

ANDRADIT-MEIONIT-PYROXENOVÁ HORNINA V AMFIBOLITU Z KONTAKTU KORUNDOVÉHO PEGMATITU V POKOJOVICÍCH, MOLDANUBIKUM, ZÁPADNÍ MORAVA

ANDRADITE-MEIONITE-PYROXENE ROCK IN AMPHIBOLITE FROM THE CONTACT
OF CORUNDUM PEGMATITE AT POKOJOVICE, MOLDANUBIAN ZONE, WESTERN MORAVIA

STANISLAV HOUZAR

Abstract

Houzar, S. (2014): Andradit-meionit-pyroxenová hornina v amfibolitu z kontaktu korundového pegmatitu v Pokojovicích, moldanubikum, západní Morava. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 99, 1, 57-68.

Andradite-meionite-pyroxene rock in amphibolite from the contact of corundum pegmatite at Pokojovice, Moldanubian Zone, Western Moravia

Andradite-meionite-clinopyroxene rock represents one of the host rocks of known corundum pegmatite at Pokojovice (near Třebíč, Western Moravia). It forms layers in the amphibolite body, which together with quartzites, ultrapotassic leucocratic gneisses, marbles and calc-silicate rocks occur in biotite paragneisses of Varied Unit (Moldanubian Zone). The main components of rocks are diopside/hedenbergite, andradite garnet (63-69 % Adr) with increased proportion of TiO_2 (0.071 to 0.079 apfu Ti) at a relatively low proportion of Mn (0.054 to 0.056 apfu). Besides feldspars (plagioclase $An_{<35} > Kfs$) abundant scapolite ($X_{Mei} \sim 72-73$) with relatively high sulphate component (1.91 to 2.29 wt. % SO_3 ; 0.225-0.272 apfu S), potassian hastingsite and minor calcite are characteristic. Accessory minerals are titanite, chromium-bearing magnetite, chalcopyrite, zircon, apatite, and scheelite. The rock probably originated by regional metamorphism of chemically suitable protolith (basic tuffs and tuffites) at relatively oxidic conditions. Andradite-meionite-pyroxene rock occurs in lithologically specific sequences which can be characterized mainly by the presence of biotite-magnetite leucocratic gneisses and calcite-andradite microclinities including locally unusual andradite pegmatites.

Key words: andradite, meionite, clinopyroxene, potassian hastingsite, titanite, oxidic conditions, Moldanubian Zone.

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

1. ÚVOD

Pegmatit u Pokojovic na Třebíčsku, západní Morava, představuje známou lokalitou korundu, poprvé studovanou BARVÍŘEM (1893). Tvoří téměř vertikální pravou žílu směru SSZ-JJV o maximální mocnosti 2 m uloženou v drobnozrnných amfibolitech, obsahujících tenké vložky železem bohatých vápenatosilikátových hornin, přecházejících do narůžovělých kalcitických mramorů. Pegmatit má syenitový charakter a skládá se ze tří neostře omezených texturně paragenetických jednotek, v nichž vždy dominuje K-živec (mikroklín): (a) diopsidový pegmatit (K-živec + Fe-diopsid > plagioklas > titanit ± aktinolit ± křemen ± biotit), (b) biotitový pegmatit (K-živec + biotit > plagioklas) a (c) korundový pegmatit (K-živec + korund > plagioklas + biotit ± muskovit ± turmalín). Šedý až namodralý korund tvoří

až přes 10 cm velké soudečkovité krystaly a vyskytuje se pouze lokálně, převážně v místě, kde se žíla rozmršťovala. Muskovit a turmalín náležejí k mladším minerálům. Apofýzy pegmatitu mají mocnost max. několik dm a jsou tvořeny pouze diopsidovým subtypem. Typickým akcesorickým minerálem je chalkopyrit a vzácně i scheelit (TRNKA a HOUZAR 1993).

Nejen výjimečné složení korundového pegmatitu, které nemá v Českém masivu obdoby, ale i celá horninová sekvence v jeho širším okolí je poněkud odlišná od běžné horninové náplně pestré jednotky moldanubika, k níž lokalita náleží. Ke specifickým horninám této oblasti náleží i hornina z bezprostředního okolí pegmatitu, kterou lze označit jako andradit-meionit-pyroxenovou rulu. Charakteristice její minerální asociace je věnována předkládaná práce.

2. GEOLOGICKÁ SITUACE

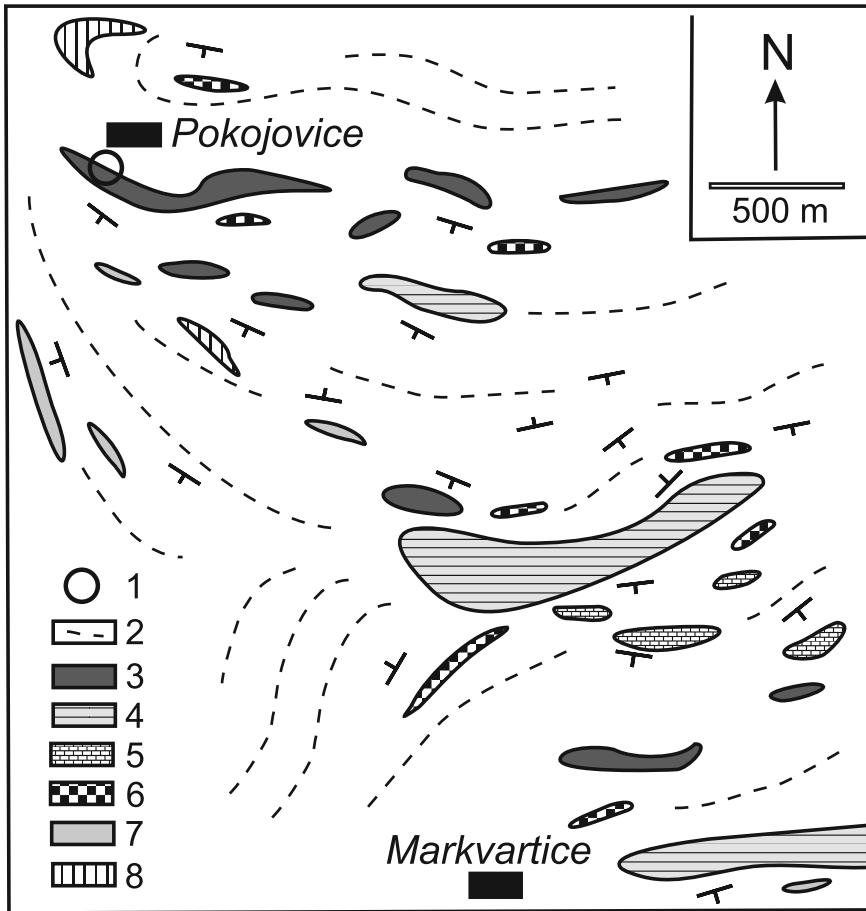
Moldanubikum představuje heterogenní polymetamorfovaný komplex různých, často alochtonních jednotek, zkonsolidovaný variskou orogenezí. Hlavní jednotky moldanubika, jednotvárná, pestrá a gřohlská, tvořené metamorfovanými horninami mezoproterozoického až spodnopaleozoického stáří, lze dále detailněji dělit na menší litologické, resp. litostrukturní celky až sekvence obsahující některé specifické horninové typy (DALLMEYER *et al.* 1995, CHÁB *et al.* 2008, VRÁNA 2011). Studovaná hornina je součástí pestré jednotky moldanubika západní Moravy.

Dominující horninou v širším okolí lokality jsou biotitické pararuly, lokálně i leukokratnější povahy, se sillimanitem a granátem, místy migmatizované, s cordieritem. V blízkosti lokality jsou hojné zejména drobnozrné (negranatické) amfibolity (HÁZDROVÁ *et al.* 1989). Severně a západně od Pokojovic vystupují častější vložky kvarcitů, částečně grafitických. Jižně a východně jsou častější drobně čočkovité polohy forsteritových, (\pm pargasit-spinel) i flogopitových kalcitických mramorů, často přecházejících do plagioklas-K-živců-diopsidových rul (erlanů). Specifickým složením (vysoký obsah K a s vysokým poměr Fe/Mg) se vyznačují zejména leukokratní, biotitem extrémně chudé K-živcové ruly s magnetit-křemennými pásy a zejména mikroklinity, místy bohaté kalcitem a andraditem. Jejich geneze není jasná (HOUZAR a ŠREIN 1990, NĚMEC 1992). Vystupují v několika samostatných tělesech, protažených přibližně ve směru V-Z mezi Pokojovicemi na severu a Kojeticemi na jihovýchodě. Na severozápadním okraji oblasti vystupuje výše zmíněný korundový pegmatit, zatímco lokalita Kojetice je známa unikátním výskytem metamanganolitu, se spessartitem, braunitem a Mn-andalusitem (NOVÁK a ŠKODA 2007).

Nejvyšší úroveň zdejší metamorfózy odpovídá, podle asociace Ca + Dol + Fo + Spl v dolomitických mramorech, vyšší amfibolitové facii při $T \sim 660\text{--}730\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $P \sim 3\text{--}4\text{ kbar}$ (ČOJÁKOVÁ a HOUZAR 2009). Detailní petrologický ani strukturní výzkum v oblasti nebyl dosud proveden. Horniny jsou poměrně ploše uloženy, s převládajícími úklony k JZ a JV (obr. 1). Morfologicky výrazná tektonická linie probíhá při jižním okraji Pokojovic ve směru V-Z (HOUZAR a ŠREIN 1990). Rozděluje pestrý komplex s amfibolity a mramory (na jihu) od monotónnějšího vývoje sillimanit-biotitických rul s kvarcitu na severu u Heraltic. Je doprovázena silnou alterací sillimanitických rul za vzniku muskovitu (sericitu) a chloritu. Uvedený komplex pronikají menší tělesa a žíly magmatických hornin, zejména biotit-muskovitické a turmalinické granity, pegmatity a ojediněle i žíly hornin lamprofyrového charakteru (HÁZDROVÁ *et al.* 1989).

3. METODIKA

Asociace minerálů byla studována v polarizovaném světle ve výbrusech, chemické složení minerálů bylo stanoveno na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 ve vlnově dis-



Obr. 1. Geologická situace širšího okolí studované lokality. 1 - studovaná lokalita; 2 - biotitická (\pm Sill, Grt, Crd) rula; 3 - amfibolit; 4 - Adr + Cal \pm Mag mikroklinit; 5 - kalcit-dolomitický mramor; 6 - diopsidová rula; 7 - grafitický kvarcit; 8 - kvarcit.

Fig. 1. Geological sketch map of the studied locality vicinity. a - locality studied; 2 - biotite (\pm Sill, Grt, Crd) gneiss; 3 - amphibolite; 4 - Adr + Cal \pm Mag microcline; 5 - calcite-dolomite marble; 6 - diopside gneiss; 7 - graphitic quartzite; quartzite.

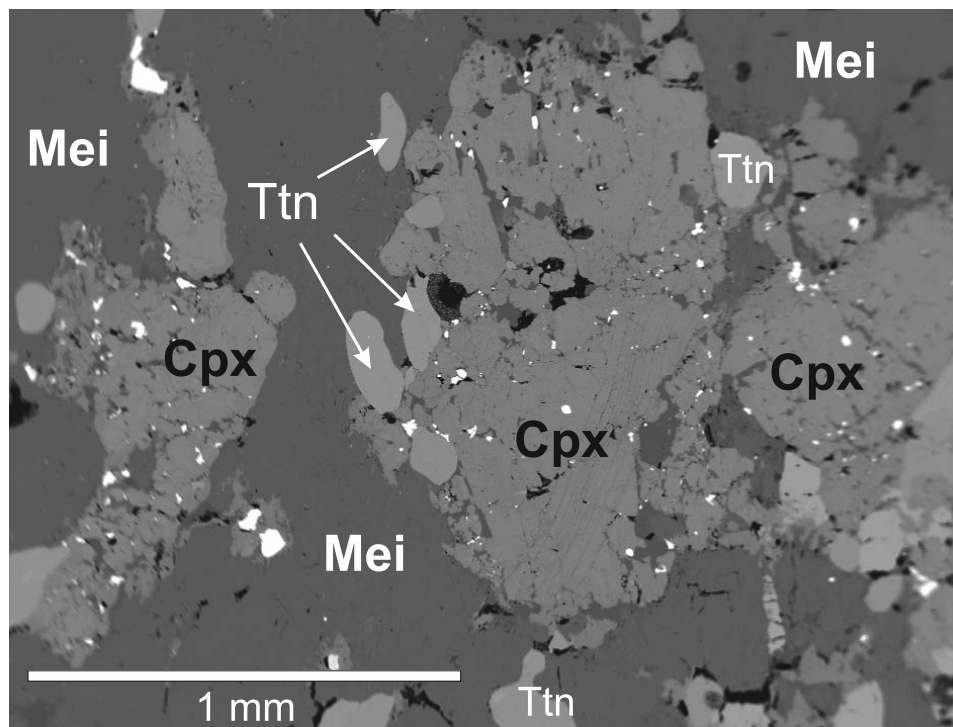
perzním módu v Laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, společném pracovišti Masarykovy univerzity a České geologické služby, Brno (operátoři R. Škoda a P. Gadas). Minerály byly analyzovány při urychlovacím napětí 15 kV při proudu svazku 10 nA, průměr svazku 4–5 μ m, za použití následujících standardů: Na - albit, K - sanidin, Si, Al, Mn - spessartin, Mg - pyrop a spinel, Ti - titanit, Sc, V - ScVO₄, Ce, La, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Er, Yb - příslušné fosfáty Ce, La, PrPO₄, Cr - chromit, Cl - vanadinit, P - fluorapatit, Ca - wolastonit, Fe - almandin a hematit, Ni - Ni₂SiO₄, Sn - Sn, Nb - columbit Ivigtut, Ta - CrTa₂O₆, Th - brabantit, Sr, S - SrSO₄, U - U, Y - YPO₄, F - topaz, Ba - baryt, Zn - gahnit, Zr - zirkon. Všechny prvky byly načítány na linii K α , hlavní 10–20 s, vedlejší 20–50 s. Naměřená data byla korigována automatickou PAP korekcí (POUCHOU a PICHOU 1985). Empirický vzorec amfibolů byl přepočten na 23 kyslíků a poměr Fe²⁺/Fe³⁺ byl odhadnut metodou 13 eCNK (LEAKE *et al.* 1997). Zkratka b.d. v tabulkách označuje hodnotu pod mezi stanovení (below detection).

4. CHARAKTERISTIKA HORNINY

4.1 Popis a petrografie

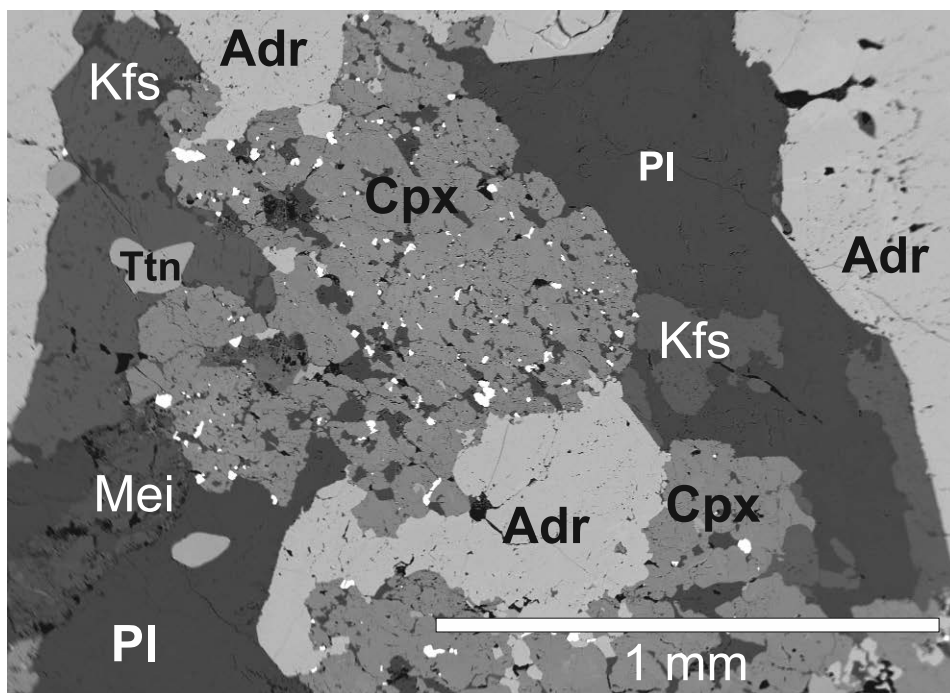
Hornina tvoří maximálně několik cm-dm mocné polohy v drobnozrnných amfibolitech (Amf + Pl + Kfs), střídajících se s narůžovělými mramory (Cal + Cpx + Adr + Mag + Scp + Ep). Má masivní až páskovanou texturu, zdůrazněnou vyvětralými partiemi karbonátů, s drobnými vylouženými dutinami (< 5 mm), na jejichž okrajích pozorujeme nedokonale vyvinuté krystaly andraditu, pyroxenu a skapolitu. Z tmavých minerálů převládá černozeleň, drobně zrnitý pyroxen velikosti okolo 1–2 mm (obr. 2). O něco vzácnější je větší, krátce stébelnatý černý amfibol. Jen místy lze pozorovat červenohnědá zrna granátu dosahující velikosti až několika cm (obr. 3). Světlejší partie jsou bohatší skapolitem a živci, lokálně je častý kalcit ($\leq 0,365$ MnO, $\leq 0,342$ FeO, $\leq 0,233$ MgO, vše v hm. %); patrně jsou i drobné (< 1 mm) krystaly hnědého titanitu. Typickým akcesorickým minerálem je magnetit, jehož zrna jsou někdy nahloučena do agregátů několikamilimetrové velikosti, vzácnější je zirkon a ojedinělý fluorapatit. Lokálně je zastoupen akcesorický chalkopyrit a scheelit.

Skapolit a plagioklas je místy slabě sericitizovaný, úzké nepravidelné trhliny vyplňuje světle zelený klinozoisit-epidot (HOUZAR a ŠREIN 1995). Na kontaktu s okolním amfibolitem přistupuje úzká zóna chloritizovaného a zvětřalého Fe-biotitu. Pouze na přímém kontaktu korundového pegmatitu byla lokálně vyvinuta úzká, biotitem + plagioklasem bohatší zóna (srov. TRNKA a HOUZAR 1993).



Obr. 2. Asociace hedenbergítu/diopsidu (Cpx) s titanitem (Ttn) a skapolitem (Mei). Bílá zrna jsou magnetit. (foto P. Gadas, odražené elektrony BSE).

Fig. 2. Backscattered electron image of assemblage hedenbergite/diopside (Cpx) with titanite (Ttn) and scapolite (Mei). White grains are magnetite. (photo P. Gadas).



Obr. 3. Asociace andraditu (Adr), hedenbergitu/diopsidu (Cpx) s plagioklasem (PI), draselným živcem (Kfs) a skapolitem (Mei). Drobná bílá zrna jsou magnetit. (foto P. Gadas, BSE).

Fig. 3. Backscattered electron image of assemblage andradite (Adr) hedenbergite/diopside (Cpx) with plagioclase (PI) and scapolite (Mei). White minor grains are magnetite (photo P. Gadas).

4.2 Mineralogie

Pyroxeny

Sytě zelený klinopyroxen převládá v minerální asociaci s živci, meionitem a titanitem. Jeho složení kolísá mezi železnatým diopsidem a převládajícím hedenbergitem (0,567–0,195 apfu Mg). Nejnižší podíl Mg-složky mají nezonální pyroxeny v asociaci s granátem (< 0,397 apfu Mg), naopak nejvyšší Mg vykazují okraje pyroxenů v asociaci s živci a skapolitem (< 0,567 apfu Mg). Centra zrn jsou bohatší ^{IV}Al (~ 0,12 apfu) Fe^{3+} (0,13–0,16 apfu) a Na (~ 0,10 apfu). Nízký je podíl Cr a Ti (tab. 1).

Amfiboly

Amfiboly vystupují v zejména v asociaci s klinopyroxeny a tvoří porfyroblasty až několik mm velké. V procházejícím světle jsou výrazně pleochroické (X - světle zelenožlutá, Y - tmavozelená, Z - hnědozelená). Jde o hliníkem relativně bohaté amfiboly, s vysokým obsahem Ti (0,184–0,193 apfu Ti) a K (0,470–0,542 apfu K), s Mg/Mg+ Fe^{2+} 44–46, a malým podílem F (0,200–0,233 apfu F); obsah Cl je pod mezí detekce. Jsou nezonální, okraje mají jen mírně nižší Ti, Mg a K a Al. Chemickým složením leží při hranici draslíkem bohatého hastingsitu až potassic-hastingsitu (tab. 1). Částečně se podobají amfibolům z kontaktních zón mezi skarny a pegmatity ve Vlastějovicích, např. velmi nízkým obsahem Cl (ŽÁČEK 2007), odlišují se však vyšším obsahem Mg a zejména Ti.

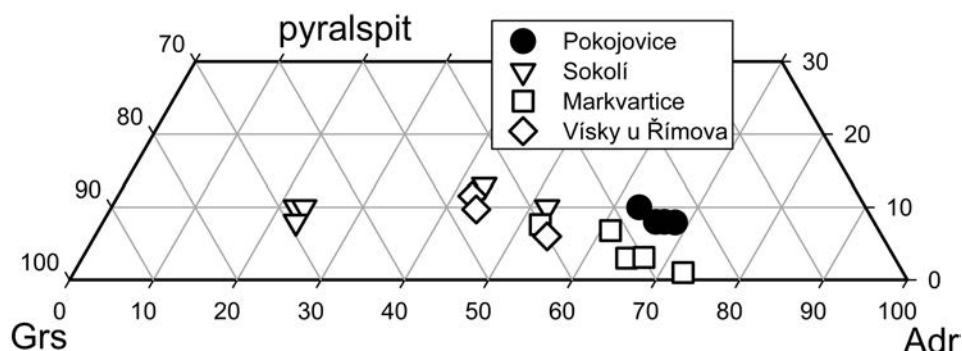
Tabulka 1. Reprezentativní složení draselných amfibolů a klinopyroxenů.

Table 1. Representative composition of potassic-amphiboles and clinopyroxenes.

anal. č.	Amf (s)	Amf (s)	Amf (o)	Amf (o)	Di	Di	Di	Di	Hd	Hd
	73	74	71	72	17	18	20	1	14	11
SiO ₂	37.93	37.80	38.09	37.72	48.66	51.51	47.9	50.12	48.28	47.04
TiO ₂	1.79	1.63	1.56	1.55	0.37	0.19	0.34	0.18	0.21	0.36
Al ₂ O ₃	13.35	13.26	12.96	12.86	3.24	1.57	4.20	2.35	3.15	4.41
Cr ₂ O ₃	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	0.07	0.02	0.05
Fe ₂ O ₃ *	4.58	5.02	5.24	5.46	5.37	1.09	5.52	3.46	4.56	0.86
FeO*	15.85	15.22	16.00	16.06	11.49	11.06	10.54	12.38	12.83	16.53
MnO	0.50	0.65	0.56	0.53	0.58	0.53	0.65	0.63	0.60	0.42
MgO	7.23	7.27	6.86	6.89	7.29	9.96	7.16	7.82	6.83	3.21
CaO	11.52	11.54	11.43	11.72	21.98	23.02	21.61	22.35	22.68	21.79
Na ₂ O	1.64	1.53	1.60	1.41	1.14	0.63	1.28	0.97	0.70	1.29
K ₂ O	2.71	2.50	2.34	2.38	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
H ₂ O*	1.93	1.92	1.92	1.91	-	-	-	-	-	-
F	0.47	0.43	0.40	0.40	-	-	-	-	-	-
O=F	-0.20	-0.18	-0.17	-0.17	-	-	-	-	-	-
TOTAL	99.36	98.62	98.84	98.78	100.17	99.60	99.23	100.34	99.87	95.96
Si ⁴⁺	5.944	5.951	5.995	5.955	1.879	1.966	1.861	1.927	1.881	1.920
^{IV} Al ³⁺	2.056	2.049	2.005	2.045	0.121	0.034	0.139	0.073	0.119	0.080
^{VI} Al ³⁺	0.410	0.412	0.398	0.347	0.026	0.037	0.053	0.033	0.026	0.132
Ti ⁴⁺	0.211	0.193	0.185	0.184	0.011	0.005	0.010	0.005	0.006	0.011
Cr ³⁺	0.006	0.005	0.006	0.008	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
Fe ³⁺	0.540	0.595	0.620	0.648	0.156	0.031	0.161	0.100	0.134	0.026
Fe ²⁺	2.077	2.003	2.106	2.120	0.371	0.353	0.342	0.398	0.418	0.564
Mn ²⁺	0.066	0.086	0.075	0.071	0.019	0.017	0.021	0.021	0.020	0.015
Mg ²⁺	1.690	1.705	1.610	1.622	0.420	0.567	0.415	0.448	0.397	0.195
Na ⁺	-	-	-	-	-	0.047	0.096	0.072	0.053	0.102
Na ⁺ in B	0.066	0.054	0.072	0.017	-	-	-	-	-	-
Na ⁺ in A	0.434	0.414	0.414	0.413	-	-	-	-	-	-
K ⁺ in A	0.542	0.503	0.470	0.479	-	-	-	-	-	-
Ca ²⁺	1.934	1.946	1.928	1.983	0.910	0.942	0.900	0.920	0.947	0.953
F ⁻	0.233	0.212	0.200	0.200	-	-	-	-	-	-
CatSum	16.208	16.128	16.084	16.092	4	4	4	4	4	4
O					6	6	6	6	6	6

s = střed (centre); o = okraj (rim); * – dopočteno ze stechiometrie, calculated by stoichiometry

Amf – amfibol, amphibole; Cpx – klinopyroxen, clinopyroxene; Di – diopsid, diopside, Hd – hedenbergit, hedenbergite; Pl – plagioklas, plagioclase, Scp – skapolit, scapolite; Adr – andradit, andradite



Obr. 4. Chemické složení granátu. Pokojovice – studovaná hornina, Sokolí – pyroxen-granátický skarn s magnetitem v mramoru, Markvartice – andraditový mikroklinit, Visky u Řimova – wollastonit-granátický skarn v amfibolitu.

Fig. 4. Chemical composition of garnets. Pokojovice – rock studied, Sokolí – magnetite-bearing pyroxene-garnet skarn inside marble, Markvartice – andradite microclinite, Visky u Řimova – wollastonite-garnet skarn inside amphibolite.

Andradit

Granát je součástí masivní horniny, v níž tvoří porfyroblasty s hypautomorfním omezením a agregáty zrn, zejména v asociaci s pyroxenem, meionitem a plagioklasem. Ojedinelé jsou krystaly v dutinách, uzavírané v mladším kalcitu. Je nezonální, bohatý andraditovou složkou (63–69 Adr) a vyznačuje se zvýšeným podílem Ti (0,071–0,079 apfu) při relativně nízkém podílu Mn (0,054–0,056 apfu). Podíl pyralspitu (Alm > Sps > Prp) mírně kolísá mezi 8–10 mol. % (tab. 2). Studovaný granát se podobá andraditu z mikroklinů a pegmatitů od nedalekých Markvartic a odlišuje se od granátů skarnů zatlačujících mramory (Sokolí) nebo i amfibolity (Víska u Římovy) v blízkém okolí (obr. 4).

Tabulka 2. Reprezentativní složení granátů.
Table 2. Representative composition of garnets.

anal. č.	Adr 7	Adr 8	Adr 9	Adr 15	Adr 24
SiO ₂	35.57	36.07	35.25	35.65	35.73
TiO ₂	1.17	1.23	1.26	1.22	1.14
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	5.71	5.88	5.95	6.04	5.68
Cr ₂ O ₃	0.02	0.22	0.08	0.07	0.04
V ₂ O ₃	0.08	0.10	0.11	0.13	0.10
Fe ₂ O ₃	21.85	20.29	21.16	21.12	21.95
FeO	2.20	3.11	2.35	2.33	1.93
MnO	0.78	0.79	0.76	0.80	0.77
MgO	0.21	0.19	0.18	0.20	0.19
CaO	31.28	31.06	31.00	31.32	31.73
Na ₂ O	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02
TOTAL	98.93	99.01	98.17	98.93	99.3
Si ⁴⁺	2.960	2.993	2.954	2.962	2.962
Ti ⁴⁺	0.073	0.077	0.079	0.076	0.071
P ⁵⁺	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Al ³⁺	0.560	0.575	0.588	0.591	0.555
Cr ³⁺	0.001	0.014	0.005	0.005	0.003
V ³⁺	0.005	0.007	0.007	0.009	0.007
Fe ³⁺	1.369	1.267	1.334	1.320	1.369
Fe ²⁺	0.153	0.216	0.165	0.162	0.134
Mn ²⁺	0.055	0.056	0.054	0.056	0.054
Mg ²⁺	0.026	0.024	0.022	0.025	0.023
Ca ²⁺	2.789	2.762	2.783	2.788	2.818
Na ⁺	0.006	0.008	0.006	0.005	0.003
	3.029	3.066	3.03	3.036	3.032
CATSUM	8	8	8	8	8
O	12	12	12	12	12
Adr	69	63	67	66	69
Grs	24	27	25	26	24
Ca-granát celk.	92	90	92	92	92
Alm	5	7	6	5	5
Sps	2	2	2	2	2
Prp	1	1	1	1	1
pyralspit	8	10	8	8	8

Adr – andradit, andradite; Grs – grossular, grossular;

Alm – almandin, almandine;

Sps – spessartin, spessartine; Prp – pyrop, pyrope

Meionit

Skapolit v asociaci s granátem a pyroxenem představuje nejtýpější minerál studované horniny. Vzácně tvoří i reliktů v plagioklasu (obr. 3). Je nezonální, bohatý Ca-složkou ($X_{\text{Mei}} \sim 72-73$) a s relativně vysokým podílem SO_3 (1,91–2,29 hm. %; 0,225–0,272 apfu S). Nízký, ale stálý je obsah Fe (0,01–0,03 apfu), Sr a K (oba $\sim 0,01$ apfu); za zmínku stojí podíl F (0,04–0,07). Rozpočet analýz odpovídá sulfátem bohatému karbonát-meionitu, v němž obsah Cl leží na hranici detekce (tab. 3).

Tabulka 3. Reprezentativní složení skapolitu a živeců.
Table 3. Representative composition of scapolites and feldspars.

anal. č.	Mei 3	Mei 16	Mei 19	Pl 5	Pl 13	Kfs 6	Kfs 12
SiO ₂	45.17	46.85	46.07	66.93	59.99	64.41	64.59
P ₂ O ₅	0.02	b.d.	b.d.	0.01	b.d.	0.05	b.d.
Al ₂ O ₃	25.79	26.04	25.89	20.52	25.3	18.89	19.13
FeO	0.09	0.22	0.06	0.04	0.24	0.06	0.31
MnO	0.02	0.02	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
MgO	0.03	b.d.	0.03	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
CaO	17.76	17.38	17.36	2.84	7.43	0.05	0.17
SrO	0.07	0.07	0.05	b.d.	0.15	0.21	0.22
BaO	0.31	b.d.	0.1	b.d.	b.d.	0.34	0.77
Na ₂ O	3.55	3.79	3.57	9.36	7.30	0.89	1.18
K ₂ O	0.06	0.06	0.03	0.07	0.29	15.01	14.72
SO ₃	2.28	2.29	1.91	-	-	-	-
CL	b.d.	0.01	0.01	-	-	-	-
F	0.13	0.11	0.07	-	-	-	-
O=CL				-	-	-	-
O=F	-0.05	-0.05	-0.03	-	-	-	-
TOTAL	95.23	96.79	95.12	99.77	100.7	99.91	101.09
Si ⁴⁺	7.173	7.250	7.219	2.936	2.663	2.976	2.963
P ⁵⁺	0.003					0.002	
Al ³⁺	4.827	4.750	4.781	1.061	1.324	1.029	1.034
Fe ²⁺	0.012	0.028	0.008	0.001	0.009	0.002	0.012
Mn ²⁺	0.003	0.003					
Mg ²⁺	0.007		0.007				
Ca ²⁺	3.022	2.882	2.914	0.133	0.353	0.002	0.008
Sr ²⁺	0.006	0.006	0.005		0.004	0.006	0.006
Ba ²⁺	0.019		0.006			0.006	0.014
Na ⁺	1.093	1.137	1.085	0.796	0.628	0.080	0.105
K ⁺	0.012	0.012	0.006	0.004	0.016	0.885	0.861
S ⁶⁺	0.272	0.266	0.225				
Cl ⁻		0.003	0.003				
F ⁻	0.065	0.054	0.035				
CO ₃ [*]	0.663	0.677	0.737				
O ²⁻	25.998	25.889	25.75				
CATSUM	16.449	16.334	16.255	4.933	4.998	4.988	5.003
AN SUM	26.063	25.945	25.787	8	8	8	8
Xmei	73	72	73				

Mei – meionit, meionite; Pl – plagioklas, plagioclase, Kfs – draselný živec, potassium feldspar

*CO₃ vypočten jako (1-Cl+S+F), calculated as a (1-Cl+S+F)

rozpočet na bázi 12 Si+Al, calculation on 12 Si+Al

Živce

Podřízenou složku studované horniny tvoří draselné živce a plagioklasy. Plagioklas při okrajích zrn skapolitu je pravděpodobně mladším minerálem, ale reakční textury nejsou jednoznačně přesvědčivé. Je bohatý Na-složkou, jde o oligoklas až andezín (< 0,353 apfu Ca) (tab. 3). Draselný živec má nízký podíl Na (0,08–0,10 apfu) a zejména Ba (na hranici stanovení). Není patrné, že by živce vznikly externím přínosem K a Na z okolí.

Titanit

V negranátických partiích horniny je typickým akcesorickým minerálem a to v asociaci se živci. Má průměrný, spíše nízký obsah Al (0,06–0,08 apfu) a F (0,07–0,09 apfu); za zmínku stojí jen obsah Zr a V. Cín, Nb a LREE jsou na hranici a pod hranici stanovení (Tab. 4). Složení titanitu odpovídá titanitům z mramorů a pyroxenických rul východní části moldanubika neovlivněných metasomatickými procesy, zejména přínosem F (NOVÁK *et al.* 1990).

Tabulka 4. Reprezentativní složení titanitu a magnetitu.
Table 4. Representative composition of titanite and magnetite.

anal. č.	Ttn 2	Ttn 25	Ttn 26	Mag 4	Mag 23	
SiO ₂	29.31	29.84	29.75	SiO ₂	0.03	b.d.
TiO ₂	33.75	34.76	33.77	TiO ₂	0.01	0.06
ZrO ₂	0.15	0.12	0.17	Al ₂ O ₃	0.05	0.07
Al ₂ O ₃	1.89	1.57	2.10	Cr ₂ O ₃	0.66	0.20
V ₂ O ₃	0.15	0.10	0.11	V ₂ O ₃	0.12	0.14
FeO	1.90	1.35	1.37	Fe ₂ O ₃	67.91	68.47
MgO	0.07	0.00	0.00	FeO	30.67	30.75
CaO	26.89	27.72	27.34	MnO	0.10	0.14
Nb ₂ O ₅	0.05	0.03	0.06	MgO	b.d.	0.01
F	0.76	0.75	0.90	CaO	0.10	0.03
H ₂ O*	4.43	4.50	4.40	NiO	0.06	0.06
O=F	-0.32	-0.31	-0.38	ZnO	0.03	0.03
				CoO	0.07	0.10
TOTAL	99.06	100.42	99.63	TOTAL	99.8	100.06
Si ⁴⁺	0.918	0.921	0.924	Si ⁴⁺	0.001	
Ti ⁴⁺	0.795	0.807	0.789	Ti ⁴⁺		0.002
Zr ²⁺	0.002	0.002	0.003	Al ³⁺	0.002	0.003
Al ³⁺	0.070	0.057	0.077	Cr ³⁺	0.020	0.006
V ³⁺	0.004	0.002	0.003	V ³⁺	0.004	0.004
Fe ²⁺	0.050	0.035	0.036	Fe ³⁺	1.971	1.983
Mg ²⁺	0.003			Fe ²⁺	0.989	0.990
Ca ²⁺	0.903	0.916	0.910	Mn ²⁺	0.003	0.005
Nb ⁵⁺	0.001		0.001	Mg ²⁺		0.001
F ⁻	0.075	0.073	0.089	Ca ²⁺	0.004	0.001
H ⁺	0.925	0.927	0.911	Ni ²⁺	0.002	0.002
O ²⁻	4.925	4.927	4.911	Zn ²⁺	0.001	0.001
				Co ²⁺	0.002	0.003
CATSUM	2.746	2.740	2.743	CATSUM	3	3
AN SUM	5	5	5	O	4	4

Ttn – titanit, titanite; Mag – magnetit, magnetite

* vypočteno ze stechiometrie, calculated by stoichiometry

REE, Sn, U, Th – pod mezí detekce, REE, Sn, U, Th – below detection limits

Magnetit

Drobná zrna magnetitu jsou většinou rozložena pravidelně v asociaci, zejména s klinopyroxenem a granátem. Jde o čistý magnetit s mírně vyšším podílem chromu (0,20–0,66 hm. % Cr_2O_3), manganu (0,10–0,14 hm. % MnO) a vanadu (0,12–0,14 hm. % V_2O_3), zatímco obsah Ti, Al a Mg je nízký (Tab. 4).

5. DISKUSE

Studovaná hornina se vyznačuje v moldanubiku západní Moravy nepříliš obvyklou minerální asociací bohatou Ti-andraditem a Ca-skapolitem. Jak vyplývá z geologických poměrů lokality (menší konformní zvrásněné polohy v amfibolitu), představuje nejspíše produkt regionální metamorfózy protolitu s vhodným chemickým složením, bohatým Ca, Fe, Ti a pravděpodobně rovněž K. Za zmínku stojí rovněž relativně oxidační prostředí metamorfózy, čemuž odpovídá méně obvyklé složení okolního amfibolitu (s 4,01 a 5,61 hm. % Fe_2O_3 při 4,18 a 4,97 hm. % FeO; $\text{K} > \text{Na}$, 4,5 a 5,7 hm. % K_2O ; TRNKA a HOUZAR 1993), přítomnost magnetitu místo ilmenitu i obecné podmínky stability (Ti-) andraditu v podmínkách vysoké fugacity O_2 (HUCKENHOLZ a YODER 1971, TAYLOR a LIOU 1978).

Andraditem bohaté horniny jsou v moldanubiku relativně vzácné. Nedosahují nikde větších mocností a bývají sdruženy s amfibolity, příp. s menšími vložkami mramorů, jejichž minerály jsou bohaté železem. Vysoký podíl andraditové složky (> 80 %) má např. granát v asociaci s Mn-hedenbergitem a magnetitem z 3 cm mocné polohy v mramoru střídajícím se s amfibolity z lokality Hartenstein v Rakousku (SCHARBERT 1966, HUCKENHOLZ a YODER 1971).

Zvýšeným podílem Ti a celkovou asociací se pokojovickému granátu podobají andradity z amfibolitů sdružených s mramory od Šebanova (62–71 ADR), v asociaci s Hd a Ca-skapolitem, a z Pacovy hory u Chýnova (~ 68 ADR, dále Hd/Di, Ep, Cal), jež doprovázejí Mn-bohaté metamorfity (VRÁNA 2011). Naopak skarnové granáty mají v moldanubiku západní Moravy obvykle jiné složení. Ve skarnech na bezprostředním kontaktu s mramory jde převážně o grossular s cca 25–30 % ADR, v regionálně metamorfovaných Fe-skarnech převládají granáty o složení grossular-almandin s kolísajícím, ale obvykle neprevládajícím podílem andraditové složky (srov. např. NĚMEC 1991).

Nepříliš obvyklé složení má i studovaný skapolit relativně bohatý silvianitovou komponentou. Zdroj S není jasný, neboť s výjimkou akcesorického chalkopyritu nebyly jiné sulfidy v okolních horninách zjištěny (nestabilita sulfidů v oxidačním prostředí?). Publikovaných analýz skapolitů z jihovýchodní části Českého masivu, se stanovením S a Cl, je však pro vzájemné porovnání dosud velmi málo. Svým složením (vysoký podíl S a nepřítomnost Cl) se pokojovický skapolit nejvíce podobá meionitu (64–73 Mei; 3,52 hm. % SO_3 a 0,14 hm. % Cl) z anhydrit-obsahujících metaexhalitů(?) uranového ložiska Rožná, které vystupují v pestré, amfibolity bohaté sekvenci gföhlské (?) jednotky (KRÍBEK *et al.* 2002).

Z moldanubika Waldviertelu popisuje Högelsberger (1998) z mramorů a vápenatosilikátových hornin drosendorfské jednotky dva typy skapolitu. Převládá meionit chudý Cl (75–80_{Mei}; X_{Cl} 0–0,04), vzácnější je marialit-mejonit (36–62_{Mei}) s relativně vysokým obsahem Cl (X_{Cl} 0,29–0,57), typický pro prostředí metaevaporitů. Chlorem bohatému marialitu s 2,4–2,6 hm. % Cl odpovídají (částečně?, *pozn autora*) skapolity pestré (drosendorfské) jednotky na Českokrumlovsku (KRÍBEK *et al.* 1997). Skapolit z křemen-skapolit-hedenbergitových hornin (se scheelitem, titanitem a ojedinelým granátem) z drosendorfské jednotky u Wietzenu (Rakousko) vedle vyššího podílu Ca (prům. 68 Mei) obsahuje 0,70 hm. % Cl a $\text{S} < 100$ ppm (BERAN *et al.* 1985). Skapolity pyroxenových rul v gföhlské (?) jednotce u Stupešic (u Jevišovic), vystupujících společně s granulity, mají podobné složení: 64–69 % Mei, 0,76–0,86 hm. % Cl a 0,01–0,03 hm. % SO_3 (nepublikované údaje autora).

6. ZÁVĚR

Studovaná hornina, vystupující v pestrém komplexu metamorfítů moldanubika západně od Třebíče, se vyznačuje minerální asociací, která v moravském moldanubiku nebyla dosud známa. Hornina se střídá v cm-dm polohách s tenkými vložkami růžových kalcitických mramorů s kvalitativně shodnou minerální asociací silikátů, které nemají v okolním moldanubiku obdoby, a s mocnějšími polohami drobnozrnných Amf-Pl ±Kfs amfibolitů. Přes určitou podobnost s některými skarny (asociace Adr-Hd ±Mag ±Ep) se od nich odlišuje vyšším podílem Ti v granátu a podstatným zastoupením Ca-skapolitu (meionitu) chudého Cl, se zvýšeným obsahem sulfátové komponenty. Také obsah Cr v magnetitu je oproti magnetitům západomoravských skarnů mírně zvýšený, obsah Al naopak výrazně nižší. Hornina vznikla pravděpodobně regionální metamorfózou chemicky vhodného protolitu (bazické tufy či tufity) v relativně oxidických, pro běžnou regionální metamorfózu amfibolitové facie nepřilíš typických podmínkách. Andradit-meionit-pyroxenová hornina svým méně obvyklým složením dobře zapadá do okolní, litologicky poněkud specifické sekvence, kterou lze charakterizovat zejména přítomností biotit-magnetitových leukokratních rul, magnetit-křemenných a andradit (± pyroxen)-kalcitových mikroklinitů a místy i andraditových pegmatitů.

PODĚKOVÁNÍ

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862). Děkuji dr. D. Buriánkovi a Mgr. J. Tomanovi za pomoc se zpracováním obrazových příloh a dvěma recenzentům za připomínky k rukopisu práce.

7. LITERATURA

- BARVÍR, J., 1893: Korund von Pokojovice bei Okříško im west. Mähren. – *Sitzungsberichte d. königl. böhm. Gesell. d. Wissensch. Math.-naturwiss. Classe.* (Prag). 41, 1–10.
- BERAN, A., GÖD, R., GÖTZINGER, M., ZEMANN, J., 1985: A scheelite mineralization in calc-silicate rocks of the Moldanubicum (Bohemian Massif) in Austria. – *Mineral Deposita*, 20, 16–20.
- ČOPIJKOVÁ, R., HOUZAR, S., 2009: Zirkonolit v mramoru u Krahulova a stáří HT/LP metamorfózy moldanubika v kontaktní aureole trebičského plutonu. – *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 94, 67–76.
- DALLMEYER, R. D., FRANKE, W., WEBER, K. (eds.), 1995: Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe. (Chapter VII. Moldanubian Zone). – Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 317–466.
- HÁZDROVÁ, S., HOUZAR, S., HRÁDEK, M., MANOVÁ, M., RŮŽIČKA, I., ŠALANSKÝ, K., TRNKA, M., VESELÁ, M., VESELÝ, J. (1989): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000, list 23-423 Okříšky. – *MS, GF P068765*, 105 p.
- HÖGELSBERGER, H., 1998: Scapolite chemistry in the Varied group (Austrian Moldanubicum). – *Acta Univ. Carol. Geol.*, 42, 2, 263–264.
- HOUZAR, S., ŠREIN, V., 1990: Calcite-andradite microcline from Markvartice near Třebíč. – *Acta Mus. Morav. Sci. nat.*, 75, 3–20.
- HOUZAR, S., ŠREIN, V., 1995: Klinozoisit-epidot z trhlin mramorů, skarnů a amfibolitů jihozápadní Moravy. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 79, 9–23.
- HUCKENHOLZ, H. G., YODER, jr., H. S., 1971: Andradite Stability Relations in the CaSiO₃-Fe₂O₃ join up to 30 kb. – *Neu. Jb. Mineral. Abh.*, 114, 3, 246–280.
- CHÁB, J., BREITER, K., FATKA, O., HLADIL, J., KALVODA, J., ŠIMŮNEK, Z., ŠTORCH, P., VAŠIČEK, Z., ZAJÍC, J., ZAPLETAL, J., 2008: Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. – Česká geologická služba Praha, 283 p.
- KŘÍBEK, B., HLADÍKOVÁ, J., FRÝDA, J., 1997: Scapolite and anhydrite-bearing rocks from the Moldanubian zone of the Bohemian Massif: high-grade metamorphosed exhalites?. – *Mineral. Deposita*, 37, 465–479.

- KŘÍBEK, B., HLADÍKOVÁ, J., HOLECZY, D., 2002: Anhydrite-bearing rocks from the Rožná district (Moldanubian Zone, Czech Republic) of the Bohemian Massif: Metamorphosed exhalites and evaporites. - *J. Czech Geol. Soc.*, 42, 3, 62.
- LEAKE, B. E., WOOLLEY, A. R., ARPS, C. E. S., BIRCH, W. D., GILBERT, M. C., GRICE, J. D., HAWTHORNE, F. C., KATO, A., KISCH, H. J., KRIVOVICHEV, V. G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO, J., MARESCH, W. V., NICKEL, E. H., ROCK, N. M. S., SCHUMACHER, J. C., SMITH, D. C., STEPHENSON, N. C. N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E. J. W., and YOUZHI, G., 1997: Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names. - *Mineral. Mag.*, 61(2), 295-321.
- NĚMEC, D., 1991: Regional typization of the iron skarns of the Bohemian - Moravian Heights. - *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 76, 51-82.
- NĚMEC, D., 1992: Identification of the Leptite formation in the Moldanubicum. - *Acta Mus. Morav., Sci. Nat.*, 77, 41-47.
- NOVÁK, M., ŠKODA, R., 2007: Mn³⁺-rich andalusite to kanonaite and their breakdown products from metamanganolite at Kojetice near Třebíč, the Moldanubian Zone, Czech Republic. - *J. Geosciences*, 52, 161-167.
- NOVÁK, M., ŠREIN, V., HOUZAR, S., 1990: Chemical composition of titanite from various calc-silicate rocks and associated pegmatites in the eastern part of the Moldanubicum, western Moravia. - *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 75, 3-20.
- POUCHOU, J. L., PICOIR, F., 1985: "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. - *Microbeam Analysis*, 20, 104-105.
- SCHARBERT, H. G., 1966: Andradite-führende Einhaltungen im Marmor von Hartenstein (Kl. Kremstal, N. O.). - *Neu. Jb. Mineral. Monatsh.*, 7, 221-223.
- TAYLOR, B. E., LIU, J. N., 1978: The low-temperatures stability of andradite in C-O-H fluids. - *Amer. Mineral.*, 63, 378-393.
- TRNKA, M., HOUZAR, S., 1993: Corundum pegmatite from Pokojovice near Třebíč. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. nat.*, 78, 3-12.
- VRÁNA, S., 2011: Manganese rich garnet-quartz rocks and gneisses in the Bohemian part of the Moldanubian Zone: lithostratigraphic markers. - *J. Geosciences*, 56, 359-374.
- ŽÁČEK, V., 2007: Potassian hastingsite and potassichastingsite from garnet-hedenbergite skarn at Vlastějovice, Czech Republic. - *N. Jb. Miner. Abh.*, 184, 2, 161-168.