

PŘÍSPĚVEK K POZNÁNÍ PROVENIENCE VALOUNŮ VE SLEPENCÍCH SVRCHNOVISÉSKÉHO STÁŘÍ NA DRAHANSKÉ VRCHOVINĚ: VI. - SKARNOID

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF PROVENANCE OF PEBBLES FROM THE UPPER
VISÉEAN CONGLOMERATES IN THE DRAHANY HIGHTS: VI. - SKARNOID

BOHUSLAV FOJT, STANISLAV HOUZAR & MILAN NOVÁK

Abstract

Fojt B., Houzar S., Novák, M. (2009): Příspěvek k poznání provenience valounů ve slepencích svrchnoviséského stáří na Dražanské vrchovině: VI. - skarnoid. - Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 94: 129-139.

Contribution to the knowledge of provenance of pebbles from the Upper Viséean conglomerates in the Dražany Hights: VI. - Skarnoid.

The pebble of leucocratic biotite migmatite (plagioclase >> K-feldspar) with a small nodule of skarnoid rock (garnet+amphibole+magnetite+quartz) was found at locality Račice, Luleč conglomerates, Dražany Hights. Minerals from both rocks were studied in detail using electron microprobe and polarizing microscope. Thin transitional zone with An-enriched plagioclase ($Ab_{56-57} An_{43} Or_{0-1}$) is developed between skarnoid and migmatite. The mineral assemblages and chemical composition of minerals in skarnoid (almandine $Alm_{73-74} Grs_{14-16} Prp_6 Sps_{2-3} Adr_{2-3}$, grunerite $X_{Fe} = 0.63-0.64$, ferri-ferrohornblende $X_{Fe} = 0.74-75$) and in host migmatite (plagioclase $Ab_{68-72} An_{25-29} Or_{1-4}$), are similar with those from the localities of magnetite-rich amphibolites from the Polička Unit or border facie of magnetite skarn in the Pernštejn area, Svratka Unit, respectively.

Key words: skarnoid, grunerite, magnetite, almandine, Luleč Conglomerate, provenance, Dražany Culm.

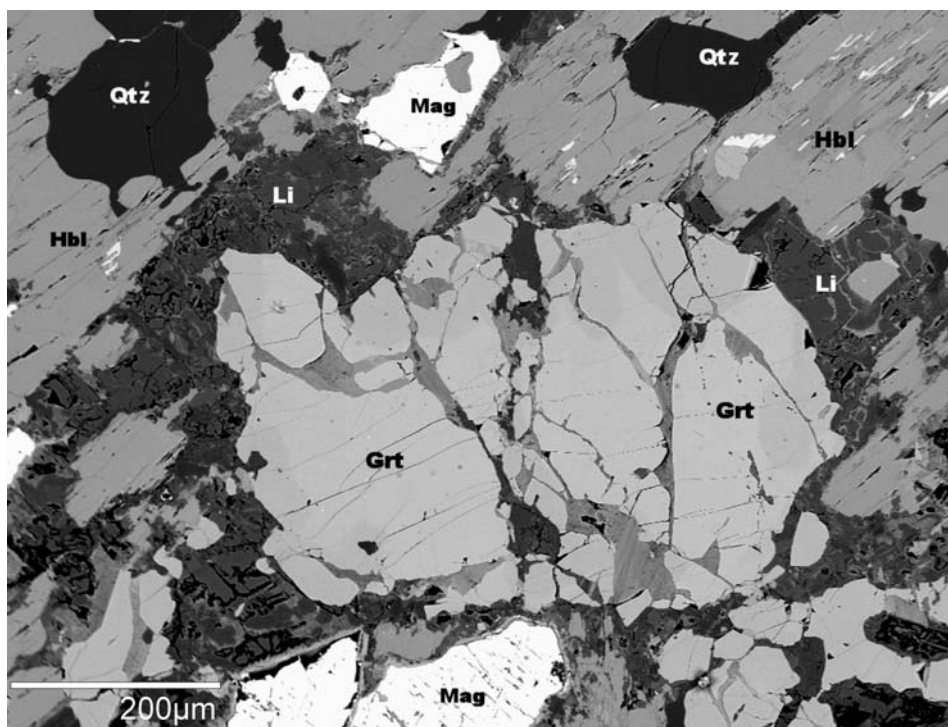
Bohuslav Fojt, Department of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic, e-mail: fojt@sci.muni.cz

Stanislav Houzar, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, e-mail: shouzar@mzm.cz

Milan Novák, Department of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic, e-mail: mnovak@sci.muni.cz

1. Úvod

Slepence, které jsou charakteristickou součástí sedimentárního komplexu Dražanské vrchoviny, jsou polymiktní, značně hrubozrnné, převážně s drobovým pojivem. Oba jejich hlavní typy, starší račické slepence a především mladší lulečské slepence, jsou typické podstatným zastoupením metamorfovaných hornin ve valounové frakci (ŠTELCL 1960, 1969, nově ČOPIAKOVÁ 2006 a nepublikovaná data jednoho z autorů /MN/). Lulečské slepence náležejí jako součást myslejoveckého souvrství dražanského kulmu k nejmladším produktům sedimentace svrchnoviséského stáří. KUMPERA a LANG (1975) je na základě goniati-



Obr. 1. BSE foto skarnoidu, foto R. Škoda. Grt - granát, Hbl - amfibol, Mag - magnetit, Qtz - křemen, Li - rozkladné produkty, převážně limonit.

Fig. 1. BSE image of skarnoid, photo R. Škoda. Grt - garnet, Hbl - hornblende, Mag - magnetite, Qtz - quartz, Li - breakdown products, mostly "limonite".

tové fauny řadí do zóny Go_3 a Go_7 (písčítá vložka ve slepencích v Lučči), radiometrické stáří zirkonu a rutilu z granulitů lulečských slepenců limitují stáří slepenců na 326 Ma a méně (KOTKOVÁ *et al.* 2007). V současnosti jsou lulečské slepence považovány za produkt hrubozrnné hlubokovodní sedimentace. Říční toky přinášely materiál ze zvedajících se bloků krystalinika k okraji pánve, odkud byl resedimentován do hlubších partií pánve, nejspíše v rámci systému tzv. kuželové delty (fan delta). Depozice a transport slepenců je spojen s gravitačními proudy (turbidity, úlomkotoky, skluzy), které probíhaly na svazích pod mořskou hladinou (NEHYBA a MASTALERZ 1995, HARTLEY a OTAVA 2001).

Petrografickému studiu slepenců Dražanské vrchoviny, jejich valounovému složení a možné provenienci se věnoval hlavně ŠTELCL (např. 1960, 1965, 1969a, b). Původ klasického materiálu hledal v oblasti krystalinika Českomoravské vrchoviny (moldanubikum, svratecké krystalinikum, moravská svorová zóna, moravikum, třebičský masív), Železných hor, devonu Moravského krasu a sedimentárního pokryvu brněnského masivu a Moravského krasu. V posledních letech se problematikou původu valounů ve slepencích Dražanské vrchoviny zabývala řada autorů. Základní petrografické studium výbrusů doplnili detailním studiem chemického složení hornin a jejich minerálů a jeho srovnáním s chemismem hornin v možných snosových oblastech. Zaměřili se především na valouny neobvyklých hornin, jejichž výskyt je v současném erozním řezu Českým masívem specifický pro určitou geologickou jednotku (VRÁNA a NOVÁK 2000, KOTKOVÁ *et al.* 2001, 2007, HOUZAR a NOVÁK 2001, 2002, BURLÁNEK a NOVÁK 2002, ČOPIJKOVÁ a NOVÁK 2003, ZACHOVALOVÁ a LEICHMANN 2004, ČOPIJKOVÁ 2006).

Valoun leukokratiho biotitického migmatitu obsahující drobnou enklávu tmavé horniny s hojným magnetitem označenou jako skarnoid z lokality Račice představuje další specifický typ horniny pro kulmské slepence. S ohledem na regionální rozšíření skarnoidů a podobných magnetitem bohatých hornin může rozšířit naše znalosti o potenciální snosové oblasti. V článku jsou prezentována základní petrografická a mineralogická data a diskuse o možném původu horniny.

2. Metodika

Chemické analýzy minerálů byly provedeny na elektronové mikrosondě CAMECA SX 100, na společném pracovišti Ústavu geologických věd, PřF MU a ČGS v Brně. Urychlovací napětí – 15 kV a proud svazku 10 nA, průměr svazku 1–5 μm , načítací časy 20 s pro hlavní prvky a 60 s pro minoritní prvky. Syntetické materiály a dobře definované přírodní minerály byly použity jako standardy. Změřená data bylo korigována automatickou korekcí PAP (POUCHOU a PICHOR 1985). Přepočty analýz byly uskutečněny programem Formula. Hodnoty $X_{\text{Fe}} = \text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Mn})$ a $X_{\text{Mg}} = \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn})$.

3. Geologie lokality

Valoun leukokratiho migmatitu s nodulí skarnoidu byl nalezen v sutí na lokalitě lučských slepenců u Račic, při severním okraji obce poblíž rybníčku Valcha (mezi lokalitami č. 24 a 27 – ŠTELCL 1960). Podle ŠTELCLA (1960) převládají na této oblasti ruly (asi 60 %), dále pískovce (asi 28 %) a droby (5–8 %). Naše výzkumy ale ukazují, že valounové složení je na této lokalitě podstatně odlišné a mnohem pestřejší. Valounová analýza z výchozu asi 20 m na S od místa, kde byl valoun nalezen, poskytla následující data: leukokratiho migmatit s biotitem 22 %, biotitická rula 22 %, granit zčásti amfibolický 17 %, metagranit 11 %, granátický granulit 7 %, leukokratiho migmatit s muskovitem a biotitem 6 %. V podřadném množství (4–1 %) byly identifikovány také kvarcit, kontaktní rohovec, krystalický vápenec, muskovit-biotitická rula, fylit, durbachit a křemen. V sutí a na jiných výchozech byly nalezeny např. až 2 m velký valoun leukokratiho biotitické ruly se sillimanitem, 1 m velký valoun granitické horniny s hojným amfibolem nebo alterované gabro s ilmenitem. Metamorfované horniny ale jednoznačně převládají na všech výchozech i v sutí. Vzorek obsahující skarnoid je úlomek většího valounu, jehož celkový rozměr není možné odhadnout. Plochý úlomek má rozměr zhruba 15×9×4 cm a vlastní skarnoid představuje část ploché nodule o rozměru 4×3×1 cm, zhruba orientované podle nevýrazné foliace okolního migmatitu.

4. Petrografie migmatitu a skarnoidu a chemismus jejich minerálů

4.1. Migmatit

Migmatit makroskopicky připomíná biotitickou „perlovou rulu“ s porfyroblasty plagioklasu. Mikroskopicky je matrice migmatitu s převažujícím plagioklasem středně zrnitá. Zrna plagioklasu ($\text{Ab}_{68-72} \text{An}_{25-29} \text{Or}_{1-4}$; tab. 1, analýzy č. 55, 59 a 60) jsou zcela výjimečně albiticky zdvojitěná, v některých segmentech došlo ke vzniku jemných mimetických srůstů. Podél ploch štěpnosti bývají zrna mírně sericitizována. Typickým znakem migmatitu je téměř úplná nepřítomnost K-živce (analýza č. 16, tab. 1). Podřadně zastoupený křemen obrůstá většinou v drobných agregátech individua plagioklasu. Shluky lišivitého biotitu se hromadí v neprůběžných šmouhách. Tabulky biotitu, ojediněle plasticky deformované, jsou částečně chloritizované a vzácně obsahují i xenomorfní zrna narů-

Tabulka 1. Reprezentativní WDX analýzy živečů.
Table 1. Representative WDX analyses of the feldspars.

	51	52	55	59	60	16
SiO ₂	58,01	57,65	61,23	62,27	61,91	64,76
Al ₂ O ₃	26,60	27,53	24,65	23,99	24,10	17,65
FeO	0,38	0,22	0,04	0,04	0,05	0,09
MnO	0,01	0,02	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
CaO	8,89	9,11	6,26	5,18	5,49	0,02
MgO	b.d.	b.d.	b.d.	0,02	b.d.	b.d.
BaO	b.d.	0,01	b.d.	b.d.	b.d.	0,05
SrO	b.d.	b.d.	0,04	b.d.	b.d.	0,02
Na ₂ O	6,50	6,56	8,01	8,32	8,70	0,38
K ₂ O	0,08	0,05	0,41	0,67	0,42	15,77
P ₂ O ₅	0,02	b.d.	0,02	0,13	b.d.	b.d.
Celkem	100,49	101,15	100,66	100,62	100,67	98,74
	32 O					
Si	10,357	10,232	10,837	11,008	10,943	12,100
Al	5,597	5,758	5,142	4,998	5,020	3,887
Fe	0,057	0,033	0,006	0,006	0,007	0,014
Mn	0,010	0,015				
Ca	1,700	1,732	1,187	0,981	1,040	0,004
Mg				0,011		
Ba		0,010				0,008
Sr			0,010			0,012
Na	2,250	2,257	2,748	2,851	2,981	0,138
K	0,018	0,011	0,093	0,151	0,095	3,759
P	0,012		0,012			
Catsum	20,001	20,048	20,035	20,006	20,086	19,922
Or	0,46	0,28	2,30	3,79	2,30	96,37
Ab	56,69	56,42	68,23	71,58	72,44	3,53
An	42,85	43,3	29,47	24,63	25,26	0,10

b.d. – pod mezí detekce; below detection limit

Catsum – součet kationtů

žovělého granátu. V agregátech biotitu se akcesoricky vyskytují malé shluky „limonitu“, výjimečně s lepidokrokitem a reliktů původního pyritu. Vlasové žilky „limonitu“ provázejí biotitové šmouhy i v jejich bezprostředním okolí a pronikají podél rovin štěpnosti zmíněného minerálu. Běžnější akcesorií, uzavřenou v plagioklasech, jsou oválná zrna apatitu. V chloritizovaných lištách biotitu se objevují také tyčinkovitá zrna ilmenitu. Zcela výjimečně byly pozorovány v biotitu droboučká individua zirkonu s typickými pleochroickými dvůrky. Jen v jednom případě byl zjištěn malý automorfní krystal xenotimu.

4.2. Nodule skarnoidu

Makroskopicky lze v hornině pozorovat nerovnoměrné, neostře omezené, barevně odlišné partie (zóny), jejichž rozložení by mohlo ukazovat buď na původní páskovanou texturu nebo na produkty bimetasomatických reakcí na styku dvou chemicky kontrastních hornin, skarnoidu a migmatitu. Mikroskopicky lze rozlišit 3 minerální asociace:

Grunerit-magnetit-granát-biotit-plagioklas

Na hranici migmatitu s nodulí skarnoidu je vyvinuta několikamilimetrová (reakční ?) zóna, v níž jsou izometrické plagioklasy zřetelně bazičtější než v migmatitu (Ab₅₆₋₅₇An₄₃)

Tabulka 2. Reprezentativní WDX analýzy biotitu, amfibolů a granátu.

Table 2. Representative WDX analyses of the biotite, amphiboles and garnets.

	37	50	54	38	39	46	47	34	48
	Bt	Bt	Bt	Am	Am	Am	Am	Grt	Grt
SiO ₂	37,97	36,77	34,63	51,15	51,34	42,94	42,09	37,57	37,30
TiO ₂	1,07	1,03	1,73	0,03	0,02	0,21	0,20	0,02	n,d,
Al ₂ O ₃	16,26	15,25	17,00	1,85	1,56	10,11	11,09	20,63	20,36
Fe ₂ O ₃ *						12,82	10,04	0,50	0,96
FeO	22,32	22,15	24,51	32,95	33,70	15,68	17,3	33,03	32,88
MnO	0,25	0,22	0,23	0,74	0,59	0,20	0,19	1,14	1,04
MgO	10,44	10,88	7,84	10,52	10,26	5,27	4,97	1,50	1,40
CaO	0,06	0,06	0,02	0,76	0,77	10,73	10,5	6,18	6,59
Na ₂ O	0,15	0,15	0,14	0,24	0,12	0,12	1,07	n.a.	n.a.
K ₂ O	8,36	8,51	8,82	0,01	0,02	0,80	0,74	n.a.	n.a.
Cr ₂ O ₃	0,02	b.d.	0,02	b.d.	b.d.	0,02	0,01	b.d.	b.d.
F	0,29	0,44	0,07	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	n.a.	n.a.
H ₂ O*	3,85	3,68	3,79	1,96	1,96	1,98	1,96		
O=F	-0,12	-0,19	-0,03						
Celkem	100,92	98,95	98,77	100,21	100,34	100,88	100,16	100,57	100,53
Si	5,710	5,672	5,438	7,815	7,851	6,506	6,444	3,012	3,000
Al ^{IV}	2,290	2,328	2,562	0,185	0,149	1,494	1,556		
Al ^{VI}	0,592	0,445	0,584	0,148	0,132	0,311	0,445	1,952	1,934
Ti	0,121	0,119	0,204	0,003	0,002	0,024	0,023	0,001	
Cr	0,002		0,002			0,002	0,001		
Fe ³⁺						1,462	1,157	0,030	0,058
Fe ²⁺	2,807	2,858	3,219	4,210	4,310	1,987	2,215	2,215	2,212
Mn	0,032	0,029	0,031	0,096	0,076	0,026	0,025	0,077	0,071
Mg	2,340	2,502	1,835	2,396	2,339	1,190	1,134	0,179	0,168
Ca	0,010	0,010	0,003	0,124	0,126	1,742	1,722	0,531	0,568
Na	0,044	0,045	0,043	0,071	0,036	0,035	0,318		
K	1,603	1,674	1,757	0,002	0,004	0,155	0,145		
Catsum	15,551	15,682	15,678	15,050	15,025	14,934	15,185	7,997	8,011
OH*	3,862	3,785	3,965	2,000	2,000	2,000	2,000		
F	0,138	0,215	0,035						
X _{Mg}	0,455	0,467	0,363	0,363	0,352	0,375	0,339	0,072	0,028

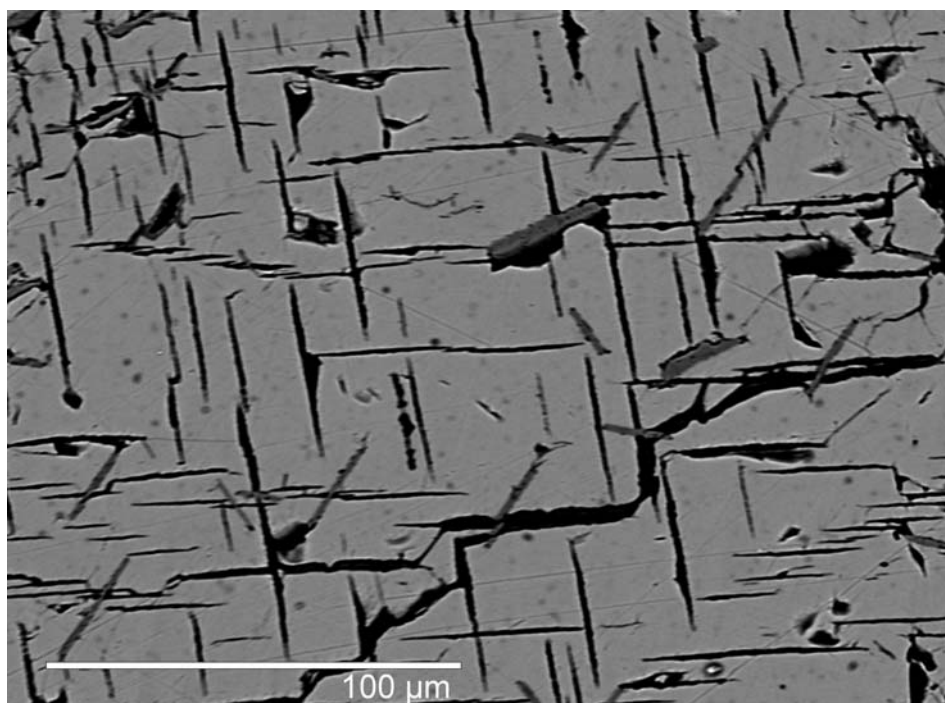
Rozpočet biotitu na 24 (O+OH+F); H₂O*-podle stechiometrie.

Rozpočet amfibolů na 23 O; H₂O a Fe₂O₃* podle stechiometrie. Rozpočet granátu na 12 O; Fe₂O₃* podle stechiometrie.

Biotite: Formulae contents on a basis of 24 (O+OH+F); amphibole: 23 O; garnet: 12 O; H₂O and Fe₂O₃* calculated from the stoichiometry.

n.a. - not analysed (nebylo analyzováno); b.d. - below detection limit; pod mezí detekce.

Or₀₋₁; tab. 1, analýzy č. 51 a 52). Dále je zde zastoupen i biotit, granát (Alm₇₃₋₇₄Grs₁₄₋₁₆Prp₆Sps₂₋₃Adr₂₋₃; tab. 2, analýza č. 34), křemen a amfibol. Granát tvoří nepravidelně omezená narůžovělá zrna. Amfibol je jehličkovitý, polysynteticky zdvojitý, se slabým pleochroismem (X - nažloutlý, Y - nahnědlý, Z - světle hnědý). Jeho chemické složení odpovídá gruneritu (Fe/Fe+Mg+Mn = 0,63-0,64).



Obr. 2. BSE foto magnetitu (šedý) se systémem oktaedrické odlučnosti s ilmenitem (tmavě šedý). Černé partie - díry v nábrusu. Foto R. Škoda.

Fig. 2. BSE image of magnetite (grey) with ilmenite (dark grey) developed on octahedral parting. Black - epoxy. Photo R. Škoda.

Granát-amfibol-magnetit-křemen

Tato asociace je přítomna v následující úzké zóně směrem do středu nodule. V chemismu granátu je stejná jako v předešlé asociaci (tab. 2, analýzy č. 34 a 48). Většinou izometrická magnetitová individua provázejí jak granát, tak amfibol a jsou vtroušena také ve shlucích undulózně zhášejšího křemene. Izomerická, silně rozpukaná a více, či méně chloritizovaná zrna granátu se shlukují spolu s křemenem při hranici nodule s hostitelským migmatitem. Relativně velká zrna amfibolu (>1 mm) se slabým pleochroismem (X - žlutavý, Y - světle zelený, Z - modrozelený) mají poikilitický charakter s uzavřeními křemene a magnetitu, drobná individua (<0,1 mm) bývají bez inkluzí. Chemismus odpovídá Ca-amfibolu ferri-ferrohornblendu ($Fe/Fe+Mg+Mn = 0,74-0,75$) (tab. 2, analýzy č. 46 a 47). Amfibol je podél štěpnosti více nebo méně alterován - produkt hypergenní přeměny nebyl (pro malé rozměry ve výbrusech) identifikován.

Amfibol-magnetit-křemen

Partie bohaté křemenem a amfibolem jsou spolu s magnetitem koncentrovány v centru nodule, výjimečně se zde vyskytují samostatné agregáty zrn magnetitu+křemene. V krystalonomických rovinách oktaedru magnetitu se ojediněle objevují tyčinkovité odmišeny ilmenitu. Chemismus obou rudních minerálů uvádí tab. 3, analýzy č. 42 a 43 - magnetit, 44 - ilmenit. Hypergenní limonitizace magnetitu je poměrně častá. Také limonitizovaný pyrit, s relikty v centrech hexaedrických pseudomorfóz, je hojný. Vzácně byl zjištěn titanit s empirickým vzorcem $(Ca_{1,03} Na_{0,01})_{1,04} (Ti_{0,74} Al_{0,21} Sn_{0,05} Fe^{3+}_{0,04})_{1,04}$

Si_{1,00} O_{4,90} F_{0,20} zajímavý zvýšeným obsahem Al (5,31 hm. % Al₂O₃), Sn (3,32 hm. % SnO₂), Fe (1,48 hm. % Fe₂O₃) a F (1,83 hm. % F).

5. Diskuse provenience skarnoidu a závěr

Při diskusi provenience hornin v kulmských konglomerátech je nutno si uvědomit skutečnost, že předpokládaná snosová oblast východního okraje Českého masivu reprezentovala ve svrchním viséře denudační úroveň o několik km vyšší než je současná. S ohledem na příkrovovou stavbu předpokládané zdrojové oblasti (např. SCHULMANN *et al.* 1991) mohly srovnatelné výskyty ležet z geografického pohledu ve zcela jiné části sledovaného území. Právě proto je důležité ve slepencích studovat ojedinělé „exotické“ valouny hornin, které se nacházejí v předpokládané provenientní oblasti pouze na omezených místech, resp. byly tam objeveny v dnešních výchozech a detailně studovány. K takovým nálezi i popisovaná hornina.

Minerální asociace: (1) grunerit+magnetit+grossular-almandin+plagioklas An₄₃+křemen+biotit; (2) grossular-almandin+ferri-ferohornblend+magnetit+křemen a (3) amfibol+magnetit+křemen dovolují studovanou horninu srovnat se skarny, resp. okoloskarnovými horninami nebo s magnetitem bohatými amfibolity, popsány z různých jednotek krystalinika východní části Českého masivu. Údajů o chemickém složení minerálů valounu i minerálů z konkrétních asociací (s magnetitem a křemenem) z výše zmíněných hornin je však poměrně málo, což řešení provenience značně limituje.

Pro hledání provenience studované horniny má zásadní význam zejména složení granátu a amfibolů (přítomnost gruneritu) a úplná absence pyroxenů. Důležitý je v tomto směru i zachovaný kontakt s okolním migmatitem. Jako zdrojové horniny tak připadají v úvahu zejména okrajové části skarnových těles v moldanubiku a ve svrateckém krystaliniku, dále magnetitem bohaté silikátové horniny (metaferolity) poličského krystalinika, luga a silesika.

5.1. Přehled magnetitových skarnů a metaferolitů v předpokládaných provenientních oblastech

Minerální asociace skarnů moldanubika a svrateckého krystalinika byly studovány řadou autorů (např. NĚMEC 1975, 1991, a citace tam uvedené), jen málo publikací však obsahuje kvalitní chemické analýzy minerálů (PERTOLD *et al.* 1997, PERTOLDOVÁ *et al.* 1998, ŽÁČEK 1997). Jednotlivé minerální asociace skarnů jsou značně proměnlivé, a to se týká zejména okrajů skarnů (okoloskarnových hornin, Ca-Si rohovců a skarnoidů, ve smyslu skarnové terminologie).

Magnetitové Fe-skarny se v předpokládané provenientní oblasti vyskytují až na izolované výskyty (např. Polná, Budeč, Ruda, Vepřová, Křížanov) hojněji jen v několika omezených areálech (NĚMEC 1991). V moldanubiku je to hlavně v západním okolí Moravského Krumlova, kde se vyskytují vápenaté i hořečnaté skarny postížené silnou regionální metamorfózou v rámci gföhlské jednotky. Obsahují hojný pyroxen, odpovídající převážně hedenbergitu s kolísajícím podílem diopsidové a vzácněji i jadeitové složky, a granát s převahou almandin-grossularu s různým podílem andraditové (~1-20 %) a převážně malým obsahem pyropové komponenty (<5 %). Magnetit je masivní nebo vtroušený, obsah sulfidů spíše akcesorický; pro horniny na kontaktu skarnu je vedle granátu bohatého almandinovou složkou typický zvláště pyroxen, příp. titanit (NĚMEC 1991, PERTOLD *et al.* 1998). Charakteristickým znakem těchto HT/HP metamorfovaných skarnů jsou složité symplektity a korony kolem granátů, složené z pyroxenu+plagioklasu a amfibolu+plagioklasu±křemen±magnetit (nepublikované údaje S. Houzara). V moldanubiku u Jemnice (Županovice, Bělčovice) a zejména ve svrateckém krystaliniku (okolí Pernštejna, Nového Města a Svratouchu) se nacházejí méně metamorfované vápenaté granát-pyroxenické skarny s vtroušeným magnetitem (±křemen), vyznačující se pestrým vývojem biotit- a amfibol-ob-

Tabulka 3. WDX analýzy magnetitu a ilmenitu.
Table 3. WDX analyses of the magnetite and ilmenite.

	42	43	44
	Mag	Mag	Ilm
SiO ₂	0,14	0,13	0,17
TiO ₂	0,44	0,30	51,97
Al ₂ O ₃	0,55	0,63	0,08
Fe ₂ O ₃ [*]	66,90	66,60	
FeO	31,50	31,10	43,80
MnO	0,11	0,10	2,86
MgO	0,01	0,02	0,06
CaO	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,02	b.d.	0,03
ZnO	b.d.	b.d.	0,13
NiO	0,03	b.d.	0,01
Nb ₂ O ₃	0,02	b.d.	0,04
Ta ₂ O ₅	0,01	0,02	0,04
Celkem	99,74	98,91	99,20
Si	0,005	0,005	0,004
Ti	0,013	0,009	1,005
Al	0,025	0,029	0,002
Fe ³⁺	1,938	1,944	
Fe ²⁺	1,013	1,009	0,922
Mn	0,004	0,003	0,062
Mg	0,001	0,001	0,002
Cr	0,001		
Zn			0,003
Ni	0,001		
Nb			0,001
Ta			0,001
Catsum	3,001	3,000	2,002

Rozpočet magnetitu na 4 O, ilmenitu na 3 O. Fe₂O₃^{*} podle stechiometrie.

Formulae contents on a basis of 4 O (magnetite) and 3 O (ilmenite). Fe₂O₃^{*} calculated from the stoichiometry.

také vzácně vyskytují i metaferolity, železem bohaté kvarcicity, např. v Chotěbudicích u Jemnice. Nositelem Fe je v nich kromě sekundárního hematitu hlavně almandin (Alm₇₄₋₇₉Prp₁₄₋₁₉Grs₂₋₈Sps_{1,5-2}), vzácnější je muskovit, sillimanit a nepatrně i biotit; typickou vzácnou akcesorií je gahnit. Magnetit nebyl v důsledku značně silného zvětrání hornin zjištěn (HOUZAR a ŠREIN 1997).

Metaferolity a magnetitem bohaté amfibolity jsou rovněž typickou součástí jižní části poličského krystalinika, kde tvoří drobná tělesa od Teleciho (na SZ) k Nyklovicím a Věstínu (na V a JV), podrobněji však studovány nebyly. Jedinou modernější práci uveřejnil BURIÁNEK (2008), popisující hlavně nehomogenní hematit-magnetitové rudy s vysokým obsahem křemene, místy i amfibolem, granátem a plagioklasy. Zatímco na SZ má granát převahu andraditové složky (Adr₈₄₋₈₇Grs₁₁₋₁₂Sps₂₋₃), na V (lokalita Nyklovice) zmiňuje amfibolity (chudé křemenem) s almandinovým granátem (Alm₆₈₋₇₁Prp₁₃₋₁₅Grs₅₋₁₂

sahujících hornin při kontaktu s okolními metapelity (migmatity a svory), jejichž součástí jsou rovněž granáty bohaté almandinovou složkou. Skarny obsahují místy epidoty a jsou relativně bohatší sulfidy (Němec 1991). Z hlediska studované problematiky stojí v těchto horninách za zmínku přítomnost cummingtonitu-gruneritu. NĚMEC (1968, 1971) rozlišil 6 asociací s těmito amfiboly (poměr Mg-Fe složek je zhruba 1:1). 1. křemen+magnetit+cummingtonit, 2. almandin+cummingtonit+biotit, 3. cummingtonit+Ca-Fe amfibol+granát+biotit, 4. cummingtonit+Ca-Fe amfibol (+křemen+magnetit, Pernštejn), 5. olivín(grunerit)+magnetit+Ca-Fe amfibol 6. pyroxen+Ca-Fe amfibol+olivín (grunerit). Starší grunerit (Sejřek, Penštejn) tvoří reliktu v Ca-Fe amfibolu, mladší grunerit vzniká po Ca-Fe amfibolu nebo fayalitu (Županova). Ve svorové zóně při okraji moldanubika se vyskytuje podobný Fe-skarn u Kottaun (Rakousko). Magnetit a křemen jsou tam obsaženy v pyroxenovém skarnu, vyskytuje se i andradit a kalcit. Při okraji skarnu jsou známy horniny s biotitem, almandinem (Alm₆₃₋₇₀Prp₁₇₋₂₀Grs₁₋₇Sps₁₋₃Adr₆₋₁₀), Fe-bohatým cummingtonitem (X_{Fe} = 46) a křemenem (GÖTTZINGER 1981). Objemově bezvýznamné jsou skarny v mramorech (např. HARTENSTEIN, GÖTTZINGER 1981) a zejména v amfibolitech (např. Krhovice u Znojma) s asociací andradit+hedenbergit+magnetit a obsahující někdy také asociaci magnetit+pyroxen. Jejich okraje jsou charakteristické přítomností pyroxenu, příp. epidotu a titanitu (NĚMEC 1995).

V pestré jednotce moldanubika se

Sps₄₋₇Adr₀₋₅) a s převahou gruneritu (X_{Fe} 0,50–0,55, Si 7,57–8,00 apfu) nad malým množstvím tschermakit-ferrotchermakitu (X_{Fe} 0,44–0,62; Si 5,74–6,53 apfu). V SZ části poličského krystalinika se v amfibolitech značně nepravidelně objevuje hojný magnetit (MnO 3,0–0,6 hm. %; TiO₂ 0–0,1 hm. %) často s hematitem, textura horniny je někdy páskovaná (BURIÁNEK 2008). Za zmínku stojí i magnetitové zrudnění v amfibolitech u Věstína (nedaleko Víru), které patrně rovněž geologicky náleží poličskému krystaliniku. Na základě mikroskopického studia (údaje o chemickém složení nejsou známy) se tam s magnetitem vyskytují dva odlišné typy amfibolu (podle optických vlastností by v jenom případě mohlo jít o cumingtonit-grunerit), dále dva typy granátu (almandin a andradit), křemen, plagioklas a lokálně Fe-pyroxen a epidot (SEKANINA 1965).

Ve velkovrbenské skupině lugika stojí za zmínku zejména nově zpracované ložisko magnetitu v Malém Vrbně. Zdejší výskyt je v granát-amfibolických horninách. Okolní horninou je amfibolit s Al-bohatými amfiboly (pargasit, tschermakit, magneziohornblend), plagioklasy, biotitem (eastonit), Mg-chloritem; v akcesorickém podílu je zastoupen Mn-ilmenit. Vlastní rudní poloha je tvořena magnetitem, Fe-amfiboly (ferrogedrit, ferrotschermakit, ferroantofylit), almandinem (Alm₇₇₋₉₂Grs₀₋₁₃Adr₃₋₅Py₃₋₅), biotitem (annit), plagioklasy, apatitem, Fe-chlority a křemenem (MÜCKE *et al.* 2006).

Polymetamorfovaným páskovaným magnetitovým rudám silesika je věnováno několik podrobných novějších prací (např. MÜCKE a LOSOS 2000, 2007). Pro tyto páskované magnetit-křemenné horniny jsou rovněž typické vápenaté Mg-amfiboly (magneshornblend-tschermakit), zvýšený obsah apatitu, místy kalcit, granát (spessartin) a ilmenit bohatý Mn-složkou. Železem bohaté kvarcity s obsahem gruneritu (40,64 hm. % FeO) byly zjištěny FEDUKOVOU (1995) v kvarcitech u Domašova.

5.2. Původ valounu skarnoidu

Diskuse provenience studovaného valounu vychází především z jeho minerální asociace a zčásti i z chemického složení minerálů. Migmatit na kontaktu metaferolitu se vyznačuje porfyroblasty plagioklasu (ne draselného živce!) a nepřítomností primárního muskovitu. Pro skarnoid je typická asociace křemen+magnetit, grunerit, granát s převahou almandinové složky a ojedinělý titanit bohatý Sn, Al a F. Titanit s tímto složením je poměrně specifický minerál, známý u nás dosud pouze ojediněle ze skarnoidů (s asociací diopsid+kalcit+epidot), tvořících vločky v nedvědíckých mramorech při styku svrateckého a poličského krystalinika (nepublikovaná data S. Houzar) nebo ze žilných skarnů, kde je navíc přítomen také Nb (CEMPÍREK *et al.* 2008).

Z uvedeného vyplývá, že v případě provenience studovaného skarnoidu lze vzhledem k rozdílné minerální asociaci a chemickému složení minerálů prakticky vyloučit výskyt ze známých lokalit magnetitových rud v lugiku i silesiku. Odlišná je především jejich minerální asociace. Nepravděpodobný je i původ ze skarnů gföhlské jednotky moldanubika. Ve valounech lulečských slepenců ostatně chybějí i valouny eklogitů, granátických amfibolitů, ultrabazik a kyanitových granulitů, dalších hornin velmi typických pro tuto jednotku v dnešní erozivní úrovni (VRÁNA a NOVÁK 2000).

Hornina ve valounu připomíná okrajové typy skarnů s almandinem a s amfiboly z blízkého okolí Pernštejna, příp. ze Županovic. Okraje pernštejského skarnu mají rovněž proti okolnímu metapelitu zřetelně vyšší obsah Sn, avšak jeho nositel není znám (PERTOLDOVÁ *et al.* 1987). Studovanému výskytu jsou také podobné almandin-amfibolové metaferrolity (obsahující těž grunerit) s magnetitem z jihovýchodního okraje poličského krystalinika. Jsou sdruženy s amfibolity a rulami perlového vzhledu, s porfyroblasty plagioklasu (BURIÁNEK 2008). Bližšímu srovnání dosud brání nedostatek chemických analýz amfibolů a granátů z těchto lokalit (např. Nyklovice, Věstín). Celkově lze konstatovat, že provenience nodule skarnoidu v biotitickém migmatitu není jasná a za nejpravděpodobnější zdroj lze považovat buď okoloskarnovou horninu z oblasti, kde v okolních mig-

matitech chybí muskovit a K-živec, nebo magnetitem bohaté silikátové horniny s amfibolem z oblasti poličského krystalinika.

6. Poděkování

Práce byla vypracována s finanční podporou Záměru MK 00009486201 (S.H.) a Záměru MSM 0021622412 (M.N.). Autoři děkují oběma recenzentům, dr. J. Litochlebovi a dr. H. Laudátové, za připomínky k práci.

LITERATURA

- BURIÁNEK, D., 2008: Hematit-magnetitové zrudnění v poličském krystaliniku. - *Geol. Výzk. Mor. Slez. v R. 2007*, 15, 66-71.
- BURIÁNEK, D., NOVÁK, M., 2002: Příspěvek k poznání provenience valounů ve slepencích svrchnovisešskéhostáří na Drahaně vrchovině: III. Orbikulární turmalinický granit. - *Acta Mus. Morav., Sci. Geol.*, 87, 145-152.
- CEMPÍREK, J., HOUZAR, S., NOVÁK, M., 2008: Complexly zoned niobian titanite from hedenbergite skarn at Pisek, Czech Republic constrained by substitutions $Al(Nb,Ta)Ti_2$, $Al(F,OH)(TiO)_1$ and $SnTi_1$. - *Miner. Mag.* 72, 6, 1293-1305.
- ČOPIAKOVÁ, R., 2006: Odras změn provenience v psefitické a psamitické frakci sedimentů myslejovických vrstev (analýza těžkých minerálů). - *MS, Disertační práce*, Přírod. fak. MU v Brně.
- ČOPIAKOVÁ, R., NOVÁK, M., 2003: Příspěvek k poznání provenience valounů ve slepencích svrchnovisešského stáří na Drahaně vrchovině: IV. Granátický svor s turmalínem. - *Acta Mus. Morav., Sci. Geol.*, 88, 167-175.
- FEDIUKOVÁ, E., 1995: Grunerit - nový minerál metamorfítů Hrubého Jeseníku. - *Geol. Výzk. Morav. Slez. v R. 1994*, 2, 80-81.
- GÖTZINGER, M. A., 1981: Mineralogische Untersuchungen des Magnetitvorkommens Kottaun bei Geras, Niederösterreichisches Moldanubikum. - *Sitz-Ber. Österr. Akad. Wiss. math.-naturw. Kl. Abt. I*, 190, 45-78.
- HARTLEY, A. J., OTAVA, J., 2001: Sediment provenance and dispersal in a deep marine foreland basin: the Lower Carboniferous Culm Basin, Czech Republic. - *J. Geol. Soc. London*, 158, 137-150.
- HOUZAR, S., NOVÁK, M., 2001: Příspěvek k poznání provenience valounů ve slepencích svrchnovisešského stáří na Drahaně vrchovině: I. Grafitický kvarcit s vanadovým muskovitem. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 86, 103-109.
- HOUZAR, S., NOVÁK, M., 2002: Příspěvek k poznání provenience valounů ve slepencích svrchnovisešského stáří na Drahaně vrchovině: II Kalcitické mramory. - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 87, 137-144. Brno.
- HOUZAR, S., ŠREIN, V., 1997: Almandinový kvarcit z Chotěbudic u Jemnice na jihozápadní Moravě. - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 82, 73-78.
- KOTKOVÁ, J., NOVÁK, M., LEICHLMANN, J., HOUZAR, S., 2001: Nature and Provenance of Exotic Rock Types from Lower Carboniferous Conglomerates (Eastern Bohemian Massif). - *Geolines*, 13, 81-82.
- KOTKOVÁ, J., GERDES, A., PARRISH, R. R., NOVÁK, M., 2007: Clasts of Variscan high-grade rocks within Upper Viséan conglomerates - a missing link in the late Variscan evolution of Central Europe: constraints from U-Pb chronology. - *J. Metamorph. Geol.*, 25, 781-801.
- KUMPERA, O., LANG, V., 1975: Goniátitová fauna v kulmu Drahaně vysočiny (moravskoslezská zóna Českého masívu. - *Čas. Slez. Muz.*, Ser. A, 24, 11-32.
- MÜCKE, A., LOSOS, Z., 2000: Polymetamorfně přepracované, páskované a silicifikované magnetitové rudy v desenských rulách (silesikum, Česká republika). - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 85, 47-80.
- MÜCKE, A., LOSOS, Z., 2007: The magnetite mineralizations of the Desná Group in the Silesicum, Czech Republic: petrographic, mineralogical, and geochemical studies and their genetic implications. - *J. Geosci.*, 52, 227-270.
- MÜCKE, A., FOJT, B., SKÁČEL, J., 2006: The Malé Vrbno magnetite occurrence of the Velké-Vrbno Unit, Czech Republic: petrology, mineralogy, geochemistry and genesis. - *Chem. Erde*, 66, 109-127.
- NEHYBA, S., MASTALERZ, K., 1995: Sedimentologický příspěvek ke studiu račických a lulečských slepenců. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v R. 1994*, 66-68.
- NĚMEC, D., 1968: Die Stellung des Amphibols in der Mineralparagenese westmährischer Skarngesteine. - *Tscherm. Mineral. Petr. Mitt.*, 12, 4, 322-349.

- NĚMEC, D., 1975: Paragenetische Analyse der regionalmetamorphen Skarne Westmährens. – *Chem. Erde*, 34, 8, 82–84.
- NĚMEC, D., 1971: Genese der Grossular-Almandine und Grunerit-Cumingtonite in westmährischen Skarngesteinen. – *Krystalinikum*, 7, 95–117.
- NĚMEC, D., 1991: Regional typization of the iron skarns of the Bohemian-Moravian heights. – *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 76, 51–82.
- NĚMEC, D., 1995: Skarns in West-Moravian amphibolites. – *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 80, 41–46.
- PERTOLD, Z., PERTOLDOVÁ, J., PUDILOVÁ, M., 1997: Metamorphic history of skarns in the Gföhl unit, Moldanubicum, Bohemian Massif, and implications for their origin. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 41, 3–4, 157–166.
- PERTOLDOVÁ, J., PERTOLD, Z., PUDILOVÁ, M., 1998: Metamorphic Development of Skarns at Pernštejn, Svratka Crystalline Complex, Bohemian Massif. – *J. Czech Geol. Soc.*, 43, 3, 191–202.
- PERTOLDOVÁ, J., PUDILOVÁ, M., PERTOLD, Z., 1987: Podmínky vzniku skarnu na lokalitě Pernštejn. – *Konf.: Nové trendy a poznatky v čs. ložiskové geologii*. – Univ. Karlova, 43–61.
- POUCHOU, J. L., PICOIR, F., 1985: “PAP” procedure for improved quantitative microanalysis. – *Microbeam Analysis*, 20, 104–105.
- SEKANINA, J., 1965: Minerály a jejich genetické vztahy k horninám na území geologické mapy 1:50 000, list M 33-93-B (Bystřice nad Pernštejnem). – *Rukopis*, miner. petr. odd. MZM v Brně.
- SCHULMANN, K., LEDRU, P., AUTRAN, A., MELKA, R., LARDEAUX, J. M., URBAN, M., LOBKOWITZ, M., 1991: Evolution of nappes in the eastern margin of the Bohemian Massif: a kinematic interpretation. – *Geol. Rdsch.*, 80, 1, 73–92.
- ŠTELCL, J., 1960: Petrografie kulmských slepenců jižní části Drahanské vysočiny. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geol.*, 1, 1, 1–103.
- ŠTELCL, J., 1962: Přehled petrografie kulmu Drahanské vysočiny. – *Čas. Slez. Muz.*, Ser. A, 11, 113–125.
- ŠTELCL, J., 1965: Petrografie slepence od Kořence na Drahanské vysočině. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geol.*, 49–72.
- ŠTELCL, J., 1969a: K petrografii paleozoických slepenců střední Moravy. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., Geol.*, 1–89.
- ŠTELCL, J., 1969b: K některým otázkám vzniku a vývoje paleozoických slepenců střední Moravy. – *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun.*, 10/6, 67–89.
- VRÁNA, S., NOVÁK, M., 2000: Petrology and geochemistry of granulite clasts in the Visean Luleč conglomerate, Kulm in central Moravia, Czech Republic. – *Věst. Čes. geol. Úst.*, 75, 4, 405–413.
- ZACHOVALOVÁ, K., LEICHMANN, J., 2004: Příspěvek k poznání proveniencí valounů ve slepencích svrchnoviseckéhochostáří na Drahanské vrchovině: V. Durbachity. – *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 89, 161–171.
- ŽÁČEK, V., 1997: Compositional evolution of garnet in the regional metamorphosed Moldanubian skarn, Vlastějovice, Bohemia - evidence of the preservation of early stages pre-dating regional metamorphism. – *Věst. Čes. geol. Úst.*, 72, 1, 37–48.

