

METAMORFNÍ VÝVOJ SVORŮ A JEJICH TEKTONICKÁ POZICE V POLIČSKÉM KRÝSTALINIKU

METAMORPHIC EVOLUTION OF MICA-SCHISTS AND THEIR TECTONIC POSITION
IN THE POLIČKA CRYSTALLINE COMPLEX

DAVID BURIÁNEK

Abstract

Buriánek, D., 2009: Metamorfni vývoj svorů a jejich tektonická pozice v poličském krystaliniku, Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 94, 111-128.

Metamorphic evolution of mica-schists and their tectonic position in the Polička Crystalline Complex

The Polička Crystalline Complex is situated in the eastern part of the Bohemian Massif. This metamorphosed volcano-sedimentary complex is composed mainly of biotite to two mica gneisses. Mica-schists are present only as small lenses or bodies within gneisses, which represent typical rocks of the Polička Crystalline Complex. Based on the geological position, two types of mica-schists were recognized: (i) Mica-schists with mineral assemblage Qtz+Ms+Bt+Grt±Pl±Sill are situated along the contact with the Svratka Crystalline Complex (W boundary Polička Crystalline Complex). These mica-schists yield PT conditions of 642 ± 124 °C and 8 ± 2 kbar. (ii) Mica-schists with mineral assemblage Qtz+Ms+Bt±Pl±St ±Grt±Pl±Ky form several N-S oriented stripes between villages Stašov, Hamry and Jedlová on NE margin of the Polička Crystalline Complex. Mica-schists in this part of the Polička Crystalline Complex indicate peak P-T conditions of ~650 °C and ~8 kbar and younger decrease of pressure to about 7 kbar and 660 °C, related to thrusting of the Letovice Crystalline Complex over the Polička Crystalline Complex. According their mineralogy and geological position can be the mica schists interpreted as tectonic slice rocks from surrounding units (Svratka and Letovice Crystalline Complex) incorporated into the volcano-sedimentary complex of the Polička Crystalline Complex during Variscan orogeny.

Key words: metamorphism, mineralogy, mica-schist, Polička Crystalline Complex, Bohemian Massif.

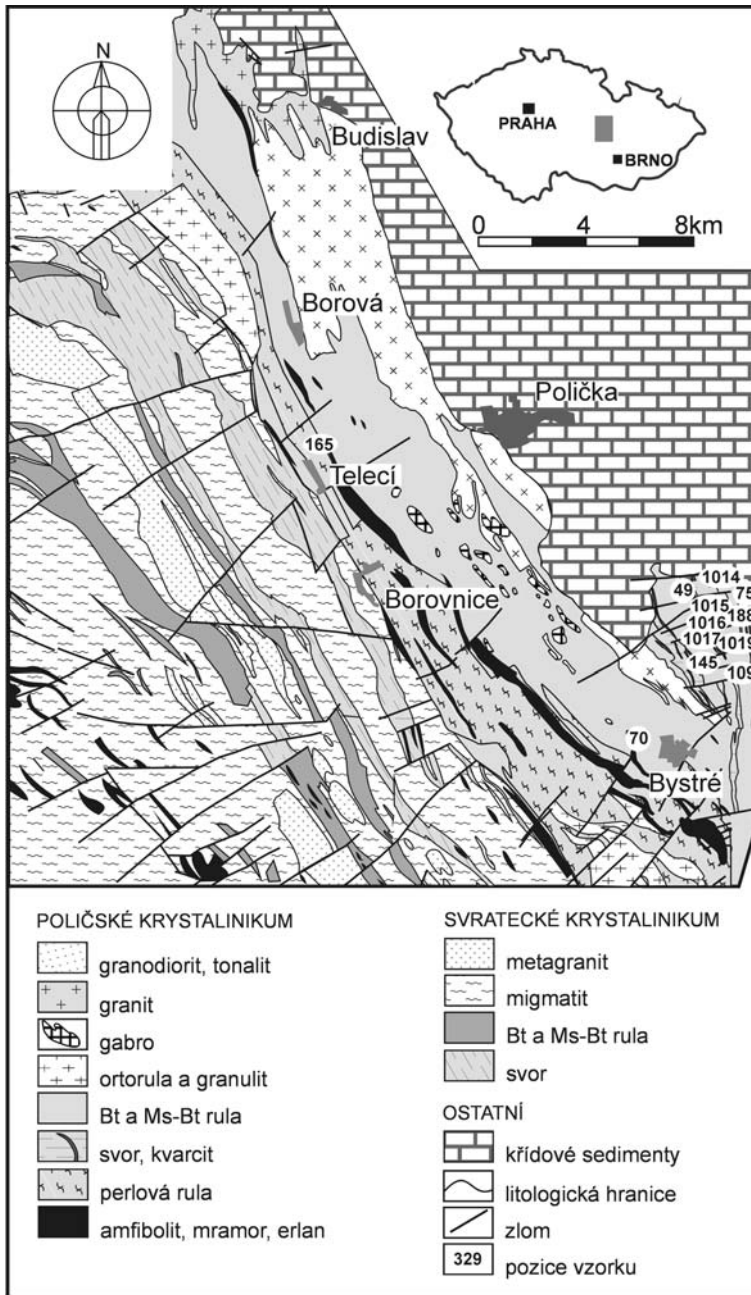
David Buriánek, Czech Geological Survey, Leitnerova 23, Brno, e-mail: david.burianek@geology.cz

1. Úvod

Svory nejsou typickou součástí litologie metamorfovaného vulkanosedimentárního komplexu poličského krystalinika. Tato jednotka byl původně tvořena převážně drobnými, které jsou dnes přeměněny na dvojslídne až biotitické ruly misty s granátem. V drobných se hojně vyskytovaly vložky pelitů, z nichž po metamorfóze vznikly dvojslídne ruly se silimanitem a granátem (BURIÁNEK 1999).

Mineralogické složení studovaných svorů vykazuje rovněž řadu odlišností od typických metasedimentů poličského krystalinika. Ve srovnání s rulami mají svory nižší obsah živců a většinou také biotitu. Poměrně běžně se ve svorech objevuje staurolit, který není v rulách poličského krystalinika přítomen.

Svory se ve větší části této geologické jednotky nevyskytují a nacházíme je pouze ve dvou okrajových oblastech. Tvoří drobné vložky v rulách na západním okraji poličského



Obr. 1. Zjednodušená geologická mapa poličského krystalinika s vyznačenou pozicí studovaných vzorků (upraveno podle: BURIÁNKA *et al.* 2009, ČECHA *et al.* 2009, HANŽLA *et al.* 2008, MISAŘE *et al.* 1995; STÁRKOVÉ *et al.* 1996 a 1998).

Fig. 1. Simplified geological map of the Polička Crystalline Complex with sample locations (modified from: BURIÁNEK *et al.* 2009, ČECH *et al.* 2009, HANŽL *et al.* 2008, MISAŘ *et al.* 1995; STÁRKOVÁ *et al.* 1996 and 1998).

krystalinika v okolí obcí Borovnice, Telecí a Borová (obr. 1). Zde lemují hranici se svrteckým krystalinikem. Poněkud větší plošný rozsah mají svory na severovýchodním okraji krystalinika. Svory zde tvoří polohy o mocnosti až několik desítek metrů, které se střídají s polohami kvarcítů a rul v oblasti mezi obcemi Jedlová, Hamry a Stašov (obr. 5). Od podobných hornin v letovickém krystaliniku je odděluje svojanovská mylonitová zóna, která tvoří východní hranici poličského krystalinika (MÍŠAŘ 1962).

Cílem práce je pokusit se diskutovat původ a metamorfní vývoj svorů v poličském krystaliniku.

2. Metodika

Pro podrobné studium bylo vybráno 12 vzorků svorů z poličského krystalinika (tab. 1). Z tohoto množství je pouze jeden vzorek ze západního okraje poličského krystalinika a ostatní pochází z východního okraje této jednotky. Dalších 17 vzorků z obou oblastí poličského krystalinika bylo studováno pouze pomocí optického mikroskopu.

Analýzy minerálů byly provedeny na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 (Laboratoř elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, Ústav geologických věd PřF MU a Česká geologická služba). Měření probíhalo ve vlnově disperzním módu za následujících analytických podmínek: urychlovací napětí 15 kV; průměr elektronového svazku < 1 μm pro granát, 5 μm pro turmalín a slídy; proud svazku 10 nA pro turmalín a slídy a 20 nA pro granát; načítací čas 10–20 s pro hlavní prvky, 20–60 s pro stopové prvky; operátor R. Čopjaková. Byly použity tyto standardy: Si, Al – sanidin, Mg – olivín, Fe – almandin, Ca – andradit, Mn – rhodonit, Ti – Ti-amfibol, Cr – chromit, Na – albit, K – ortoklas, P – apatit, F – topaz, Cl – vanadinit, Zn – gahnit, V – vanadinit, Cu – Cu, Y – YAG. Obsahy prvků byly přepočteny PAP korekcí (POUCHOU a PICHOR 1985).

Staurolyty byly přepočteny na 46 aniontů, veškeré Fe bylo uvažováno jako Fe²⁺. Krystalochemické vzorce slíd jsou vypočteny na 20O+4(OH+F) a vzorce chloritů na 28O. Granáty byl přepočteny na 12O, Fe²⁺ a Fe³⁺ bylo rozpočteno na základě stechiometrie (Si+B-pozice = 5). Použité zkratky minerálů jsou podle KRETZE (1983), $X_{Fe} = Fe/(Fe+Mg)$ a $X_{Mg} = Mg/(Fe+Mg+Mn+Cr+Zn)$.

Horninové analýzy byly provedeny v laboratořích Acme Analytic Laboratories Ltd., Vancouver, Kanada. Oxidy v silikátových analýzách byly stanoveny metodou ICP-ES, stopové prvky a prvky skupiny vzácných zemin byly stanoveny metodou ICP-MS. Geochemická data byla přepočtena pomocí programu GCDkit (JANOUBEK *et al.*, 2003). Byly odebrány tři vzorky svorů pro horninové analýzy z východního okraje poličského krystalinika (tab. 2), které byly srovnány s čtrnácti chemickými analýzami z rul. Údaje o chemickém složení rul poličského krystalinika byly převzaty z vysvětlivek k mapovým listům Polička (ČECH *et al.*, 2009) a Jedlová (BURIÁNEK *et al.* 2009).

Tabulka 1. Seznam studovaných vzorků svorů a ruly* s uvedenou minerální asociací na jednotlivých lokalitách.

Table 1. The list of studied samples mica schist and gneiss* with mineral assemblages for all localities.

vzorek	minerální asociace	lokalita
49	Qtz+Ms+Bt+Pl+St	Stašov
75	Qtz+Ms+Bt+Pl+St	Stašov
109	Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl+Ky	Hamry
145	Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl+Sil	Dolní Jedlová
165	Qtz+Ms+Bt+Sill+Grt	Telecí
188	Qtz+Ms+Bt+Pl+St+Grt	Stašov
1012	Qtz+Ms+Bt+Grt+St	Čtyři Dvory
1014	Qtz+Ms+Bt+Pl+St	Stašov
1015	Qtz+Ms+Pl+St+Grt	Stašov
1016	Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl+Sil	Stašov
1017	Qtz+Ms+Bt+Grt+St	Stašov
1019	Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl	Stašov
70	Qtz+Ms+Bt+Grt+Sil+Pl*	Bystré

Tabulka 2. Chemické složení studovaných svorů a medián chemického složení rul (*PK = poličské krystalinikum).

Table 2. Bulk-rock chemical compositions of the mica schist and median bulk-rock chemical compositions of the gneisses (*PK = Polička Crystalline Complex).

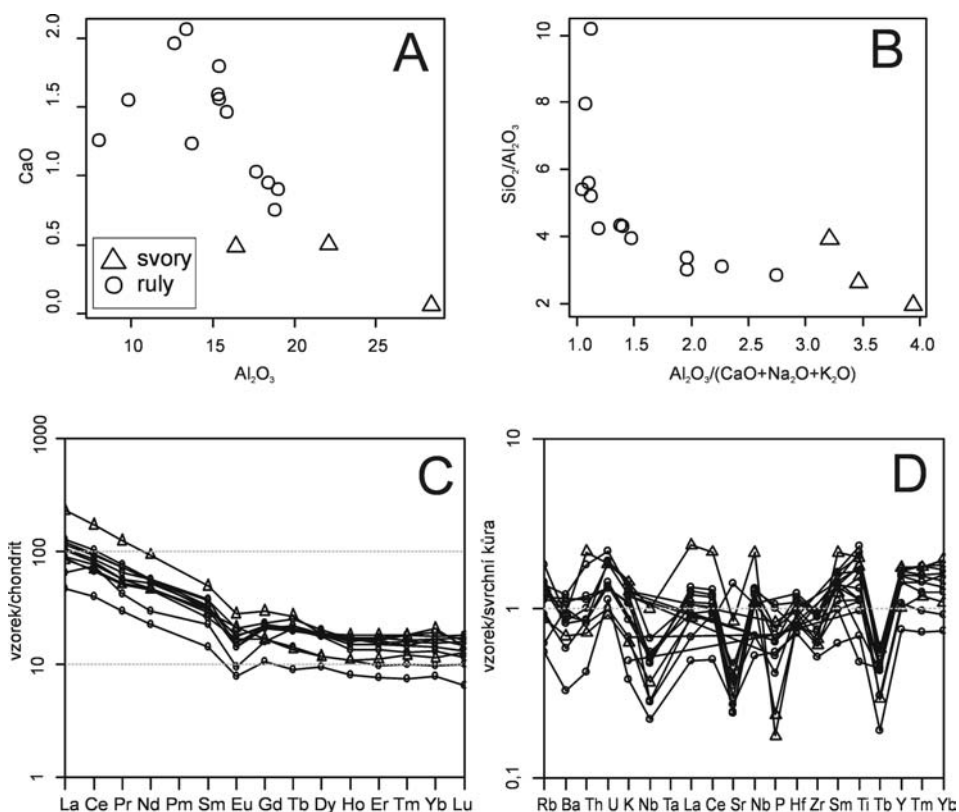
vzorek lokalita hornina	145 Jedlová svor	1017 Stašov svor	188 Stašov svor	medián PK* ruly
hm. % - wt. %				
SiO ₂	57,90	54,91	64,53	66,32
TiO ₂	1,06	1,20	0,92	0,67
Al ₂ O ₃	22,10	28,36	16,44	15,43
Fe ₂ O ₃	2,79	4,92	9,74	2,81
FeO	3,57	n.a.	n.a.	4,98
MnO	0,17	0,11	0,19	0,08
MgO	1,58	1,08	2,7	2,39
CaO	0,50	0,06	0,49	1,46
Na ₂ O	0,59	1,20	1,21	2,64
K ₂ O	4,16	4,73	2,07	3,57
P ₂ O ₅	0,14	0,03	0,04	0,12
LOI	n.a.	3,1	1,5	1,65
Celkem	94,55	99,70	99,83	102,12
ppm				
Ba	n.a.	659	481	629
Co	n.a.	17,1	15,1	13,5
Cu	n.a.	16,5	62	22,6
Ni	n.a.	28,4	27	27,8
Rb	n.a.	145,2	96,2	128,3
Sr	n.a.	295,4	159,2	122,8
V	n.a.	196	107	99
Sn	n.a.	5	1	4
Zn	n.a.	6	8	90
As	n.a.	24,4	1,0	1,6
U	n.a.	4,6	2,3	3,4
Nb	n.a.	24,9	9,2	12,0
Mo	n.a.	1,1	0,3	0,2
Y	n.a.	38,2	22,4	34,0
Zr	n.a.	158,1	145,8	212,2
Pb	n.a.	4,5	3,0	5,0
Cd	n.a.	0,10	< 0,20	0,25
Cs	n.a.	3,5	4,2	5,1
Th	n.a.	22,7	7,5	9,0
Ta	n.a.	2,2	0,5	1,0
Hf	n.a.	4,8	4,7	6,3
Sc	n.a.	21,0	24,0	13,5
Tl	n.a.	0,3	0,4	0,6
Bi	n.a.	0,3	< 0,5	0,2
W	n.a.	2,7	< 1,0	1,0
Ga	n.a.	38,1	22,0	19,6
La	n.a.	71,4	26,3	31,7
Ce	n.a.	137,7	56,1	65,1
Pr	n.a.	15,13	6,36	6,97
Nd	n.a.	55,7	28,2	31,5
Sm	n.a.	9,6	5,6	6,0
Eu	n.a.	2,04	1,57	1,12
Gd	n.a.	7,56	4,32	5,44
Tb	n.a.	1,27	0,64	0,98
Dy	n.a.	6,04	3,79	5,84
Ho	n.a.	1,29	0,78	1,14
Er	n.a.	3,81	2,33	3,27
Tm	n.a.	0,58	0,39	0,47
Yb	n.a.	4,30	2,38	3,22
Lu	n.a.	0,46	0,41	0,47

3. Geologická charakteristika poličského krystalinika a pozice svorů

Geologicky leží poličské krystalinikum v nadloží svrateckého krystalinika a v podloží hlinské zóny. MELICHAR (1995) tuto geologickou jednotku rozčlenil na tři litologicky rozdílná pásma. Na jihozápadě je spodní pestré pásmo tvořené perlovými a migmatizovanými rulami, amfibolity, mramory a leukokratními ortorulami. Na jihovýchodním okraji této zóny vystupuje granulitové těleso u Víru. Střední pásmo tvoří drobnozrnné biotitické pararuly s vložkami muskovit-biotitických rul se sillimanitem, svorů, metakonglomerátů a proniky metatonalitů. Svrchní pásmo v okolí Stašova má charakter svorů, kvarcitů a grafitických hornin. Každé pásmo má nejen odlišnou litologii ale i odlišný metamorfní vývoj (BURIÁNEK 2009 v tomto čísle).

Svory spodního pásma tvoří drobné vložky v rulách poličského krystalinika a to poblíž hranice se svrateckým krystalinikem na JZ (obr. 1, vz. 165). Zde bývají svory obklopeny perlovými rulami nebo dvojslídými rulami.

Svrchní pásmo (ostatní vzorky) je tvořeno polohami dvojslídých až muskovitických svorů o mocnosti od 1 m do několika stovek metrů, které se střídají s drobnozrnnými biotitickými, kvarcitickými pararulami, kvarcity a grafitickými kvarcity. Podle SVOBODY (1956) jsou grafitické kvarcity v nadloží poličského krystalinika a mají silurské stáří. Autor dokonce naznačuje podobnost grafitických kvarcitů s horninami hlinské zóny. Tento názor vyvrací FAJST (1961 a, b), podle něhož tvoří kvarcity litologicky odlišné polohy ve svorech. Svrchní pásmo se od zbývajících dvou liší nejen petrografickou náplní, ale také převažující orientací foliací. V celém krystaliniku mají foliace orientaci ve směru SZ–JV a uklání se k SV. Avšak v oblasti mezi Jedlovou a Stašovem se foliace postupně stáčí do



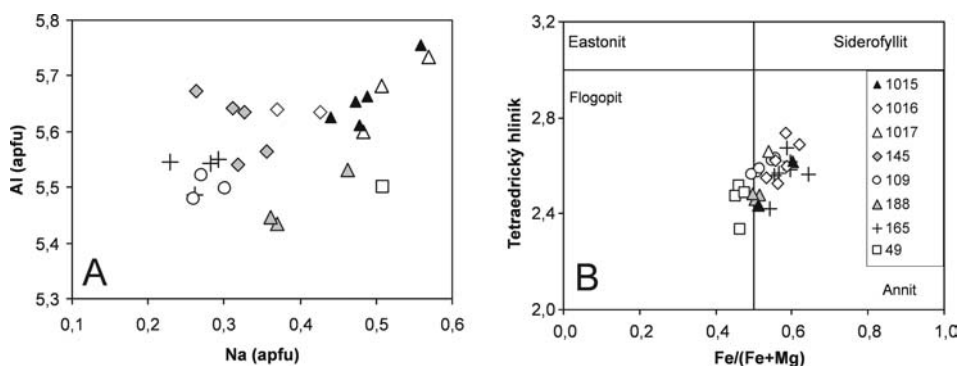
Obr. 2. Diagramy (A) CaO vs. Al₂O₃, (B) SiO₂ vs. Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O), (C) chondritem normalizované křivky REE a (D) hodnotami stopových prvků pro svrchní kůru normalizované křivky pro svory a rula poličského krystalinika. Hodnoty pro chondrit podle BOYNTONA (1984) a pro svrchní kůru podle TAYLORA a MCLENNANA (1985).

Fig. 2. Plots (A) CaO vs. Al₂O₃, (B) SiO₂ vs. Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O), (C) chondrite-normalized REE patterns and (D) upper crust normalized trace elements patterns for mica schists and gneisses in Polička Crystalline Complex. Chondrite values are from BOYNTON (1984) and upper crust values are from TAYLOR and MCLENNAN (1985).

směru SSZ-JZZ a uklání se pod středními až velkými úhly (35 až 75°) k VSV. Tento jev souvisí s deformací vázanou na svojanovskou mylonitovou zónou (JANOŠKA 1990).

4. Srovnání chemického složení rul a svorů v poličském krystaliniku

Obsahy SiO₂ (tab. 2) ve svorech (54,91–64,53 hm. %) jsou podobné jako v rulách (53,86–82,32 hm. %). Svory (obr. 2A) mají ve srovnání s rulami nižší obsahy CaO (0,06–0,5 hm. % vs. 0,75–2,06 hm. %) a Na₂O (0,59–1,21 hm. % vs. 0,64–4,04 hm. %). Naopak obsahy Al₂O₃ jsou ve svorech vyšší (16,44–28,36 hm. % vs. 8,09–19,01 hm. %). Dobře patrné jsou tyto rozdíly v diagramu SiO₂/Al₂O₃ vs. A/CNK (obr. 2B; SHAND 1943). Podle chemické klasifikace WIMMENAUEA (1984) mají ruly poličského krystalinika převážně složení podobné drobám a pelitům a svory odpovídají pelitům. Přechody do kvarcitů můžeme vysvětlit přítomností poloh lyditů (bulžníků) a pískovců. Pelitický původ svorů dokládají hodnoty Zr/Al₂O₃ v rozmezí 6–9. Naproti tomu ruly poličského krystalinika v na-



Obr. 3. Diagramy (A) Al vs. Na pro muskovity a (B) Fe/(Fe+Mg) vs. ^{IV}Al pro biotity ze svorů v poličském krystaliniku.

Fig. 3. Plots (A) Al vs. Na for muscovite and (B) Fe/(Fe+Mg) vs. ^{IV}Al for biotite from mica schists in Polička Crystalline Complex.

prosté většině případu vykazují vyšší hodnoty tohoto indexu (11–15) což je typické pro psamitický protolit (ROSER a NATHAN 1997). Ruly i svory v poličském krystaliniku vykazují podobný trend poklesu obsahů Al₂O₃, K₂O, TiO₂, Rb, Zr, Ta, V, Nb, Eu, Ga, Y, K₂O/Na₂O s růstem obsahu SiO₂, naopak ve stejném směru obvykle roste obsah CaO. Obsahy FeO_{total} a MgO v rulách klesají s růstem obsahu SiO₂, avšak ve svorech je tomu naopak.

Celkové obsahy REE v rulách jsou většinou poněkud nižší (78–194 ppm) než ve svorech (139–316 ppm). Křivky distribuce REE svorů a rul mají podobný tvar (obr. 2C) a jsou charakterizovány klesajícím trendem distribuce LREE (La_N/Sm_N = 2,95–4,68) a poměrně plochou křivkou distribuce HREE (Eu_N/Yb_N = 0,50–1,88). Většina studovaných vzorků má slabou zápornou Eu anomálii (Eu/Eu* = 0,49–0,98). Obsahy stopových prvků (obr. 2D) rul a svorů většinou odpovídají hodnotám, které jsou uváděné pro svrchní kůru (TAYLOR a McLENNAN 1985). Studované ruly a svory jsou oproti svrchní kůře ochuzeny o Tb a u většiny vzorků také o Sr, Nb a Zr. Na základě poměrů Ti/Zr a La/Sc odpovídá protolit svorů spíše oceánskému ostrovnímu oblouku a protolit rul spadá převážně do pole kontinentálního ostrovního oblouku (BHATIA a CROOK 1986).

5. Petrografická charakteristika svorů

Studované dvojslídne svory tvoří pruhy, které se táhnou od obce Hamry směrem ke Stašovu na východním okraji poličského krystalinika. Další drobné výskyty se nachází v oblasti kolem obcí Telecí a Borovnice na západním okraji poličského krystalinika. Svory v těchto dvou oblastech se odlišují svou mineralogií a budou proto popsány odděleně.

5.1. Svory svrchního pásma poličského krystalinika

Prevažná většina svorů v poličském krystaliniku vystupuje v jeho severovýchodním výběžku v oblasti mezi obcemi Stašov, Jedlová a Hamry. Tuto oblast vymezil MELICHAR (1995) jako svrchní pásmo poličského krystalinika.

Svory jsou středně, až hrubě zrnité, šedobílé s dobře vyvinutou foliací (S2). Jejich stavba je porfyroblastická s lepidogranoblastickou až granolepidoblastickou základní matrix a můžeme v nich rozlišit několik deformačních staveb. Nejstarší je zachována uvnitř porfyroblastů granátů (S1). V některých vzorcích jsou kromě převažujících foliace (S2) patrné mladší střížné zóny (S3). Intenzita této deformace výrazně narůstá směrem k svojanovské mylonitové zóně. Na základě minerální asociace můžeme svory rozdělit na čtyři

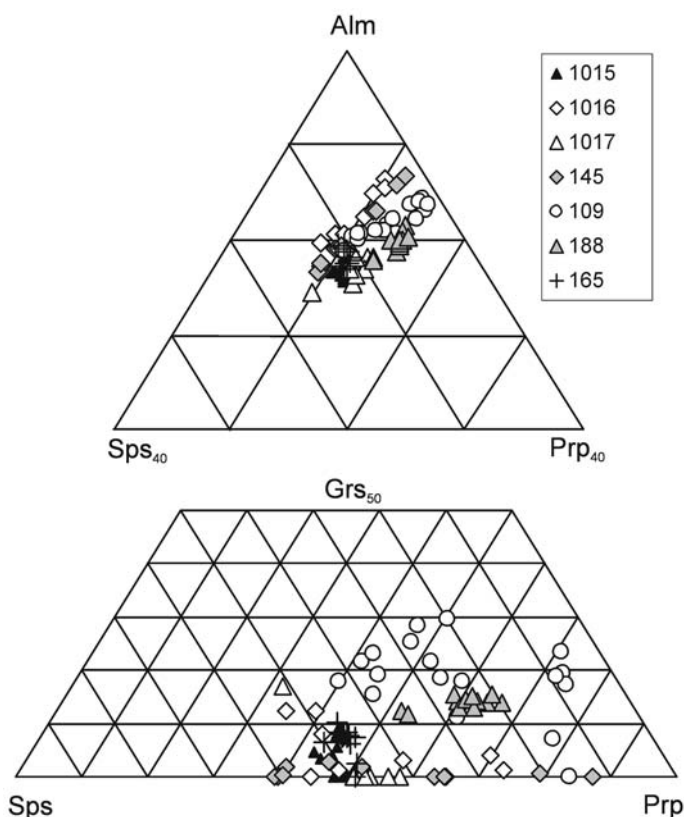
Tabulka 3. Chemické složení biotitu ze svorů.

Table 3. Chemical composition of biotite in mica-schist.

číslo	109/17	109/18	109/22	49/1	49/2	145/12	145/26	145/39	1016/11	1016/19
SiO ₂	35,23	35,88	35,47	36,63	37,01	34,50	34,54	34,72	33,63	34,98
TiO ₂	2,01	2,38	1,98	1,38	1,74	2,00	2,38	1,77	1,54	1,52
Al ₂ O ₃	19,15	19,60	19,12	18,72	18,84	19,09	18,94	18,71	18,93	19,22
FeO	18,01	18,53	17,80	17,76	16,93	19,13	20,96	19,51	22,73	21,28
MnO	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	0,10	-	-
MgO	9,77	9,76	10,18	11,70	11,48	8,19	7,96	8,84	9,04	8,45
CaO	0,05	0,03	0,00	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	0,26	0,28	0,21	0,42	0,39	0,27	-	0,50	-	-
K ₂ O	8,42	8,51	8,61	9,11	8,89	8,77	8,74	8,11	7,89	9,05
H ₂ O*	3,89	3,97	3,91	4,00	4,01	3,81	3,85	3,83	3,83	3,88
Sum.	96,79	98,92	97,28	99,72	99,30	95,75	97,36	96,08	97,59	98,39
Si	5,433	5,414	5,437	5,484	5,528	5,429	5,384	5,441	5,263	5,405
Ti	0,233	0,270	0,228	0,155	0,196	0,237	0,279	0,208	0,182	0,177
^{IV} Al	2,567	2,586	2,563	2,516	2,472	2,571	2,616	2,559	2,737	2,595
^{VI} Al	0,912	0,901	0,892	0,787	0,846	0,969	0,865	0,895	0,755	0,904
Fe	2,322	2,338	2,283	2,224	2,115	2,517	2,733	2,557	2,975	2,750
Mn	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	0,013	-	-
Mg	2,244	2,195	2,326	2,612	2,557	1,921	1,851	2,064	2,110	1,946
Ca	0,008	0,004	0,000	-	-	-	-	-	-	-
Na	0,078	0,081	0,063	0,122	0,113	0,081	-	0,153	-	-
K	1,657	1,637	1,683	1,740	1,694	1,759	1,738	1,621	1,576	1,784
OH*	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Σ Cat	15,455	15,427	15,474	15,640	15,520	15,484	15,465	15,511	15,597	15,561

skupiny: (1) Qtz+Ms+Bt+Pl+St, (2) Qtz+Ms+Bt+St+Grt±Pl, (3) Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl+Ky, (4) Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Sill±Pl.

Xenomorfni, undulózně zhášejší zrna křemen o velikosti 0,5 až 1 mm jsou podstatnou součástí všech svorů (35 až 55 mod. %). Místy můžeme pozorovat pozvolné přechody do kvarcitů, v takovém případě může vzrůst obsah křemene až na 87 mod. %. Muskovit (Si = 6,06–6,36 apfu; X_{Fe} = 0,44–0,10; Ti = 0,00–0,12 apfu; obr. 3A) většinou převažuje nad biotitem a jeho lupinky mají délku 1 až 5 mm a modální obsah 3 až 41 mod. %. Někdy v sobě uzavírá ilmenit nebo hematit. Biotit (tab. 3) je tence lupenitý, 1 až 3 mm dlouhý (Al^{IV} = 2,34–2,94 apfu; X_{Fe} = 0,45–0,64; Ti = 0,13–0,28 apfu; obr. 3B). Někdy obsahuje inkluze zirkonu, monazitu nebo ilmenitu. Většinou se jeho obsahy pohybují mezi 5 až 18 mod. %; jen vzácně se objevují vzorky s obsahy až 31 mod. %. V granátických svorech je granát (Alm_{70–85} Sps_{1–15} Pyr_{8–15} Grs_{0–7} Adr_{0–6}; obr. 4 a tab. 4) zastoupen 4 až 12 mod. %. Jeho izometrická většinou automorfni zrna mají průměr od 1 do 2 mm. Výjimečně v sobě uzavírají drobné inkluze křemene, slíd nebo lišty ilmenitu, které jsou někdy orientované ve směru S1 foliace. V takovém případě můžeme často pozorovat sigmoidálně uspořádané inkluze. Slidy v matrix jsou uspořádány souhlasně s foliací S2. Plagioklasy (Ab_{74–98}) se poměrně často vyskytují jako drobná hypautomorfni zrna v základní hmotě svorů. Jejich velikost je kolem 0,1 až 0,6 mm a mohou tvořit až 10 mod. %. Zrna jsou bez zonalnosti, nebo vykazují pokles bazicity směrem k okrajům zrna. Jsou slabě zakalena jilovými minerály nebo slabě sericitizována. Velmi často polysynteticky dvojčatí. Ve svorech z okolí Stašova nalézáme až 12 mm velké automorfni až hypautomorfni porfyroblasty plagioklasu bez výrazné chemické zonality (Ab₉₄). Porfyroblasty uzavírají drobná okrouhlá zrna křemene (0,1 mm velká), dále drobné sloupečky turmalínu, lupinky slíd a menší porfyroblasty staurolitu. Automorfni až hypautomorfni staurolit většinou tvoří sloupce o délce 1 mm až 2 cm; jeho zastoupení v hornině je do 6 mod. %. Staurolitové porfyroblasty (X_{Mg} = 0,11–0,21; Al = 16,9–18,1 apfu; tab. 5) obsahují četné inkluze křemene, dále může uzavírat granát, chlorit, biotit, turmalín a ilmenit. Inkluze chloritu odpovídají v klasifikaci MELKY (1965) ripidolitu (Si = 5,08–5,10 apfu; Fe+Mn+Cr/(Fe+Mn+Cr+Mg) = 0,51–0,52).



Obr. 4. Sps-Alm-Prp a Sps-Grs-Prp trojuhelníkové diagramy pro granáty ze svorů v poličském krystaliniku. Fig. 4. Ternary plots Sps-Alm-Prp and Sps-Grs-Prp for garnet from mica schists in Polička Crystalline Complex.

Turmalín je běžnou akcesorií všech svorů. Je v nich rozptýlen jako až 0,5 mm dlouhé zónální sloupečky. Až 2 mm dlouhé lišty ilmenitu jsou častou akcesorií. Jejich chemické složení je poměrně jednotvárné. Obsah pyrofanitové komponenty je maximálně do 6 mol. % a geikielitové do 2 mol. %. Mnohdy v sobě uzavírají drobná okrouhlá zrna křemene. Drobná zrna magnetitu se vyskytují ve svorech zřídka. Sillimanit byl nalezen pouze ve vzorcích v okolí Jedlové. Svory se sillimanitem obsahovaly jen malé množství xenomorfního staurolitu, který byl sillimanitem zatlačován. Tence jehličkovitý sillimanit se shlukuje do plstnatých agregátů až několik mm dlouhých, které uzavírají mnoho opakních zrněk. Drobné jehlice sillimanitu bývají uzavřené v muskovitu i biotitu. Spolu se sillimanitem se ve svorech někdy objevují i velké porfyroblasty muskovitu. Vzácně se v některých svorech z oblasti mezi obcemi Stašov a Hamry může místo sillimanitu objevit kyanit, jako až 0,5 mm velká štěpná zrna. Chlorit v matrix je většinou přítomen jako produkt rozpadu biotitu, granátu nebo staurolitu. Tento chlorit odpovídá v klasifikaci MELKY (1965) ripidolitu až thuringitu ($Si = 5,19-5,30$ apfu, $(Fe+Mn+Cr)/(Fe+Mn+Cr+Mg) = 0,51-0,56$).

Svory se střídají s biotitickými až dvojslídnyými rulami až kvarcickými rulami. Tyto horniny mají poměrně jednoduchou minerální asociaci $Qtz+Pl+Bt±Ms±Grt$. Oproti svorům mají vyšší zastoupení plagioklasu (20 až 32 mol. %).

5.2. Svory spodního pásma poličského krystalinika

Muskovitické až dvojslídnyé svory vystupují společně s amfibolity ve spodním pásmu poličského krystalinika při hranici se svrateckým krystalinikem. Byly nalezeny sv. od obce Telecí jako až několik metrů mocné polohy v perlových rulách. Vystupují také jako

Tabulka 4. Chemické složení granátu ze svorů.

Table 4. Chemical composition of garnet from mica-schists.

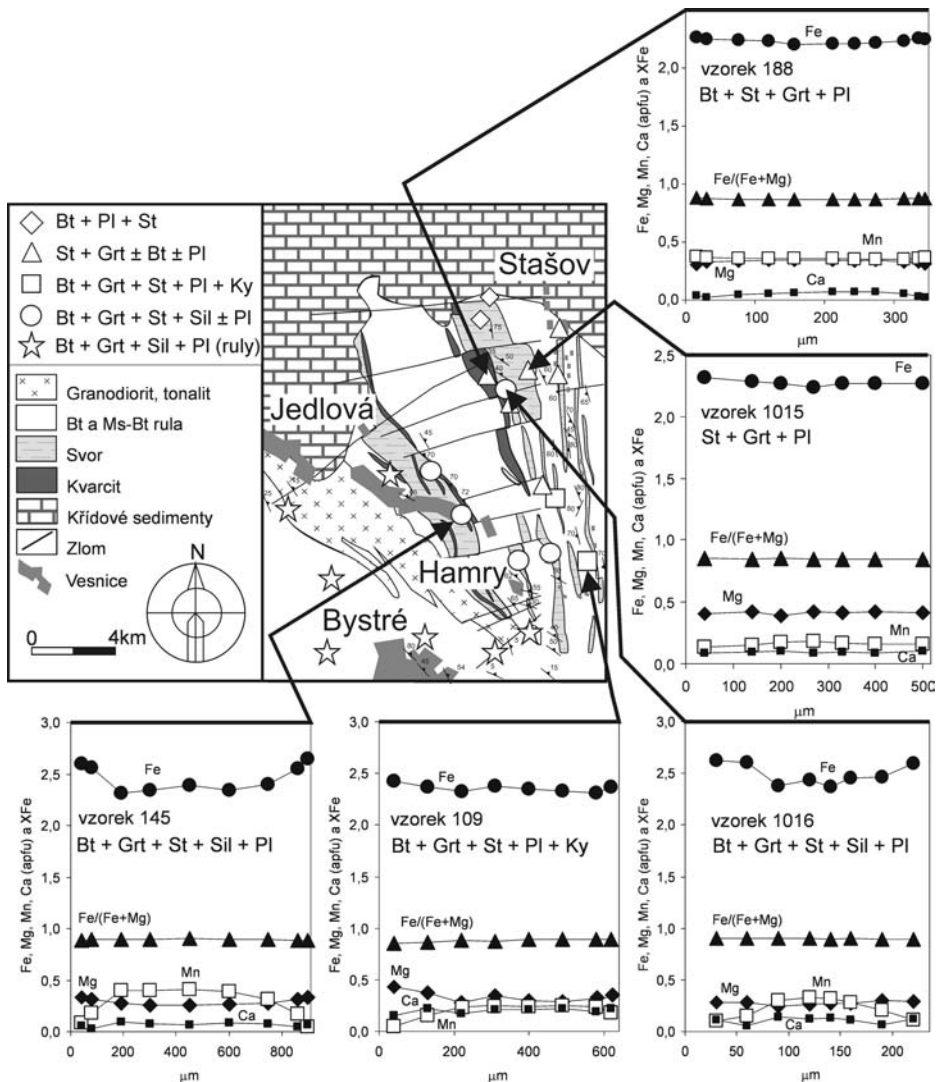
Lok.	109/1	1015/42	1016/14	1017/7	1017/101	188/6	145/19	145/20	165/23
SiO ₂	36,88	36,24	36,72	36,55	36,62	38,36	36,23	36,13	37,22
TiO ₂	0,01	0,00	0,30	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Al ₂ O ₃	20,98	20,86	20,92	20,29	20,76	21,26	20,69	20,51	20,90
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Fe ₂ O ₃	0,49	0,37	0,38	1,12	0,42	0,00	0,66	0,86	0,30
FeO	33,26	34,47	34,27	32,75	31,15	33,52	34,56	36,57	33,33
MnO	3,54	4,75	5,18	4,75	6,38	2,40	4,53	2,49	4,98
MgO	2,48	2,59	1,92	2,81	2,27	3,55	2,30	2,61	2,70
Na ₂ O	0,03	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
P ₂ O ₅	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
CaO	2,43	0,27	1,36	1,08	2,10	1,01	0,90	0,49	1,01
Total	100,49	99,56	101,05	99,85	99,71	100,10	99,87	99,66	100,66
Si	2,972	2,963	2,964	2,969	2,979	3,041	2,959	2,958	2,995
P	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,000	0,000	0,018	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
T site	2,974	2,963	2,982	2,976	2,979	3,041	2,959	2,958	2,996
Al	1,992	2,010	1,990	1,942	1,990	1,987	1,992	1,979	1,982
Cr	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,030	0,023	0,023	0,068	0,025	0,000	0,040	0,053	0,018
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
B site	2,038	2,033	2,013	2,010	2,016	1,987	2,032	2,031	2,008
Fe ²⁺	2,241	2,356	2,313	2,225	2,120	2,271	2,361	2,503	2,243
Mn	0,241	0,329	0,354	0,327	0,440	0,161	0,313	0,172	0,339
Mg	0,298	0,316	0,231	0,340	0,276	0,420	0,280	0,319	0,324
Ca	0,209	0,024	0,117	0,094	0,183	0,086	0,079	0,043	0,087
Na	0,007	0,000	0,000	0,096	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
A site	2,998	3,026	3,016	3,082	3,018	2,937	3,033	3,038	2,996
Alm	74,800	77,409	76,437	74,431	69,827	77,306	77,281	81,918	74,926
Adr	1,504	0,813	1,150	3,148	1,284	0,000	2,048	1,468	0,907
Grs	5,485	0,000	2,787	0,000	4,872	2,921	0,626	0,000	1,983
Prp	10,030	10,667	7,740	11,440	9,256	14,286	9,452	10,786	10,836
Sps	8,124	11,111	11,886	10,981	14,761	5,487	10,593	5,828	11,327

drobné nemapovatelné čočky v biotitických rulách sv. od Lačnova. Pro studium těchto svorů bylo odebráno pět vzorků se stejnou minerální asociací. Chemické složení minerálů však bylo studováno pouze na jednom vzorku. Na rozdíl od svorů popsaných výše z okolí Stašova mají tyto svory minerální asociaci Qtz+Grt+Ms+Bt±Pl±Sill. Jde o středně zrnité horniny s granolepidoblastickou strukturou. Často obsahují drobné porfyroblasty granátů (Alm₇₅₋₇₈ Sps₁₀₋₁₁ Pyr₉₋₁₁ Grs₀₋₂). Křemen je xenomorfní a undulózně zřásí. Muskovit (Si = 6,13–6,18 apfu; X_{Fe} = 0,51–0,59; Ti = 0,08–0,11 apfu) naprosto dominuje a biotit je zastoupen ve zcela podružném množství (Al^{IV} = 2,56–2,72 apfu; X_{Fe} = 0,60–0,61).

6. Chemické složení minerálů

6.1. Granát

Granátové porfyroblasty ze svorů svrchního pásma poličského krystalinika vykazují několik typů zonálnosti (obr. 5). Svory s minerální asociací Grt+St+Sil mají složení granátu Alm₇₄₋₈₅ Sps₂₋₁₄ Pyr₈₋₁₁ Grs₀₋₃ Adr₁₋₄, což je velmi podobné granátu Alm₇₄₋₈₀ Sps₁₋₁₀ Pyr₁₀₋₁₄ Grs₀₋₇ Adr₀₋₆ ze svorů s minerální asociací Grt+St+Ky. Pro obě skupiny je charakteristický pokles obsahu Sps komponenty od středu k okrajům zrna (Mn klesá



Obr. 5. Zjednodušená geologická mapa východního okraje poličského krystalinika s vyznačenou pozicí minerálních asociací metapelitů a zonalitou granátů vybraných svorů (upraveno podle MÍŠAŘE *et al.* 1995).
 Fig. 5. Simplified geological map of the eastern margin Polička Crystalline Complex with locations of mineral assemblages metapelites and garnet chemical profiles from selected mica schists (modified from MÍŠAŘE *et al.* 1995).

z 0,24–0,41 apfu ve středu do 0,03–0,11 apfu na okraji) spojený s nevýrazným poklesem X_{Fe} . Obsahy Grs komponenty zpočátku klesají, ale pak mírně rostou od centra k okraji zrna (obr. 5). Naopak obsahy Alm a Prp komponenty směrem od centra směrem k okraji zrna stoupají (například u vzorku 145 obsah Fe stoupá od 2,31–2,34 apfu ve středu do 2,60–2,64 apfu na okraji, Mg stoupá méně výrazně od 0,26–0,27 apfu ve středu do 0,32–0,33 apfu na okraji).

Tabulka 5. Reprezentativní chemické složení staurolitu ze svorů.
Table 5. Representative chemical composition of staurolite in mica-schist.

Číslo	49/11	145/31	188 /2	1015/2	1016/15	1017/11	109/20
SiO ₂	26,94	26,89	28,04	27,72	27,22	27,02	26,57
TiO ₂	0,53	0,52	0,65	0,65	0,57	0,61	0,33
Al ₂ O ₃	53,77	52,41	53,59	54,15	53,59	52,32	55,24
FeO	13,55	13,34	12,98	13,74	13,94	13,98	13,91
MnO	0,50	0,00	0,17	0,31	0,00	0,18	0,02
MgO	1,96	1,44	1,93	1,37	1,32	1,73	1,69
Na ₂ O	0,25	0,54	0,00	0,00	0,16	0,23	0,03
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01
V ₂ O ₃	-	-	-	0,03	-	-	0,05
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0,07	-	-	0,04
ZnO	-	-	-	0,05	-	-	0,12
Sum.	97,50	95,15	97,37	97,94	96,80	96,12	97,81
Si	7,527	7,679	7,786	7,676	7,643	7,666	7,376
^{IV} Al	0,473	0,321	0,214	0,324	0,357	0,334	0,624
^{VI} Al	17,231	17,323	17,322	17,348	17,378	17,162	17,450
Ti	0,110	0,112	0,135	0,136	0,120	0,131	0,068
Fe	3,167	3,187	3,014	3,183	3,274	3,317	3,230
Mn	0,118	0,000	0,041	0,072	0,000	0,043	0,006
Mg	0,817	0,614	0,798	0,567	0,552	0,730	0,701
Na	0,136	0,299	0,000	0,002	0,090	0,126	0,017
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,002
V	-	-	-	0,008	-	-	0,011
Cr	-	-	-	0,015	-	-	0,008
Zn	-	-	-	0,011	-	-	0,024
Σ Cat	29,579	29,536	29,311	29,308	29,415	29,529	29,474

Granáty ze svorů s minerální asociací Grt+St vykazují jen nevýraznou zonálnost (obr. 5) a odlišnosti v chemickém složení jednotlivých zrn jsou dány spíše odlišnostmi v chemickém složení celé horniny (Alm₇₀₋₇₉ Sps₄₋₁₅ Pyr₉₋₁₅ Grs₀₋₅ Adr₀₋₃). Změny chemického složení jsou charakterizovány mírně zvýšeným obsahem Sps komponenty a naopak nižšími obsahy Alm a Prp komponent ve středu zrna. V tenkém okrajovém lemu pak někdy bývá pozorovatelný mírný pokles Prp a Alm komponenty, spojený se vzrůstem Sps a Grs komponenty jako důsledek difuze.

Nevýraznou zonálnost můžeme pozorovat u svoru s minerální asociací St+Grt+Sill ze spodního pásma poličského krystalinika. Obsahy Alm komponenty vytváří zvonovitou křivku charakterizovanou mírným nárůstem obsahu od středu a na okrajích mírným poklesem. Obsah Sps komponenty k okrajům mírně klesá a obsah Prp nejdříve klesá a u okrajů pak opět stoupá.

6.2. Staurolit

Staurolit je poměrně hojným automorfním minerálem ve svorech s minerálními asociacemi: Qtz+Ms+Bt+Pl+St, Qtz+Ms+Bt+St+Grt±Pl a Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl+Ky. Ve svorech s minerální asociací Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Sil±Pl tvoří staurolit jen drobné xenomorfní reliktky.

Staurolit (tab. 5) ze svorů s minerální asociací Qtz+Ms+Bt+Grt+St+Pl+Ky vykazují jednoduchou zonálnost. Střední část zrn má poměrně homogenní složení ($X_{Mg} = 0,15-0,18$; Al = 17,5-18,1 apfu), které je odlišné od okrajů zrn ($X_{Mg} = 0,11-0,16$; Al = 16,9-17,2 apfu).

Složení staurolitu z ostatních studovaných skupin je chemicky poměrně homogenní a zrna nevykazují žádnou výraznou zonálnost ($X_{Mg} = 0,14-0,21$; Al = 17,2-17,8 apfu).

6.3. Slídy

Slídy (obr. 3) nevykazují výraznou zonálnost, přesto můžeme na některých zrnech pozorovat rozdíly chemického složení mezi okrajem a středem zrna. Tyto odlišnosti jsou však většinou menší než rozdíly v chemickém složení mezi zrny z různých částí vzorku. Svým chemickým složením leží biotit na rozhraní mezi annitem a flogopitem (tab. 3). Obsahy Cl jsou nízké 0,01-0,02 hm. % a obsahy F jsou pod mezí detekce. Biotity koexistující s minerály St+Pl mají chemické složení odpovídající flogopitu ($Al^{IV} = 2,47-2,51$ apfu; $X_{Fe} = 0,45-0,48$). Biotity (obr. 3A) ze svorů s minerální asociací St+Grt+Sil (Ky) odpovídají svým chemickým složením annitu ($Al^{IV} = 2,42-2,74$ apfu; $X_{Fe} = 0,53-0,64$). Biotity z ostatních svorů převážně svým chemickým složením odpovídají annitu (obr. 3).

Chemické složení muskovitu je ve všech vzorcích podobné (obr. 3B). Určité rozdíly jsou patrné pouze ve vyšších obsazích Na (0,36-0,57 apfu) v muskovitech ze svorů s minerální asociací St+Pl a St+Grt. Obsahům Na v muskovitech ze vzorků s minerální asociací St+Grt+Sill nebo Ky (0,26-0,43 apfu) a minerální asociací Grt+Sill (0,26-0,29 apfu) jsou poněkud nižší.

6.4. Turmalín

Turmalín představuje běžný akcesorický minerál téměř ve všech studovaných svorech. Většinou vytváří drobné sloupce o délce maximálně do 0,5 mm pouze ve svorech se silimanitem se objevují sloupce o délce až 2 mm. Svým chemickým složením odpovídá naprostá většina studovaných turmalínů dravitům ($X_{Fe} = 0,21-0,53$; $\square X / (\square X + Na + K + Ca) = 0,19-0,43$). Obsahy F jsou velmi nízké (0,01-0,06 váh. %). Pro svory s minerálními asociacemi St+Pl a St+Grt jsou typická drobná zrna, která často vykazují nevýraznou oscilační zonálnost. Střední části zrn bývají bohatší Fe a Na oproti okrajům. Například u vzorku 109 mají okraje zrn $X_{Fe} = 0,38-0,39$ a Na = 0,62-0,68 apfu, zatím co středy zrn mají $X_{Fe} = 0,48-0,53$ a Na = 0,57-0,58 apfu. Turmalíny ze svoru s minerální asociací St+Grt+Sill obsahují zrna charakterizovaná mírně zvýšenými obsahy Fe v okrajových partiích zrn (u vzorku 145 mají okraje zrn $X_{Fe} = 0,48-0,49$ a středy zrn $X_{Fe} = 0,45-0,47$).

7. P-T podmínky metamorfózy

Při výpočtech P-T podmínek metamorfózy pro minerální asociace studovaných hornin byl použit program THERMOCALC 3.25 (HOLLAND a POWELL 1994). Aktivitní koeficienty byly vypočteny programem AX (HOLLAND a POWELL 1998). Výpočty byly prováděny z matrix svorů (tab. 6), protože granáty ani staurolity neobsahují dostatek vhodných minerálních inkluzí pro výpočet P-T podmínek starších fází metamorfózy.

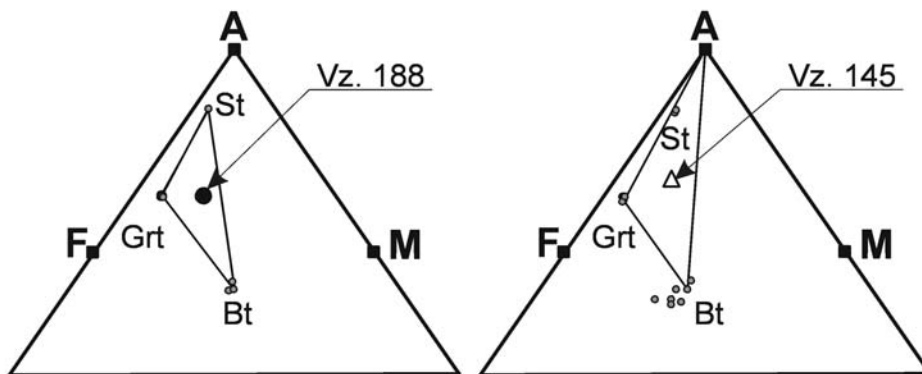
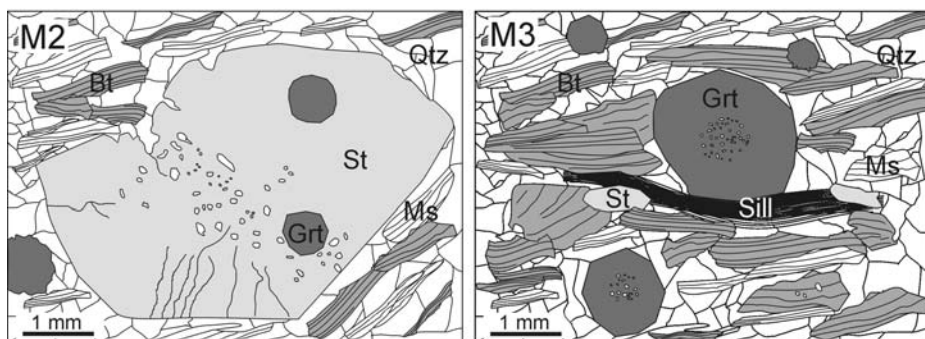
7.1. Svory svrchního pásma poličského krystalinika

Na základě studia texturních vztahů a chemického složení minerálů se podařilo vylénit pro typické vzorky metapelitů (vzorky 145, 1015 a 188) několik následných minerálních asociací (obr. 6).

Nejstarší minerální asociace (M1) se zachovala jen jako inkluze (Grt+Bt+Chl+Ilm) uvnitř porfyroblasů staurolitu. Většina granátů, které jsou součástí této minerální asociace, je bez inkluzí. Pokud jsou inkluze křemene přítomny, indikují syntektonický růst tohoto granátu (D1).

Časově následuje minerální asociace Grt+Bt+St+Ilm. Během vzniku staurolitu (M2) byla část granátů zkonsumována, což potvrzují xenomorfní tvary granátů v matrix svorů

	M1, D1	M2	M3, D2	M4, D3
Chlorit	█			█
Muskovit	█	█	█	
Biotit	█	█	█	
Granát	█	█		
Staurolit		█		
Sillimanit			█	

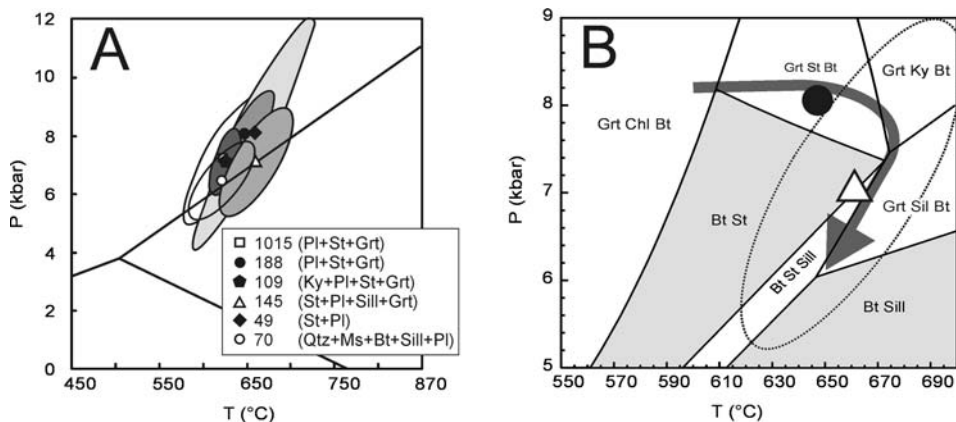


Obr. 6. Stabilita minerálů ve vztahu k hlavním deformačním fázím a metamorfním událostem, reprezentativní textury svorů ovlivněné metamorfózou M2 (vzorek 188) nebo M3 (vzorek 145). AFM diagramy pro minerální asociaci v matrix vzorku 188 a 145 s promítnutím chemického složení horniny a minerálů.

Fig. 6. Stability of minerals in relation to main deformation phases and metamorphic events, representative textures mica schist affected by M2 (sample 188) or M3 (sample 145) metamorphic event. AFM diagrams for matrix mineral assemblage samples 188 and 145 with projection whole rocks and mineral chemical composition.

(obr. 6). Staurolit obsahuje inkluze automorfního granátu. Tato minerální asociace je běžná v severní části svrchního pásma poličského krystalinika.

Následuje minerální asociace Grt+Bt+Sill (M3), kterou nacházíme hlavně poblíž kontaktu s rulami poličského krystalinika v okolí obce Jedlová (obr. 6). Tato minerální asociace je synkinematická (D2).



Obr. 7. (A) P-T diagram pro svory z východní části poličského krystalinika. P-T výsledky kalkulací vypočtené pomocí metody „average P-T“ (POWELL and HOLLAND 1994). Pozice trojného bodu Al₂SiO₅ podle HOLDAWAYE a MUKHOPADHYAYHO (1993). (B) KFMASH (+Qtz+H₂O) P-T pseudosekce pro sillimanit-granátický svor s relikty staurolitu (vzorek 145) a P-T dráha pro tento vzorek.

Fig. 7. P-T plot for mica schist from eastern part of the Polička Crystalline Complex. P-T results for selected samples using the “average P-T” method (POWELL and HOLLAND 1994). The position of the Al₂SiO₅ triple point is taken from HOLDAWAY and MUKHOPADHYAY (1993). (B) KFMASH (+Qtz+H₂O) P-T pseudosection for a sillimanite garnet mica schist with relicts staurolite (sample 145) and P-T path of this sample.

Během retrogradní metamorfózy M4 vzniká chlorit na úkor biotitu, granátu nebo staurolitu. Vznik chloritu je také spojen s tvorbou mladších střížných zón (D3) vázaných na svojanovskou mylonitovou zónu.

Svory na východním okraji poličského krystalinika s minerální asociací St+Pl+Bt±Grt indikují P-T podmínky kolem 630–660 °C a 7–8 kbar (tab. 6). Kyanit se objevuje pouze v některých horninách, a to patrně v důsledku reakce St+Chl = Bt+Ky+H₂O. Svor s kyanitem (St+Grt+Ky) indikuje P-T podmínky ~630 °C a 7 kbar. Tyto podmínky jsou téměř shodné s P-T podmínkami ~660 °C a 7 kbar vypočtenými pro svory s minerální asociací St+Grt+Sill. Sillimanit vzniká na úkor staurolitu (obr. 6) patrně v důsledku reakce St = Grt+Bt+Sill+H₂O nebo St+Bt = Grt+Ms+Sill+H₂O.

Pseudosekce byla počítána programem THERMOCALC 3.25 v systému KFMASH pro vzorek 145, jehož chemické složení je uvedeno v tabulce 2. Pseudosekce především mapuje stabilitu staurolitu od 560 °C při tlaku ~5 kbar do 670 °C při tlaku ~7 kbar (obr. 7). Metamorfni vývoj je interpretován na základě nalezených minerálních asociací a zjištěných P-T podmínek. P-T dráha zaznamenaná v minerálních asociacích indikuje vrcholné P-T podmínky kolem 650 °C a 8 kbar. Za těchto podmínek byla stabilní minerální asociace Grt+Bt+St. Tato minerální asociace je typická pro řadu vzorků svorů v okolí Stašova. Na obrázku 7B jsou podmínky vzniku minerální asociace znázorněny pomocí údajů vypočtených pro vzorek 188. Tento vzorek má podobné chemické složení jako svor pro nějž byla pseudosekce vytvořena (viz. obr. 6). Poté prodělaly svory v okolí Jedlové téměř izotermální dekompresi do podmínek kolem 660–670 °C a 7 kbar. To mělo za následek rozpad staurolitu a vznik minerální asociace Grt+Sill+Bt.

Z dvojslídých rul západně od obce Bystré ve středním pásmu poličského krystalinika byly vypočteny P-T podmínky kolem 620 °C a 6 kbar (obr. 7, tab. 6).

Tabulka 6. Průměrná termobarometrická data z metapelitů vypočtená pomocí metody „optimal thermobarometry“ POWELL a HOLLAND (1994), sd (P) a sd (T) jsou směrodatné odchylky určení tlaku a teploty, corr je diskutováno POWELLEM a HOLLANDEM (1994).

Table 6. Average thermobarometric data from metapelites calculated using „optimal thermobarometry“ approach of POWELL and HOLLAND (1994), sd (P) and sd (T) are standard deviation on pressure and temperature, corr is discussed in POWELL and HOLLAND (1994).

vzorek	T	sd (T)	P	sd (P)	corr
49	659	55	8,1	3,2	0,932
1015	624	36	7,2	1,8	0,810
109	626	15	7,1	0,9	0,638
145	661	33	7,1	1,5	0,730
188	649	27	8,0	1,2	0,791
165	642	124	8,4	1,6	0,669
70	621	31	6,4	1,1	0,766

7.2. Svory spodního pásma poličského krystalinika

Svor při kontaktu se svrateckým krystalinikem (vz. 165, tab. 1) obsahoval minerální asociaci Qtz+Ms+Bt+Grt+Sill, pro kterou byly vypočteny P-T podmínky: 642 ± 124 °C a 8 ± 2 kbar. Tyto hodnoty jsou blízké podmínkám zjištěným ve svorech svrateckého krystalinika poblíž kontaktu s poličským krystalinikem u Pusté Rybné (637 ± 32 °C a $6,6 \pm 1,5$ kbar, BURIÁNEK a ČOPIJKOVÁ 2008). Ruly poličského krystalinika v okolí těchto svorů poskytly podobné P-T podmínky (630 – 680 °C a 6 – 8 kbar, BURIÁNEK 2009).

8. Diskuse

8.1. Srovnání svorů s okolními jednotkami

Svory svrchního pásma poličského krystalinika jsou svojanovskou mylonitovou zónou odděleny od letovického krystalinika. Ve svorech letovického krystalinika se objevuje staurolit s granátem a někdy také kyanit. Chemické složení většiny hlavních horninotvorných minerálů v matrix svorů letovického krystalinika (KONOPÁSEK *et al.* 2002) je podobné chemickému složení stejných minerálů ze svorů od Stašova. Minerální asociace svorů při východním okraji poličského krystalinika se svým složením blíží minerálním asociacím ve svorech letovického krystalinika. Minerální asociaci uvnitř granátů v těchto svorech indikuje 570 °C a 6 – 7 kbar a matrix 615 ± 50 °C a $6,5$ – $9,0$ kbar (KONOPÁSEK *et al.* 2002).

Svory z lokality Telecí ve spodním pásmu poličského krystalinika leží poblíž kontaktu se svrateckým krystalinikem. Svory zde tvoří tělesa výrazně protažená ve směru kontaktu obou jednotek. Ruly a metagranity (perlové ruly), které tyto svory obklopují, nesou výrazné známky deformace. Nedaleko výskytů těchto svorů se objevují drobná tělesa migmatitů, značně připomínajících migmatity svrateckého krystalinika. Chemické složení granátů (Alm_{72-88} Prp_{6-13} Sps_{1-15} Adr_{0-3} Gr_{0-4}) a biotitu ($X_{\text{Fe}}^{\text{IVAl}} 2,53$ – $2,82$ apfu; $X_{\text{Fe}} 0,64$ – $0,77$) ve svorech svrateckého krystalinika (BURIÁNEK a ČOPIJKOVÁ 2008) je podobné jako ve studovaném svoru z lokality Telecí.

8.2. Metamorfní vývoj svorů svrchního pásma poličského krystalinika

Za hranici mezi letovickým a poličským krystalinikem bývá považována svojanovská mylonitová zóna (např. MÍSAŘ 1962). Avšak mezi typickými rulami poličského krystalinika u Jedlové, nebo Bystrého a svory kolem Stašova jsou výrazné petrografické rozdíly. Ruly se od svorů liší také metamorfním vývojem (BURIÁNEK 2009). Studované svory se petrograficky velmi podobají svorům z letovického krystalinika. Minerální asociace obou skupin svorů vznikly za podobných P-T podmínek (srovnej s KONOPÁSKEM *et al.* 2002).

Svory při hranici s rulami poličského krystalinika postihla retrográdní metamorfóza. Pozorujeme zde změny ve složení minerální asociace směrem od Stašova k horninám typického poličského krystalinika u obcí Jedlová a Bystře (obr. 7). Většina svorů v okolí Stašova má minerální asociaci $Pl+St$ nebo $Pl+St+Grt$ a jen vzácně se objevuje minerální asociace $Pl+St+Grt+Ky$. Tyto svory jsou produktem metamorfózy M2. Chemická zonálnost granátů v matrix svorů s minerální asociací $St+Pl+Bt+Grt$ je nevýrazná. Můžeme pozorovat mírný pokles Ca případně také Mn směrem k okrajům a někdy ve stejném směru slabě roste Fe. Dobře je tento trend patrný zejména u granátů uzavřených ve staurolitu. Podobná zonálnost byla popsána u granátu, který vznikl v důsledku rozpadu chloritu a byl částečně resorbován během růstu staurolitu (FLORENCE a SPEAR 1993). Směrem k jihu se ve svorech objevuje sillimanit, který vznikl v důsledku rozpadu staurolitu během metamorfózy M3.

Svojanovská mylonitová zóna kontakt mezi oběma jednotkami jen modifikovala a je mladší než přesunutí letovického krystalinika přes poličské. To je v souladu s představou MELICHARA a JANOŠKY (1994), že se svojanovská mylonitová zóna vyvíjela v závěru variských orogenních deformací ve svrchním karbonu nebo případně až v permu.

8.3. Metamorfní vývoj spodního pásma poličského krystalinika

Horniny poličského (BURIÁNEK 2009) a svrateckého krystalinika, při kontaktu obou jednotek v okolí obce Telecí a Borovnice indikují podobné metamorfní podmínky kolem 630–680 °C a 6–8 kbar. Svory svrateckého krystalinika a ruly poličského krystalinika mají rozdílné chemické složení, což se projevuje v jejich rozdílné petrografii. Například svory u obce Telecí mají oproti rulám poličského krystalinika nízký obsah živců a biotitu. Celý kontakt mezi poličským a svrateckým krystalinikem nese známky výrazného polyfázového tektonického postižení (BURIÁNEK 2009). Studované svory leží na výrazné hranici dvou geologických celků bohemia, reprezentovaného poličským krystalinikem a svrateckého krystalinika. Studované svory můžeme interpretovat jako tektonické šupiny inkorporované mezi horniny poličského krystalinika během jeho tektonického sblížení se svrateckým krystalinikem. Mezi horninami poličského a svrateckého krystalinika neexistoval v té době žádný výrazný kontrast v P–T podmínkách. Naproti tomu minerální asociace horniny letovického krystalinika vznikala za vyšších tlaků a na kontaktu svorů s rulami poličského krystalinika pozorujeme retrográdní metamorfózu svorů.

9. Závěry

Dvojslídne svory s minerální asociací obsahující $Grt±St±Sil±Ky$ nejsou součástí litologie poličského krystalinika. Svou mineralogii a stupněm metamorfózy mají blízko k horninám okolních jednotek. Svory podél západní hranice jsou podobné svorům ze svrateckého krystalinika. Svory při východní hranici vykazují řadu podobností se svory z letovického krystalinika. Do dnešní pozice se svory dostaly během variské orogeneze. V obou případech je kontakt svorů s rulami poličského krystalinika modifikován tektonicky. P–T podmínky umístění svoru do dnešní tektonické pozice byl podobné na obou kontaktech a pohybovaly se kolem 640–660 °C a 7–8 kbar.

Pomocí termodynamického modelování v kombinaci s termobarometrickými výpočty a studiem zonálnosti minerálních fází bylo možné odvodit část P–T dráhy svorů svrchního pásma poličského krystalinika. Původní minerální asociace svorů $Grt+Bt+Chl+Ilm$ vznikla během metamorfózy M1 a zachovala se jen v podobě inkluzí uvnitř staurolitů a granátů. Vrcholné P–T podmínky pro metamorfózu M2 jsou kolem 650 °C a 8 kbar. Při této metamorfní fázi vznikal ve svorech staurolit. Metamorfóza M3 patrně spojena s přesunutím svorů přes ruly poličského krystalinika. Tato metamorfóza charakterizovaná minerální asociací $Grt+Bt+Sill$ proběhla za P–T podmínek kolem 660 °C a 7 kbar.

Poděkování

Autor děkuje doc. dr. J. Leichmannovi a doc. dr. J. Kotkové za kritické pročtení rukopisu. Práce byla vypracována s finanční podporou projektu MŽP 6352: „Korelace litologicky kontrastních hornin v jednotkách krystalinika při sv. okraji moldanubika“.

LITERATURA

- BHATIA, M. R., CROOK, K. W., 1986: Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. – *Contr. Mineral. Petrol.*, 92, 181–193.
- BURIÁNEK, D., 2009: Petrografie poličského krystalinika. – *Acta Musei Moraviae, Sci.geol.*, 94: 3–46.
- BURIÁNEK, D., 1999: Metamorfni charakteristika poličského krystalinika. – *MS, diplomová práce*, p 67, PŘF MU. Brno.
- BURIÁNEK, D., BRÍZOVÁ, E., ČECH, S., ČURDA, J., FŮRYCH, V., HANŽL, P., KIRCHNER, K., LYSENKO, V., ROŠTÍNSKÝ, P., RÝDA, K., SKÁCELOVÁ, D., SKÁCELOVÁ, Z., VÍT, J., VERNER, K. (2009): Základní geologická mapa České republiky 1:25 000 s Vysvětlivkami, list 24-112 Jedlová. – 76 s. Česká geologická služba. Praha.
- BURIÁNEK, D., ČOPIAKOVÁ, R., 2008: Turmalíny ze svorů svrateckého krystalinika. – *Acta Musei Moraviae, Sci. geol.*, 93, 61–79.
- ČECH, S., BRÍZOVÁ, E., BURIÁNEK, D., ČURDA, J., FŮRYCH, V., KIRCHNER, K., LYSENKO, V., MRNKOVÁ, J., ROŠTÍNSKÝ, P., RÝDA, K., SKÁCELOVÁ, Z., VÍT, J. (2009): Základní geologická mapa České republiky 1:25 000 s Vysvětlivkami, list 14-334 Polička. – 68 s. Česká geologická služba. Praha.
- FAJST, M., 1961a: Geologické a hydrogeologické poměry krystalinika a křídového útvaru jižně a východně od Poličky. – *MS, Geofond*, Praha. P 12698.
- FAJST, M., 1961b: Krystalinikum a křída jižně a východně od Poličky. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 1960*, 34–36. Praha.
- FLORENCE, F. P., SPEAR, F. S., 1993: Influences of reaction history and chemical diffusion on P-T calculations for staurolite schists from the Littleton Formation, northwestern New Hampshire. – *Am. Mineral.* 78, 345–359.
- HANŽL, P., BURIÁNEK, D., ČURDA, J., FŮRYCH, V., HRDLÍČKOVÁ, K., KIRCHNER, K., LYSENKO, V., MRNKOVÁ, J., OTAVA, J., PERTOLDOVÁ, J., ROŠTÍNSKÝ, P., RÝDA, K., SKÁCELOVÁ, Z., VÍT, J., ZELENKA, P., 2008: Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000 s Vysvětlivkami, 14-333 Svratka. – 62 s. Česká geologická služba. Praha.
- HOLDAWAY, M. J., MUKHOPADHYAY, B., 1993: A reevaluation of the stability relations of andalusite: Thermochemical data phase diagram for the aluminum silicates. – *Am. Mineral.*, 78, 298–315.
- HOLLAND, T. J. B., POWELL, R., 1994: Optimal geothermometry and geobarometry. – *Am. Mineral.* 79, 120–133.
- HOLLAND, T. J. B., POWELL, R., 1998: An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. – *J. Metamorphic Geol.*, 16, 309–343. Boston.
- JANOŠKA, M., 1990: Strukturně geologický výzkum vztahu letovického a poličského krystalinika v okolí Hamrů. – *MS, diplomová práce*, PŘF MU. Brno.
- JANOŠEK, V., FARROW, C. M., ERBAN, V., 2003: GCDkit: new PC software for interpretation of whole-rock geochemical data from igneous rocks. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 67: 186.
- KONOPÁSEK, J., SCHULMANN, K., JOHAN, V., 2002: Eclogite-facies metamorphism at the eastern margin of the Bohemian Massif-subduction prior to continental underthrusting?. – *Eur. J. Mineral.*, 14, 701–713.
- KRETZ, R., 1983: Symbols for rock - forming minerals. – *Amer. Mineralogist*, 68, 277–279.
- MELICHAR, R., 1995: Analýza vztahů poličského a svrateckého krystalinika. – *MS, disertační práce*, Přír. fak. Univ. Karl. Praha.
- MELICHAR, R., JANOŠKA, M., 1994: Strukturně-geologický výzkum vztahu poličského a letovického krystalinika v okolí Hamrů. – *Geol. Výzk. Mor. Slez. v Roce 1993*, 89–90. Brno.
- MELKA, K., 1965: Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. – *Věst. Úst. Ústř. geol.*, 40: 23–29.
- MÍSAŘ, Z., (1962): Svojanovská mylonitová zóna v krystaliniku při západním okraji svratecké klenby. – *Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol.*, 28, 31–52. Praha.
- MÍSAŘ, Z., NEKOVAŘÍK, Č., ZELINKA, P., 1995: Geologická mapa ČR: list 24-12, Letovice, 1:50 000. – *Český geologický ústav*, Praha.
- POUCHOU, J. L., PICHOU, F., 1985: „PAP“ procedure for improved quantitative microanalysis. – *Microbeam Analysis*, 20, 104–105.

- ROSER, B. P., NATHAN, S., 1997: An evaluation of elemental mobility during metamorphism of a turbiditic sequences (Greenland Group, New Zealand). - *Geol. Mag.*, 134, 219-234.
- SHAND, S. J., 1943: *Eruptive Rocks*. - John Wiley & Sons.
- STÁRKOVÁ, I., MACEK, J., MOUPIC, Z., 1996: Geologická mapa ČR: list 24-11, Nové Město na Moravě, 1:50 000. - Český geologický ústav, Praha.
- STÁRKOVÁ, I., OPLETAL, M., ADAMOVIČ, J., MACEK, J., 1998: Geologická mapa ČR: list 14-33, Polička, 1:50 000. - Český geologický ústav, Praha.
- TAYLOR, S. R., MCLENNAN, S. M., 1985: *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. - Blackwell, Oxford.
- WIMMENAUER, W., 1984: Das Prävariskische Kristallin im Schwarzwald. - *Fortschr. Miner. Beih.*, 62, 69-86, Stuttgart.