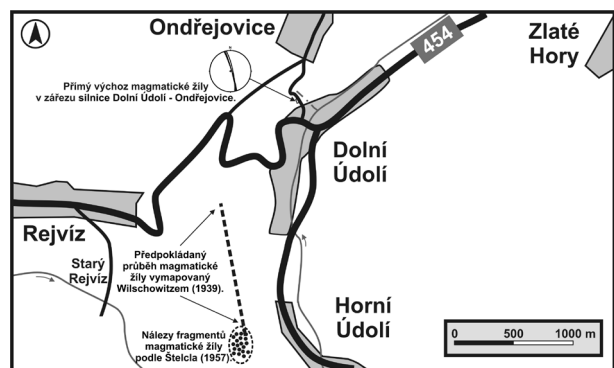
### Úvod

V moravskoslezské oblasti se můžeme setkat se zajímavými výskyty pozdněpaleozoických magmatických žil. Svým složením odpovídají hlavně lamprofyřům, případně semilamprofyřům (vyšší hodnoty SiO<sub>2</sub>); geneticky s nimi souvisí i nově popsany nález porfyrického mikrodioritu z Olšan na Drahanské vrchovině (Krmíček et al. 2006). Pozice těchto lamprofyřických magmatitů je podle Přichystala (1993) úzce spjata s gravitačním kolapsem hercynského orogenu.

### Předchozí nálezy žilných magmatitů v okolí popisované lokality

V rámci celého silezika nebyl doposud popsán přímý výchoz lamprofyřické žíly. Wilschowitz (1938, 1939) nalezl v prostoru mezi Starým Rejvízem a Horním Údolím bloky jemnozrné tmavošedé magmatické horniny s drobnými póry vyplněnými kalcitem. Podle jeho stručného popisu výbrusu se na modálním složení horniny podílí zejména špinavě hnědý biotit a lištovitý plagioklas o bazicitě oligoklasu až labradoritu. Chlorit pak představuje produkt přeměny po velmi vzácně se objevujícím diopsidu. Na základě petrografického zhodnocení usuzuje, že jde zřejmě o žílu lamprofyru-kersantitu.

Také Štelcl (1957), který Wilschowitzovu lokalitu podrobně zpracoval, nenalezl přímý výchoz. Na základě petrografického popisu se domnívá, že jde o eruptivní horninu, nejspíše žilné povahy, utuhlou nehluboko pod povrchem, která však nepředstavuje typický lamprofyř. Makroskopicky tmavošedá hornina je vyvinuta ve dvou varietách. Vyrůstlice plagioklasů jsou obklopeny ofiticky (středně zrnitá varieta) až pilotaxiticky (jemnozrná varieta) uspořádanými plagioklasy. Zajímavým struk-



Obr. 1: Topografická situace v okolí Dolního Údolí s vyznačením nálezů magmatické žíly.

Fig. 1: Topographical situation around the village of Dolní Údolí with finding of the magmatic dyke.

turním znakem jsou miarolitické dutinky vyplněné krystalově omezeným křemenem a sukcesně mladším kalcitem. Vyrůstlice plagioklasů s kyselejším okrajem odpovídají andezínu až labradoritu (50–52 % An). Mezi plagioklasy základní hmoty jsou vzácně také xenomorfně omezené draselné živce případně i křemen. Z tmavých minerálů je nejvíce zastoupen biotit (25 obj. %). Ten podléhá alteracím (chloritizace, baueritizace) a může být pseudomorfován chuchvalcovitým kalcitem. Výjimečně pozoroval ve výbrusech nepravidelně omezené krystaly připomínající štěpností pyroxen. Z akcesorií popisuje jehličkovitý apatit spolu s opaknými minerály. Na základě minerálního složení i provedených chemických analýz doporučuje označit horninu jako křemenný dioritový porfyrit, jenž může mít genetický vztah k žulovskému plutonu.

**Geologická situace studované žíly**

Přímý výchoz magmatické žíly, jejíž popis přinášíme v této práci, je vzdálen přibližně 1 km na SV od nejbližší lokality uváděné Wilschowitzem (obr. 1). Žílu našel při mapování v roce 1985 M. Opletal (Cháb – Opletal 1986). V uvedené zprávě je podrobný popis geologické situace, avšak v doprovodné mapě nebyla žíla, vzhledem k její malé mocnosti, zakreslena. Další údaje o geologii okolí Dolního Údolí publikuje Opletal (1987), ale ani zde není o žíle zmínka. Horniny mezi Dolním Údolím a Ondřejovicemi patří k vrbenenské skupině. Devonské stáří skupiny prokazuje drakovský kvarcit, který popsal a paleontologicky doložil Chlupáč (mj. 1989) mezi Rejvízem a Dolním Údolím. V tektonickém podloží kvarcitů, mezi Starým Rejvízem a Horním Údolím, jsou metagranity a blastomylonity. V přímém nadloží kvarcitů jsou fylity, které pokračují až k naší lokalitě. Ty místy obsahují ložní vločky (metrových mocností) i mocnější polohy zelených břidlic, které u Rejvízu doprovázejí také kyselé metavulkanity. Nad souvrstvím s fylity leží ondřejovické vápence (s předpokládaným svrchnodevonským stářím), které jsou oddělené násunovým zlomem.

Výchoz magmatické žíly vystupuje na jihozápadní straně zářezu silnice Dolní Údolí – Ondřejovice (30 m před zatačkou doleva), kde strmě proráží okolní fylity (obr. 2). V odkrytém profilu fylitů o celkové délce 40 m nalezneme několik ložních poloh zelených břidlic o mocnosti do 1,5 m, a také kulíšovitě uspořádané čočky sekrečního křemene. Žíla má směr SSZ–JJV se sklonem 85° k VSV, což je směr systému puklin kolmých k foliaci okolních fylitů. Ta je generálně 160/30–40° a je na ní vyvinutá lineace (jemné svaštění) 240/5. Pravá mocnost žíly je 1 m. Makroskopicky jde o jemnozrnnou šedo-zelenou (dark gray N3 podle Munsellovy barevné škály) magmatickou žílu bez patrné zonálnosti mezi centrální a okrajovou částí. Při ostrém kontaktu s okolními fylity je žilná hornina více alterovaná, a doprovází ji systém extenzních hydrotermálních žilek vyplněných krystalovaným křemenem (velikost krystalů do 0,5 cm; rostou do dutin kolmo k průběhu magmatické žíly). Magnetická susceptibilita horniny je minimální (do  $0,3 \times 10^{-3}$  SI; měřeno kapametrem KT-6).

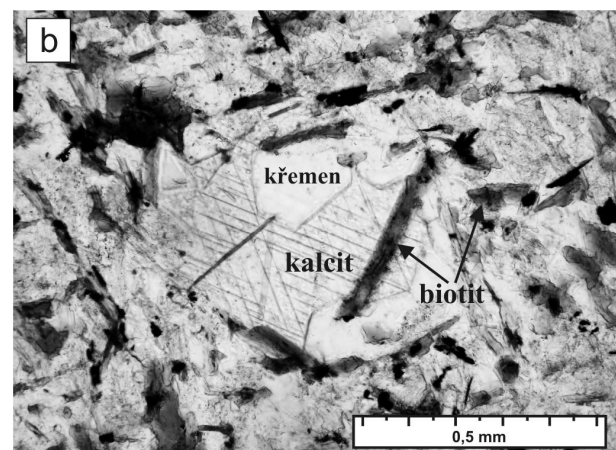
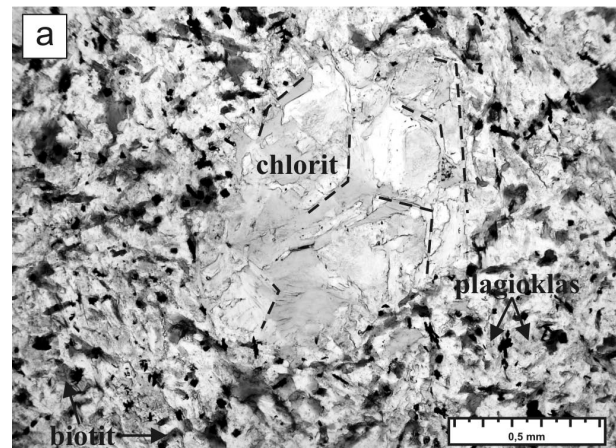


Obr. 2: Pozice žíly v zářezu cesty Dolní Údolí – Ondřejovice.  
Fig. 2: Location of the dyke in the rock cut along the road Údolí – Ondřejovice.

**Mikroskopická charakteristika**

Ve výbrusu ze studované žíly jsou patrné nehojné vyrostlice plagioklasu (do 2 mm) a biotitu (do 1,5 mm), který může rovněž vytvářet nepravidelně omezené chloritizované shluky (3 mm). Tabulkovité vyrostlice plagioklasu polysynteticky dvojčatí a jsou částečně zakalené produkty přeměn. Mohou být také obrůstány mladším čirým živcem. Biotit je pleochroický (hnědá X až zelenohnědá či zelená Y, Z) a kromě přeměny na chlorit se u vyrostlic setkáme rovněž s postupným zatlačováním karbonátem. Na přítomnost vyrostlic dalšího tmavého minerálu upomínají větší agregáty chloritů orientované podél štěpnosti původního minerálu, pravděpodobně amfibolu (obr. 3a). Nápadné avšak velmi vzácné jsou krystaly kostrovité vyvinutého ilmenitu (do 1 mm) uzavírající reliktu biotitu.

V základní hmotě dominují drobné lupínky biotitu společně s pilotaxiticky orientovanými lišovitými plagioklasy. Méně jsou pak zastoupeny nepravidelně omezené draselné živce a křemen. Na chloritizované biotity základní hmoty



Obr. 3: Chlority orientované podél štěpnosti původní vyrostlice (amfibol?) obklopené pilotaxiticky uspořádanými plagioklasy a biotity (a – fotografie výbrusu, PPL); „mandle“ s kalcitem, automorfně omezeným křemenem a biotitem (b – fotografie výbrusu, PPL).  
Fig. 3: Chlorites arranged along the cleavage of the primary phenocryst (amphibole?) surrounded by pilotaxitic groundmass of plagioclase and biotite (a – thin-section photography, PPL); „amygdale“ filled with calcite, automorphic crystals of quartz and biotite (b – thin-section photography, PPL).

je vázán výskyt hojného opakního minerálu, akcesoricky jsou také zastoupeny tenké jehlicovité krystaly apatitu. Ve výbrusu můžeme rovněž najít „mandle“ vyplněné automorfně omezeným křemenem a mladším kalcitem. Oba minerály však mohou uzavírat tenké lupínky biotitu, který se opticky neliší od biotitu zastoupeného v základní hmotě (obr. 3b). Z uvedeného popisu vyplývá, že se nejedná o typické mandle s.s., jaké známe například ze subvulkanických žilných hornin, ale spíše můžeme jejich genezi spojit s mladším magmaticko-hydrotermálním stádiem vývoje horniny.

**Studium na mikrosondě**

Chemismus jednotlivých minerálních fází byl studován pomocí elektronové mikrosondy CAMECA SX100 (analytik M. Dosbaba, PřF MU) za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr elektronového svazku 5 µm.

Nealterované části vyrostlic živců odpovídají svojí bazicitou labradoritu (An<sub>57</sub>), živce v základní hmotě a v alterovaných partiích vyrostlic dosahují bazicity kyselého oligoklasu (An<sub>12</sub>). Obtížně analyzovatelný xenomorfní draselný živec má zastoupenou také celsianovou komponentu (Or<sub>84</sub>Ab<sub>10</sub>Cel<sub>6</sub>). Tmavá slída svým chemismem odpovídá biotitu (Si = 5,4–5,8 apfu; XMg = 0,4–0,5). Biotity ve vyrostlicích i v základní hmotě vykazují obdobné variace ve složení (tab. 1). V závislosti na míře chloritizace kolísají obsahy K<sub>2</sub>O mezi 9,2–4,9 hm. %. Obsahy TiO<sub>2</sub> dosahují 3,3 hm. %, u BaO to je max. 0,5 hm. %. Analyzovaný apatit vykazuje nabožení fluorem (3,6 hm. %) a jde tedy o fluorapatit. Ilmenit s kostrovitým habitem má zastoupenou izomorfní příměs pyrofanitu (Mn 0,1 apfu; Fe 0,9 apfu).

**Chemické složení**

Chemismus horniny byl určen v analytických laboratořích ACME v Kanadě (tab. 2). Jednotlivé prvky byly stanoveny metodou ICP-MS/ES ze zvláštní navážky rozložené tavením s LiBO<sub>2</sub> a následným vyloučením pomocí HNO<sub>3</sub>.

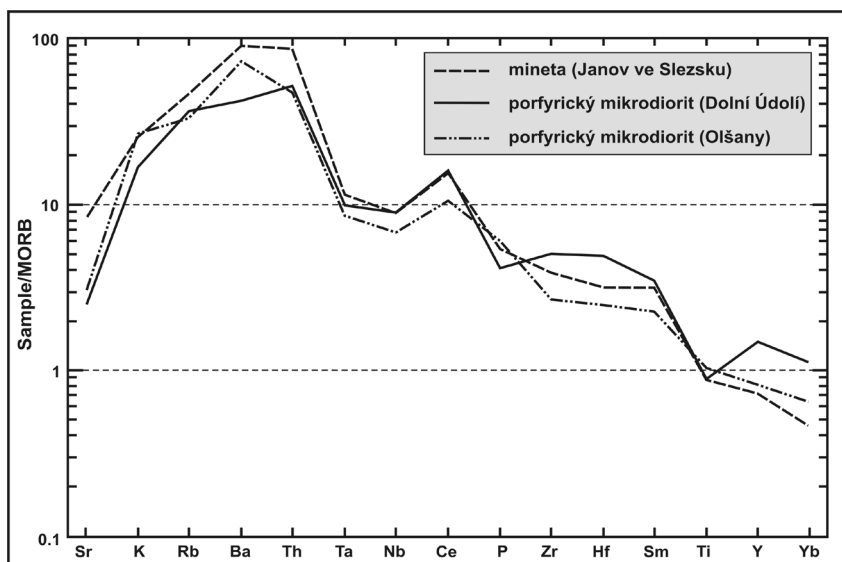
Podle obsahu hlavních oxidů SiO<sub>2</sub> (61,3 hm. %; po přepočtu na bezvodý základ), K<sub>2</sub>O (2,6 hm. %) a Na<sub>2</sub>O (3,7 hm. %) jde o horninu intermediální spadající do vysokodraselné vápenato-alkalické série. V TAS klasifikaci odpovídá studovaný vzorek dioritu. Z pohledu saturace Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16,0 hm. %) je hornina na přechodu mezi metaluminozní a peraluminozní (A/CNK = 1,01).

Stopové prvky ukazují na obohacení o litofilní prvky s velkým iontovým poloměrem a nízkým nábojem (Ba 842 ppm) i relativně vyšší obsahy některých prvků s velkým iontovým potenciálem (Zr 457 ppm) a deficitem u Ta (1,8 ppm). Méně zastoupené transitní kovy (Cr 48, Ni 22 ppm) společně s nižší relativní hořečnatostí mg# = 100Mg/(Mg+Fe<sub>TOT</sub>) = 40,1 ukazují na možný vliv frakční krystalizace, uvažujeme-li plášťový zdroj primárního magmatu. V geotektonických diskriminačních diagramech spadá studovaný vzorek do pole kontinentálního vápenato-alkalického bazaltu. Diskriminační diagram 3xZr-50xNb-Ce/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Müller – Groves 2000) řadí intruzi do postkolizního geodynamického prostředí. Obsah prvků vzácných zemin je vysoký (ΣREE = 351 ppm). Průběh normalizované křivky (normalizační hodnoty podle Boyntona 1984) ukazuje na frakcionovanou horninu (Ce<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> = 10,71) s nabožením o LREE (Ce<sub>N</sub>/Sm<sub>N</sub> = 3,34). Přítomnost frakčně krystalizovaného plagioklasu dokumentuje negativní Eu anomálie (Eu/Eu\* = 0,63; Rollinson 1993).

	biotit					živec				ilmenit	apatit
	vyrostlice	alterovaná vyrostlice	lupínek v základ.h.	lupínek v zkl.d. h.	inkluze v ilmenitu hmotě	střed vyrostlice	okraj vyrostlice	lišta v zkl.d. h.	xenomorf. K-živec	kostrovitý habitus	jehlička v zkl.d. h.
SiO <sub>2</sub>	36,06	33,42	35,83	35,68	37,81	53,67	65,41	65,08	59,01	0,68	0,07
TiO <sub>2</sub>	3,32	0,88	3,11	1,59	1,87					50,69	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,47	15,59	15,15	15,57	16,15	27,90	20,94	20,60	19,26	0,10	
FeO	22,03	23,97	21,97	21,35	19,98	0,60	0,12	0,19	0,11	40,39	0,23
MgO	8,57	11,03	8,40	9,89	9,33					0,20	BDL
MnO	0,22	0,19	0,22	0,17	0,17	BDL	BDL	BDL	BDL	5,32	BDL
CaO	0,23	BDL	BDL	BDL	BDL	11,62	2,39	2,15	BDL	0,19	55,99
Na <sub>2</sub> O						4,51	9,97	10,22	BDL		BDL
K <sub>2</sub> O	8,25	4,90	9,23	7,67	8,82	0,37	0,09	0,10	13,43		
BaO	0,50	BDL	0,47	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	5,41	0,31	BDL
SrO						BDL	BDL	BDL	BDL		BDL
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>						BDL	BDL	0,07	BDL		40,99
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL						3,63
Cl	0,25	0,05	0,28	0,11	0,09						BDL
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BDL	0,23	BDL	BDL	BDL					BDL	
Total	93,88	90,25	94,65	92,03	94,23	98,67	98,91	98,40	97,21	97,88	100,91

Tab. 1: Mikrosondové analýzy studovaných minerálů. Obsahy oxidů uvedeny v hm. % (BDL = hodnoty pod mezí detekce).  
 Tab. 1: Microprobe analyses of the studied minerals. Contents of oxides in wt. % (BDL = values below the detection limit).

	A	B
<b>Hlavní oxidy [hm.%]</b>		
SiO <sub>2</sub>	59,84	54,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,57	14,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tot	7,71	6,99
MgO	2,61	5,74
CaO	3,78	5,83
Na <sub>2</sub> O	3,57	3,25
K <sub>2</sub> O	2,53	3,81
TiO <sub>2</sub>	1,32	1,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,51	0,66
MnO	0,14	0,11
LOI	2,1	3
TOT/C	0,33	0,26
TOT/S	0,06	0,02
<b>Total</b>	<b>99,68</b>	<b>99,58</b>
<b>Stopové prvky [ppm]</b>		
Sr	298,8	994,9
Rb	72,7	91,8
Ba	842,1	1800,8
Cs	2	4,1
Th	10,5	17,4
U	1,8	2,7
Ta	1,8	2,1
Nb	31,7	31,1
Zr	456,8	347,4
Hf	11,9	7,6
Y	45,4	21,7
Pb	1,9	12,8
Cr	48	205
Co	18,7	24,7
Ni	22,2	83,2
V	104	244
Zn	115	68
Cu	21,4	111,2
<b>Lanthanoidy [ppm]</b>		
La	64,4	78,7
Ce	160,6	155,4
Pr	16,67	18,01
Nd	65,6	61,1
Sm	11,6	10,4
Eu	2,19	2,68
Gd	9,87	6,49
Tb	1,67	1,09
Dy	7,76	3,69
Ho	1,42	0,65
Er	4,43	2,0
Tm	0,66	0,26
Yb	3,88	1,58
Lu	0,6	0,21



Obr. 4: Průběh normalizovaných křivek (podle Pearce 1983) srovnávaných hornin. Data pro porfyrický mikrodiortit z lomu v Olšanech převzata z práce Krmíčka et al. 2006.  
 Fig. 4: Normalized trace element patterns (after Pearce 1983) of the compared rocks. Values for porphyritic microdiorite (Olšany quarry) from Krmíček et al. 2006.

**Diskuze**

Podle mineralogického a geochemického popisu lze žílu označit jako porfyrický mikrodiortit (je na přechodu k porfyrickému mikrotonalitu). Srovnáním s popisy úloмок Wilschowitzze (1938, 1939) a Štelcila (1957) není vyloučeno, že může jít o ekvivalentní žílu.

Při úvahách o genezi a stáří se nabízí možnost porovnat žílu od Dolního Údolí s nedalekými výskity tmavých žil (lamprofyry až semi-lamprofyry) v okolí Janova ve Slezsku. Žíly pronikají kulm-

skými horninami andělskohorského souvrství a byly podrobně popsány v práci Dvořáka a Přichystal (1982). Pro následující srovnání připojujeme novou kompletní chemickou analýzu minety od Janova ve Slezsku, která byla rovněž zhotovena v laboratořích ACME (tab. 2, sběr A. Přichystal).

Podobně jako žíla porfyrického mikrodiortitu, vykazuje rovněž mineta nabožení o litofilní prvky (Ba 1801 ppm), případně o prvky s velkým iontovým potenciálem (Zr 347 ppm) a deficitem u Ta (2,1 ppm). Vyšší relativní hořčnatost (mg# = 61,9), společně s vyššími obsahy transičních kovů, ukazují v případě minety na užší vazbu na primární plášťovou taveninu. Stejně jako porfyrický mikrodiortit má mineta vysoké obsahy prvků vzácných zemin (ΣREE = 342,2 ppm) s nabožením u REE (CeN/SmN = 3,61). Obdobné trendy v geochemickém složení má rovněž porfyrický mikrodiortit popsán z lomu v Olšanech na Dražanské vrchovině (Krmíček et al. 2006), jehož chemismus je možné také využít při srovnání žilných magmatitů.

Obsahy stopových prvků řadí uvažované magmatické horniny do postkolizního geodynamického prostředí. Srovnatelné trendy v průběhu normalizovaných křivek naznačují jejich možnou genetickou vazbu (obr. 4). Po normalizaci stopových prvků průměrnými obsahy v MORBu (Pearce 1983) a chondritu (Thompson 1982) je navíc patrná TNT (Ta-Nb-Ti) negativní anomálie. Tato anomálie je podle Rocka (1991) typická u skupiny vápenato-alkalických lamprofyry a vykazují ji rovněž lamprofyry moravskoslezské oblasti (Krmíček et al. 2006).

Štelcl (1957) uvažoval o genetické vazbě jím nalezených úloмок magmatické žíly na žulovský pluton. Ten je dnes považován za postorogenní I-typovou intruzi vázanou (stejně jako lamprofyry v okolí Janova ve Slezsku) na svrchně karbonskou extenzní tektoniku (např. Cháb et al. 1994, Zachovalová et al. 2002). Možné vysvětlení genetických vztahů jde však již nad

Tab. 2: Chemické složení porfyrického mikrodiortitu (A – Dolní Údolí) a minety (B – Janov).

Tab. 2: Chemical composition of the porphyritic microdiorite (A – Dolní Údolí) and minette (B – Janov).

rámec rozsahu této zprávy a bude diskutováno v některé následující práci.

#### Závěr

Popsaná žíla porfyrického mikrodioritu od Dolního Údolí u Zlatých Hor strmě proráží devonské fylity vrbenské skupiny. Je pravděpodobně vázána na nejmladší fázi postkolizní intruze spojené s gravitačním extenzním kolapsem hercynského orogenu v moravskoslezské oblasti. Geochemická podobnost s magmatickými žilami pronikajícími kulmskými sedimenty u Janova či Olšan dává

předpoklad o jejich obdobném stáří a genezi. Argumenty podporující teorii genetické vazby je však nutné podpořit dalšími analytickými daty, kterými mohou být například radiogenní izotopy Sr a Nd. Pro relativní blízkost od Zlatých Hor, a dobrou polohu výchozu přímo u silnice, může být lokalita využita jako exkurzní.

#### Poděkování

Autoři děkují RNDr. L. Kráčmarovi za laskavé zapůjčení Wilschowitzovy práce.

#### Literatura

- Boynton, W. V. (1984): Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. – In: Henderson, P. (Ed.) Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, 63–114. Amsterdam.
- Dvořák, J. – Přichystal, A. (1982): Lamprophyry stefánského stáří janovsko-artmanovského antiklinoria ve Slezsku. – Sbor. geol. Věd, Geol. 36, 93–113. Praha.
- Cháb, J. – Mixa, P. – Vaněček, M. – Žáček, V. (1994): Evidence of an extensional tectonics in the NW of the Hrubý Jeseník Mts. (the Bohemian Massif, Central Europe). – Věst. Čes. geol. Úst., 69, 3, 7–15. Praha.
- Cháb, J. – Opletal, M. (1986): Geologie prognózní plochy Rejvíz – Ondřejovice. Závěrečná zpráva s mapami 1 : 10 000. – MS, Čes. geol. služba. Praha.
- Chlupáč, I. (1989): Fossil communities in the metamorphic Lower Devonian of the Hrubý Jeseník Mts., Czechoslovakia. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 177, 3, 367–392. Stuttgart.
- Krmíček, L. – Přichystal, A. – Halavínová, M. (2006): Objev a genetický význam porfyrického alkalickoživcového mikrodioritu (dioritového porfyritu) v Olšanech na Dražanské vrchovině. – Geol. Výzk. Mor. Slez. v Roce 2005, 98–101. Brno.
- Müller, D. – Groves, D. I. (2000): Potassic igneous rocks and associated gold–copper mineralization. – 1–225, Springer, Berlin – Heidelberg – New York.
- Opletal, M. (1987): Stavba krystalinika mezi Rejvízem a Ondřejovicemi v severní části Hrubého Jeseníku. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1985, 145–147. Praha.
- Pearce, J. A. (1983): Role of sub–continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. – In: Hawkesworth, C. J. – Norry, M. J. (Eds.) Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva, 230–249. Nantwich.
- Přichystal, A. (1993): Vulkanismus v geologické historii Moravy a Slezska od paleozoika do kvartéru. – In: Přichystal, A., Obstová, V., Suk, M. (Eds.): Geologie Moravy a Slezska, 59–70. MZM a SGV PřF MU. Brno.
- Rock, N. M. S. (1991): Lamprophyres. – 1–275, Blackie. Glasgow.
- Rollinson, H. R. (1993): Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. – 1–344, Longman Group Limited, Harlow, Essex.
- Štelcl, J. (1957): Křemenný dioritový porfyrit od Rejvízu ve Vysokém Jeseníku. – Čas. Mineral. Geol. II, 3, 311–318. Praha.
- Thompson, R. N. (1982): Magmatism of the British Tertiary Volcanic Province. – Scot. J. Geol., 18, 49–107.
- Wilschowitz, J. (1938): Bericht über neues Gestein des Altwatergebirges. – Firgenwald, 11, 155–156. Reichenberg – Liberec.
- Wilschowitz, J. (1939): Kurzgefasste Geologie des Altwatergebirges mit geologischer Karte. – Troppau – Opava.
- Zachovalová, K. – Leichmann, J. – Švancara, J. (2002): Žulová Batholith: a post–orogenic, fractionated ilmenite–allanite I–type granite. – J. Czech Geol. Soc., 47,1–2, p. 35–44. Praha.