

Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích Přírodní vědy

Acta Musei Bohemiae Meridionalis in České Budějovice - Scientiae naturales

Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, Přír. vědy	51	27–37	2011
---	----	-------	------

Petrografie a geochemie šumavských granitů

Petrography and geochemistry of the Šumava Mts. granites

Miloš RENÉ & Pavel HÁJEK

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i.

Abstract. Granites of the Šumava Mts., representing a part of western branch of the Moldanubian batholith, form many independent magmatic bodies on a mountain-ridge of the Šumava Mts. (Lipno, Aigen, Třístoličnick, Strážný-Finsterau, Vydra and Prášily bodies). These granite bodies are represented by biotite granites to granodiorites of the Weinsberg type and by two-mica granites. Chemical compositions of both granite types of the Šumava Mts. imply magma generation by partial melting of heterogeneous Moldanubian crust. For granites of the Weinsberg type plagioclase-biotite enriched protolith is significant, whereas two-mica granites originated by melting of more pelitic protolith.

Key words: Bohemian Massif, Moldanubian batholith, granite, petrography, geochemistry.

Abstrakt. Granity Šumavy, které jsou součástí západní větve moldanubického batolitu, tvoří řadu nezávislých magmatických těles v centrální části Šumavy (Lipno, Aigen, Třístoličnick, Strážný-Finsterau, Vydra a Prášily). Uvedená granitová tělesa jsou tvořena biotitickými granity až granodiority typu Weinsberg a dvojslídnyými granity. Z chemického složení šumavských granitů vyplývá, že granitové magma vzniklo parciálním tavením heterogenní moldanubické kůry. Pro granity typu Weinsberg lze předpokládat vznik parciálním tavením plagioklas-biotitických pararul, kdežto dvojslídny granity vznikly parciálním tavením převážně metapelitického protolitu.

Klíčová slova: Český masiv, moldanubický batolit, granit, petrografie, geochemie.

Úvod

Granity šumavské větve moldanubického batolitu vystupují na rozdíl od východní větve batolitu, tvořeného centrálním moldanubickým plutonem, ve větším počtu samostatných magmatických těles. Většina těchto intruzivních těles je součástí hlavního šumavského hřebene. Od východu k západu to jsou lipenský masiv, aigenský masiv, masiv Třístoličnicku, masiv Strážného, vyderský a prášilský masiv (KODYM et al. 1961, ČECH et al. 1962, KLOMÍNSKÝ et al. 2010). Jednotlivá granitová tělesa jsou tvořena jednak různými typy dvojslídnyých granitů, jednak biotitickými granity typu Weinsberg. Předložený příspěvek je věnován petrografické a geochemické charakteristice granitů výše uvedených dílčích intruzivních těles. Tato práce navazuje na předchozí studie věnované lipenskému masivu (RENÉ 2009) a masivu Strážného (RENÉ & HÁJEK 2010) a jejím cílem je nabídnout ucelený pohled na minerální a chemické složení šumavských granitoidů.

Geologická pozice

Zastoupení obou základních typů granitů v jednotlivých magmatických tělesech je rozdílné a je zapříčiněné jednak úrovní erozivního řezu, jednak vnitřní strukturní stavbou těchto těles (obr. 1 v barevné příloze č. 4). Nejvýchodnější, lipenský masiv, ležící mezi Rožmberkem nad Vltavou a Aigenem v Rakousku, je východo-západním směrem protažené magmatické těleso. Od centrálního moldanubického plutonu je tento masiv oddělený kaplickým poruchovým pásmem SV–JZ směru. V severní polovině masivu vystupují dvojslídne granity typu Eisgarn, kdežto jižní část masivu je tvořena porfyrickými biotitickými granity typu Weinsberg.

Západně od lipenského masivu, na území Rakouska leží menší trojúhelníkovité těleso aigenského masivu, které je tvořené jednak dvěma typy dvojslídnych granitů, jednak biotitickými granity typu Weinsberg. Biotitické granity typu Weinsberg vystupují na povrch ve vrcholové části tohoto masivu, v prostoru Smrčiny (Hochficht, 1338 m n. m.). Dvojslídne granity jsou zastoupené staršími porfyrickými granity typu Eisgarn (obr. 2 v barevné příloze č. 4) a mladšími stejnozrnými granity typu Sulzberg, které jsou pokládány za jemnozrnou facii typu Eisgarn (FUCHS & THIELE 1968). Na rozhraní České republiky, Rakouska a Německa tvoří vrcholovou část Šumavy mohutný masiv Třístoličníku (Dreisesselberg, 1311 m n. m.). Toto intruzivní těleso je tvořeno jednak centrálním pněm dvojslídnych granitů typu Plechý, jednak menšími tělesy dvojslídnych granitů typu Steinberg (Třístoličník), Haidmühle a Theresienreut. Na východním úbočí masivu Plechého byly nalezeny úlomky výrazně leukokratního muskovitického granitu, označovaného jako okrajový granit (VERNER et al. 2009). Směrem k severozápadu přechází masiv Třístoličníku v protáhlé těleso masivu Strážného. Toto magmatické těleso, označované na německé straně jako masiv Finsterau (BAUBERGER 1977, OTT 1988), leží mezi Stožcem a Březníkem. Je součástí šumavského hraničního hřebene. Jedná se o těleso nepravidelně čokkovitého tvaru, výrazně protažené v SZ–JV směru. Masiv je tvořený převážně porfyrickými biotitickými granity až granodiority typu Weinsberg a mladšími dvojslídnyými granity typu Eisgarn. Na severozápad od masivu Strážného leží masiv Vydry, který je nejlépe odkrytý v údolí stejnojmenné říčky. V masivu vystupují převážně hrubozrné až středně zrnité, místy porfyrické granity až granodiority typu Weinsberg a jeho východní okraj je lemován dvojslídnyými granity typu Eisgarn. Vzhledem k často výrazné převaze biotitu nad muskovitem je část těchto granitů označovaná jako zvláštní subtyp Srní (KODYM et al. 1961). Východně od masivu Vydry leží o něco menší prášilský masiv, v němž opět převažují porfyrické granity typu Weinsberg nad dvojslídnyými granity. Dvojslídne granity, tvořící severní okraj tělesa jsou přiřazované k typu Eisgarn.

Metodika

Kvantitativní minerální složení hornin vychází především ze starších planimetrických analýz publikovaných ve vysvětlivkách ke geologickým mapám (KODYM et al. 1961, ČECH et al. 1962, BAUBERGER 1977, OTT 1988, 1992). Pro účely této práce bylo zhotoveno 76 chemických analýz (Tabulka 1). Výběr analyzovaných vzorků z jednotlivých magmatických těles byl realizován s cílem získat pokud možno reprezentativní pohled na chemické složení šumavských granitoidů. Stanovení hlavních komponent bylo provedeno klasicky na mokré cestě v laboratoři ÚSMH AV ČR, v.v.i., stanovení stopových prvků bylo provedeno metodou ICP MS na spektrometru Perkin Elmer Sciex ELAN 6100 v laboratoři Actlabs v Kanadě (analytik D'Anna). Chemické analýzy horninotvorných minerálů (plagioklas, draselný živec, biotit) byly provedeny na elektronové mikroskopě Cameca SX 100 v laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy PŘF MU a ČGS v Brně (analytik R. Škoda) a v laboratoři GÚ AV ČR, v.v.i. v Praze (analytik Z. Korbelová). Analýzy byly provedeny za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr elektronového svazku 5 μm. Dobře definované ho-

mogenní minerály a syntetické fáze byly použity jako standardy. Přepočtení chemických analýz biotitu bylo provedeno pomocí programu publikovaného YAVUZEM (2003) na bázi 22+z pozitivních nábojů. Použitá klasifikace je v souladu s aktuální klasifikací slíd IMA (RIEDER et al. 1998). Elektronová mikrosonda byla rovněž použita pro identifikaci akcesorických minerálů.

Petrografie

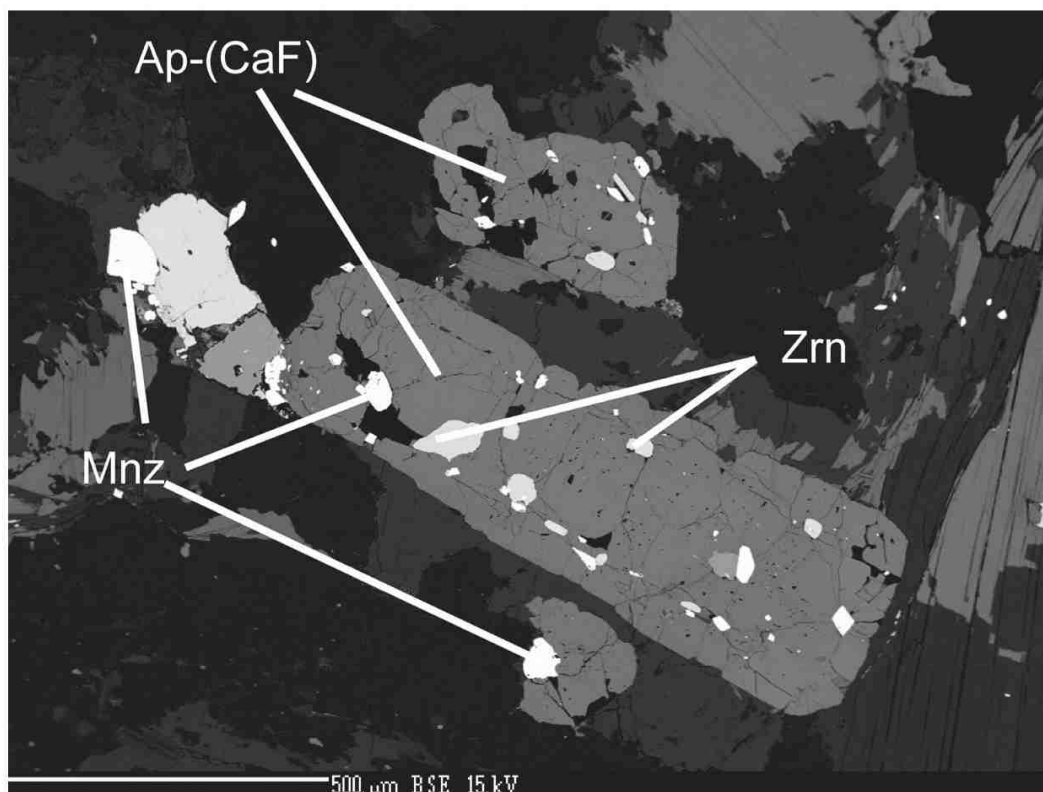
Biotitické granity až granodiority typu Weinsberg jsou středně zrnité, výrazně porfyrické horniny. Porfyrické vyrostlice draselného živce jsou obvykle 2–6 cm velké, v některých případech dosahují délky až 8 cm. Základní hmota horniny je středně zrnitá, přičemž jednotlivé minerály dosahují obvykle velikosti 2–3 mm, v některých případech však až velikosti 10 mm. Základní hmota je tvořená křemenem, biotitem, plagioklasem (oligoklas až andesin, An_{19-36}) a draselným živcem. Draselný živec je v hornině zastoupený 4–44 mod. %, plagioklas je zastoupený 19–44 mod. %, křemen se vyskytuje v množství 18–40 mod. % a množství biotitu kolísá v rozmezí 7–27 mod. %. Akcesorie jsou zastoupené apatitem, zirkonem, titanitem a opakními minerály. Granity typu Weinsberg jsou často výrazně usměrněné. Usměrnění zvýrazněné přednostní orientací vyrostlic draselného živce přechází v některých případech do plošně paralelních staveb (obr. 3, 4 v barvené příloze č. 5). Biotit je výrazně pleochroický, podle X špinavě žlutý až žlutohnědý, podle Y a Z červenohnědý. Svým chemickým složením odpovídá Mg-siderofylitu ($X_{Fe} = 0,64-0,67$, $Al^{(IV)} = 1,16-1,26$ apfu). Křemenná zrna v důsledku mladších deformací horniny často undulózně zhášejí. V partiích postižených mylonitizací se někdy vyskytuje sekundární muskovit, chlorit a epidot.

Dvojslídne granity jsou v jednotlivých tělesech šumavské větve moldanubického batolitu zastoupené několika typy, které se navzájem odlišují jednak texturou (stejnozrná, porfyrická), velikostí zrna (jemnozrná až hrubozrná variety), poměrem biotitu a muskovitu.

Nejhojněji zastoupené, středně zrnité dvojslídne granity typu Eisgarn mají typickou granitickou strukturu a všesměrně zrnitou texturu. Velikost zrn horninotvorných minerálů se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,5–2 mm, někdy jsou přítomné drobné vyrostlice draselného živce a plagioklasu, obvykle 3–5 mm velké. Granity obsahují draselný živec (25–40 mod. %), plagioklas (20–40 mod. %) (albit-oligoklas, An_{02-23}), křemen (25–40 mod. %), muskovit (3–18 mod. %) a biotit (2–12 mod. %). Jejich modální složení odpovídá obvykle monzogranitům, některé vzorky granitů z lipenského masivu je nutné díky přítomnosti albitu s bazicitou An_{2-5} přiřadit k alkalicko-živcovým granitům. Drobné vyrostlice draselného živce jsou někdy nevýrazně pertitické s odmíšeninami albitu (An_{03-04}). Muskovit obvykle převládá nad biotitem. Biotit je výrazně pleochroický, podle X žlutohnědý, podle Y a Z červenohnědý až hnědočerný a svým složením odpovídá Mg-siderofylitu ($X_{Fe} = 0,64-0,71$, $Al^{(IV)} = 1,23-1,35$ apfu).

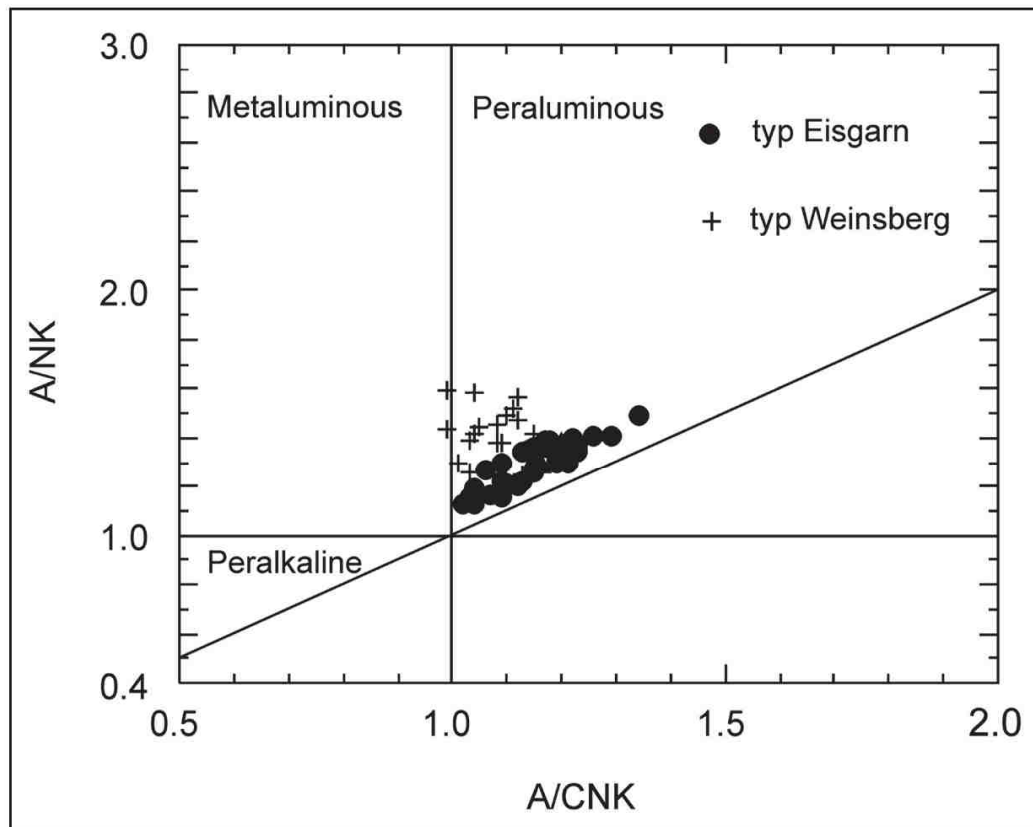
Dvojslídne granity typu Sulzberg, které se vyskytují v aigenském masivu, jsou mladší než okolní granity typu Eisgarn a podle FUCHSE & THIELEHO (1968) představují jejich mladší a kyselejší diferenciát. Granit je jemnozrný až středně zrnitý, stejnozrný a obsahuje draselný živec, plagioklas (An_{1-12}), křemen, muskovit a biotit. Vzhledem k tomu, že v některých vzorcích je významně zastoupený albit s bazicitou An_{1-5} , lze tento granit zařadit k alkalicko-živcovým granitům až monzogranitům.

Dvojslídne granity typu Plechý, vystupující v centrální části masivu Třístoličníku, jsou tvořené stejnozrnými, hrubozrnými, vzácně nevýrazně porfyrickými monzogranity, obsahujícími pertitický draselný živec (22–38 mod. %), křemen (24–32 mod. %), plagioklas (An_{2-10}) (25–32 mod. %), biotit (5–12 mod. %) a muskovit (3–9 mod. %). Granit typu Steinberg (OTT 1992), označovaný rovněž jako typ Třístoličník (VERNER et al. 2009), tvoří v masivu Třístoličníku podkovovité těleso podél západního až jižního okraje tělesa granitu Plechého. Jedná se o výrazně porfyrický, středně až hrubě zrnitý monzogranit obsahující vyrostlice draselného živce a základní hmotu tvořenou draselným živcem (23–40 mod. %), křemenem (25–37 mod. %), plagioklasem (An_{1-13}) (19–25 mod. %), biotitem



Obr. 6 – Mikrofotografie ve zpětných elektronech asociace akcesorických minerálů dvojsídného granitu typu Steinberg (Ap-(CaF) – fluorapatit, Zrn – zirkon, Mnz – monazit) (foto M. René).

Fig. 6 – BSE image of accessory minerals assemblage of the Steinberg two-mica granite (Ap)-(CaF) – fluorapatite, Zrn – zircon, Mnz – monazite) (photo by M. René).

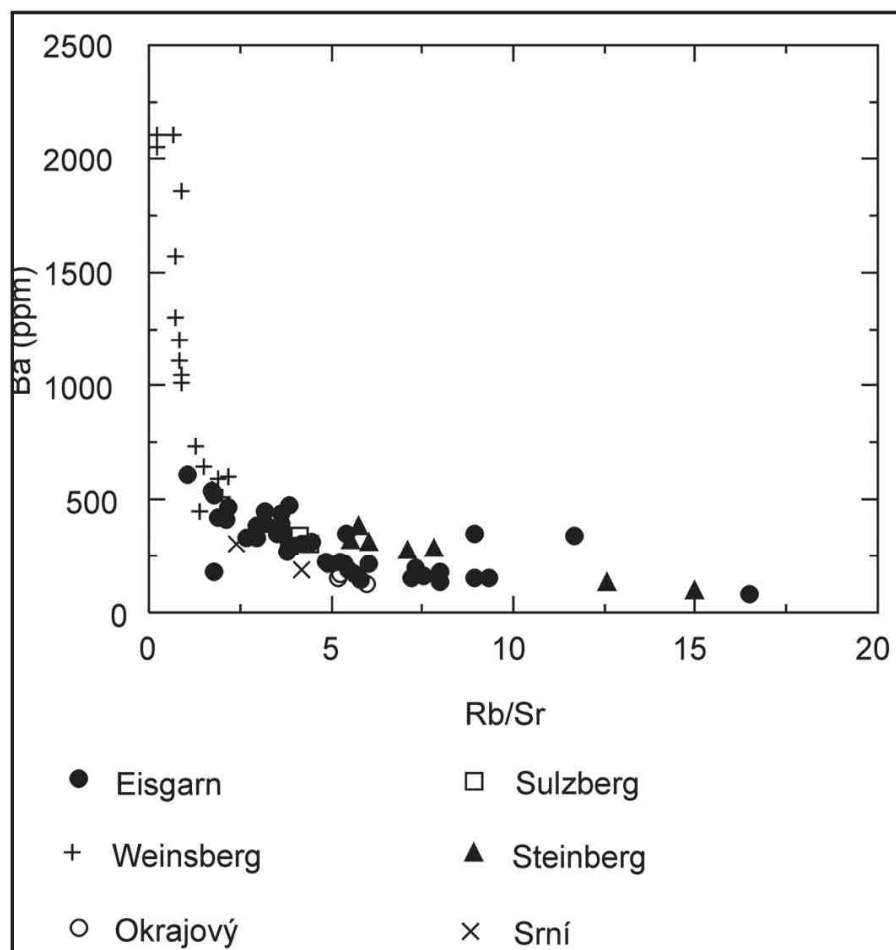


Obr. 7 – Shandův diagram podle MANIARA & PICCOLIHO (1989) pro granity šumavské větve moldanubického batolitu.

Fig. 7 – Shand plot after MANIAR & PICCOLI (1989) for granites of the Šumava branch of the Moldanubian batholith.

(7–10 mod. %) a muskovitem (2–7 mod. %) (obr. 5 v barevné příloze č. 5). Dvojslídne granity typu Haidmühle (OTT 1992), tvořící západní okraj masivu Třístoličníku jsou středně zrnité až hrubozrné monzogranity obsahující draselný živec (25–40 mod. %), plagioklas (An_{7-16}) (15–35 mod. %), křemen (15–35 mod. %), biotit (5–10 mod. %) a muskovit (3–6 mod. %). Jemnozrný dvojslídny granit typu Theresienreut reprezentuje podle OTTA (1988) nejmladší člen granitů masivu Třístoličníku. Granit je stejnozrný a obsahuje křemen (35–45 mod. %), draselný živec (15–35 mod. %), plagioklas (An_{5-8}) (15–20 mod. %), muskovit (5–15 mod. %) a biotit (2–6 mod. %). Ve všech výše uvedených varietách dvojslídnych granitů jsou akcesorické minerály zastoupené apatitem, ilmenitem, zirkonem a monazitem (obr. 6). Okrajový granit nalezený pouze v balvanech na východním okraji masivu Třístoličníku (VERNER et al. 2009) je reprezentovaný středně zrnitým až hrubozrným, stejnozrným granitem obsahujícím draselný živec, plagioklas (An_{1-10}), křemen, muskovit a v podřízeném množství granát (almandin).

Středně zrnité až hrubozrné biotitické granity až granodiority s muskovitem typu Srní, vyskytující se zejména v severní části vyderského masivu obsahují 1–2 cm velké vyrostlice draselného živce. Jejich základní hmota je tvořena draselným živcem (8–40 mod. %), plagioklasem (oligoklas-andesin) (20–50 mod. %), křemenem (17–45 mod. %), biotitem (10–27 mod. %) a muskovitem (0–6 mod. %). Akcesorické minerály jsou zastoupené apatitem, zirkonem, monazitem, ilmenitem a titanitem. Leukokratický biotit-muskovitický granit z vrcholu Luzného (Lusen) je jemnozrná až středně zrnitá hornina obsahující draselný živec (33–41 mod. %), plagioklas (albit-oligoklas) (22–24 mod. %), křemen (29–32 mod. %), biotit a muskovit. Muskovit (4–9 mod. %) převládá nad biotitem (3–6 mod. %). Akcesorické minerály jsou zastoupené apatitem a zirkonem.



Obr. 8 – Diagram Ba a Rb/Sr pro granity šumavské větve moldanubického batolitu.

Fig. 8 – Plot of Ba and Rb/Sr for granites of the Šumava branch of the Moldanubian batholith.

Tab. 1 – Chemické analýzy granitů šumavské větve moldanubického batolitu (hmot. %). Re-1629 – Říjiště, jz. od Nové Pece, skalní výchoz, typ Steinberg, Re-1632 – Plešné jezero, balvany, typ Plechý, Re-1637 – Loučovice, skalní výchoz na vrcholu kóty Vyklestilka (887 m n.m.), typ Eisgarn, Re-1652 – Haidmühle, lom z. od obce, typ Haidmühle, Re-1653 – Theresienreut, jz. obce, balvany, typ Theresienreut, Re-1654 – kóta Moldaublick (1005 m n.m.), balvany, typ Sulzberg, Re-1696 – balvany, severně od Prášil, typ Weinsberg.

Tab. 1 – Chemical analyses of granites of the Šumava Moldanubian batholith branch (wt. %).

	Re-1629	Re-1632	Re-1637	Re-1652	Re-1653	Re-1654	Re-1696
SiO ₂	75,29	73,69	73,35	72,25	73,61	72,19	65,68
TiO ₂	0,33	0,23	0,30	0,20	0,18	0,30	0,61
Al ₂ O ₃	13,01	13,75	13,57	14,59	14,11	14,48	15,93
Fe ₂ O ₃	0,65	0,55	0,69	0,60	0,60	1,29	1,61
FeO	1,17	1,12	0,93	0,80	0,42	0,37	2,78
MnO	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05
MgO	0,40	0,40	0,40	0,32	0,24	0,39	1,23
CaO	0,56	0,71	0,54	0,56	0,53	0,47	2,09
Na ₂ O	2,38	3,14	2,98	3,06	2,71	3,16	2,86
K ₂ O	4,75	4,75	5,42	5,68	5,39	5,74	5,36
P ₂ O ₅	0,36	0,34	0,27	0,30	0,26	0,25	0,24
H ₂ O ⁺	0,77	0,90	0,98	0,97	0,98	0,87	0,80
H ₂ O ⁻	0,08	0,16	0,43	0,24	0,26	0,20	0,33
Celkem	99,77	99,78	99,89	99,59	99,31	99,73	99,57
ppm							
Ba	101	187	196	219	191	302	1303
Sr	29	59	51	62	49	84	249
Rb	435	324	372	306	357	323	185
Zr	143	113	142	93	94	135	251
Y	3	13	5	10	4	10	27
Nb	16	16	17	14	16	12	13
U	8	14	8	8	9	8	9
Th	57	18	46	13	21	35	28

Chemické složení

Charakteristika chemického složení šumavských granitoidů vychází ze souboru 76 chemických analýz provedených pro účely této studie. Pro analyzované granity typu Weinsberg je typický obsah SiO₂ v rozmezí 62–70 hmot. %, relativně vyšší obsah CaO (1,4–3,2 hmot. %) a MgO (0,8–1,8 hmot. %). Obsah K₂O (3,8–7,2 hmot. %) výrazně převažuje nad obsahem Na₂O (2,6–3,9 hmot. %). Granity jsou slabě peraluminní s hodnotou A/CNK (mol. Al₂O₃/CaO+Na₂O+K₂O) v rozmezí 1,0–1,3 (obr. 7). Z hlediska obsahu stopových prvků je pro tyto granity typický vysoký obsah Ba (450–2300 ppm) (obr. 8), vyšší obsah Sr (120–260 ppm), Zr (160–360 ppm) (obr. 9) a Y (20–45 ppm).

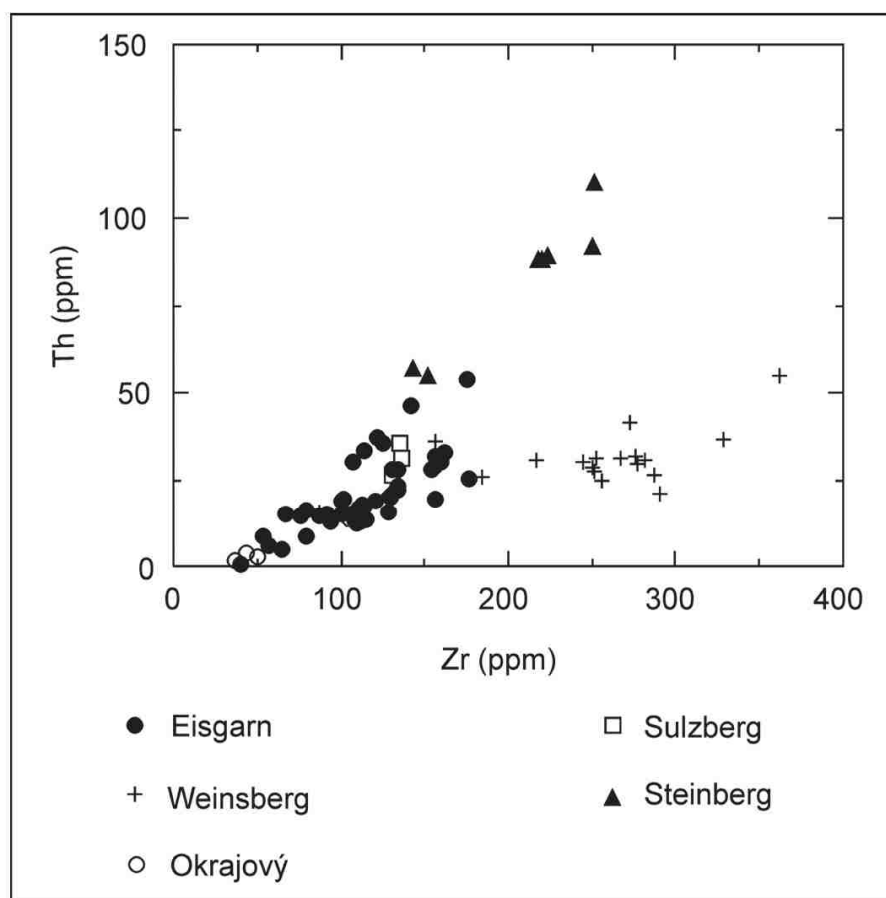
Dvojslídne granity typu Eisgarn jsou typické peraluminní granity s hodnotou A/CNK v rozmezí 1,0–1,3 (obr. 7). Je pro ně typický nízký obsah CaO (0,5–1,2 hmot. %), MgO (0,1–0,8 hmot. %) a FeO_{tot}.

(0,6–1,8 hmot. %). Obsah K_2O (4,2–5,9 hmot. %) výrazně dominuje nad obsahem Na_2O (2,4–4,4 hmot. %). Ze stopových prvků je významný vyšší obsah Rb (260–390 ppm), thoria (13–54 ppm), nižší obsah Zr (54–175 ppm) (obr. 9) a Y (3–19 ppm). Pro jemnozrnnější variety dvojslídnych granitů je charakteristický relativně vyšší obsah Rb (Sulzberg 320–360 ppm, Haidmühle a Theresienreut 306–350 ppm) a nižší obsahy Zr (Sulzberg 130–136 ppm, Haidmühle a Theresienreut 90–106 ppm) a Th (Sulzberg 26–35 ppm, Haidmühle a Theresienreut 10–23 ppm).

Dvojslídne granity typu Steinberg se od ostatních šumavských granitů výrazně odlišují vysokým obsahem Th (55–110 ppm) a Zr (140–250 ppm). Naproti tomu okrajový granit, vyskytující se v masivu Třístoličníku vykazuje anomálně nízké obsahy obou prvků (1,5–4 ppm Th, 36–50 ppm Zr). Převážně biotické granity až granodiority typu Srní vykazují ve srovnání s granity typu Eisgarn z důvodu vyššího obsahu biotitu vyšší obsah K_2O (4,3–6,1 hmot.%) a nižší obsah Rb (175–305 ppm).

Diskuse a závěr

Granity až granodiority šumavské větve moldanubického batolitu jsou reprezentovány staršími biotickými granity až granodiority typu Weinsberg a mladšími dvojslídny granity, případně granodiority, které jsou na základě jejich textury, minerálního a chemického složení přiřazovány k několika samostatným typům (Eisgarn, Plechý, Steinberg, Srní, Haidmühle, Theresienreut, Sulzberg). Granity typu Weinsberg jsou na základě rozdílů v populaci morfologických typů zirkonu (STÖBICH 1992), rozdílů v chemickém a izotopickém složení (FINGER & CLEMENS 1995, GERDES 2001) rozdělovány na dva subtypy, bazičtější subtyp Weinsberg I, kyselejší a výrazněji peraluminní subtyp Weinsberg II. Granity typu Weinsberg, které se podílejí na složení dílčích masivů šumavské větve moldanubic-



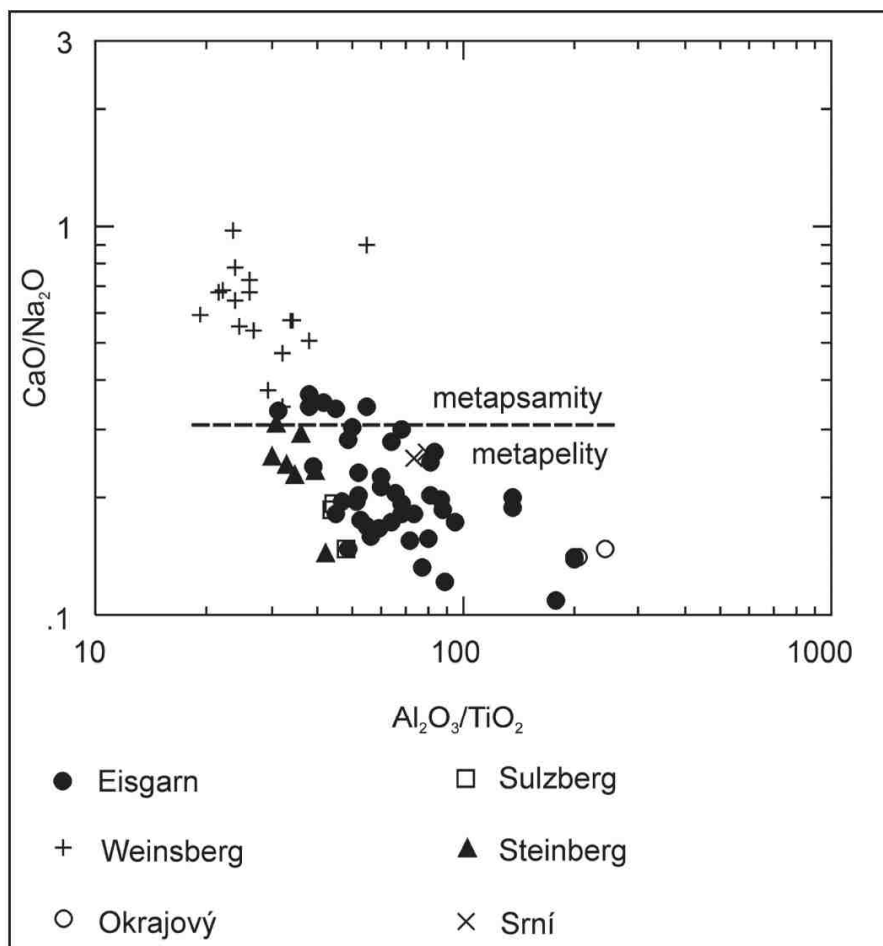
Obr. 9 – Diagram Th a Zr pro granity šumavské větve moldanubického batolitu.

Fig. 9 – Plot of Th and Zr for granites of the Šumava branch of the Moldanubian batholith.

kého batolitu, patří s ohledem na jejich chemické složení k subtypu Weinsberg I, což je v souladu se zjištěním GERDESE (2001), který tyto granity studoval v rakouské části lipenského masivu.

V předchozích studiích o granitech šumavské větve moldanubického batolitu byla chemickému složení těchto hornin věnována relativně malá pozornost (VERNER et al. 2009, KLOMÍNSKÝ et al. 2010). Detailnější diskuse jejich chemického složení se omezila pouze na granity masivu Třístoličnicku (BREITER et al. 2007) a granity bavorské části masivu Strážného (SIEBEL et al. 2008). Nově pořízené chemické analýzy jsou s těmito staršími analýzami v dobrém souladu, přičemž chemické složení masivu Strážného bylo detailně diskutováno v předchozím článku (RENÉ & HÁJEK 2010).

Často diskutovaným problémem je potenciální zdroj granitové taveniny granitů moldanubického batolitu (FINGER & CLEMENS 1995, BREITER & KOLLER 1999, GERDES et al. 2000, GERDES 2001, RENÉ et al. 2003). Na základě těchto studií se předpokládá vznik granitové taveniny moldanubického batolitu parciálním tavením metasedimentů moldanubika. Modely založené na parciálním tavení metasedimentů vycházejí z předpokladu, že chemické složení výsledné granitové taveniny je určováno především složením výchozího protolitu a teplotou parciálního tavení (CLEMENS 2003) a v menší míře následnou frakcionací této taveniny. Pro bližší určení zdroje taveniny lze použít diagram $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ (SYLVESTER 1998, JUNG & PFÄNDER 2007). Z tohoto diagramu (obr. 10) vyplývá, že zdrojem biotitických (Weinsberg) a dvojslídnych granitů šumavské větve mol-



Obr. 10 – Diagram poměrů $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$ a $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ pro granity šumavské větve moldanubického batolitu. Rozhraní experimentálních tavenin z metapsamitových a metapelitových zdrojů bylo převzato z publikace JUNGA & PFÄNDER (2007).

Fig. 10 – Plot of $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$ and $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ for granites of the Šumava branch of the Moldanubian batholith. Boundary experimental melts derived from metapsammitic and metapelitic sources according JUNG & PFÄNDER (2007).

danubického batolitu byly dva různé typy metasedimentů, přičemž k parciálnímu tavení docházelo za rozdílné teploty. Z rozdílu v poměru $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$ v analyzovaných granitech lze odvodit jako možný zdroj taveniny pro biotitické granity typu Weinsberg plagioklas-biotitické pararuly moldanubika v protikladu k metapelitickému zdroji pro dvojslídne granity zastoupené v jednotlivých tělesech šumavské větve moldanubického batolitu. Toto zjištění je v souladu s představami FINGERA & CLEMENSE (1995), GERDESE (2001) a SIEBELA et al. (2008) pro granity typu Weinsberg, případně představami HUMERA & FINGERA (2002) nebo SIEBELA et al. (2008) pro granity typu Eisgarn.

Vznik taveniny biotitických granitů typu Weinsberg probíhal pravděpodobně za vyšší teploty než vznik taveniny dvojslídnych granitů, což je v souladu s dříve publikovanými výsledky (GERDES et al. 2000, GERDES 2001). Rozdílná teplota tavení vyplývá především z hodnot saturace taveniny zirkoniem (WATSON & HARRISON 1983). Výpočet saturačních zirkoniových teplot poskytuje pro granity až granodiority typu Weinsberg hodnoty 791–832 °C, což je v dobrém souladu s údaji zjištěnými v rakouské části moldanubického batolitu (FINGER & CLEMENS 1995, GERDES et al. 2000, GERDES 2001). Pro dvojslídne granity typu Eisgarn šumavské větve moldanubického batolitu se teploty saturace zirkonia pohybují v rozmezí 723–819 °C, což je v souladu s teplotami uváděnými pro granity typu Eisgarn z centrálního moldanubického plutonu (RENÉ et al. 2008). Od těchto hodnot se výrazněji odlišují pouze teploty saturace zirkonia pro zirkonem bohaté granity typu Steinberg (800–839 °C) a teploty saturace zirkonia pro zirkonem chudé okrajové granity z masivu Třístoličnicku (682–707 °C). Při vzniku granitů typu Steinberg došlo pravděpodobně k extrémní akumulaci zirkonu a monazitu v průběhu vzniku magmatické taveniny a její frakcionace. Nízké teploty saturace zirkonia zjištěné v okrajových granitech masivu Třístoličnicku by mohly svědčit na vznik těchto granitů parciálním tavením muskovitem bohatého protolitu, které se předpokládá pro vznik granitů typu Deštná v centrálním moldanubickém plutonu (RENÉ et al. 2008). Skutečné teploty granitových tavenin však mohou být nižší, protože výše uvedený model výpočtu saturačních teplot je založený na předpokladu, že v průběhu vzniku taveniny došlo k roztavení veškerého zirkonu, který byl převzatý z původního metasedimentárního materiálu.

Poděkování

Předložená práce vznikla v rámci výzkumného záměru ÚSMH AV ČR AV 0Z30460519 za finanční podpory projektu MŠMT ČR MEB 060802. Autoři jsou velmi zavázáni oběma anonymním recenzentům původního rukopisu za cenné připomínky, které výrazně přispěly ke zkvalitnění finální verze této studie.

Literatura

- BAUBERGER W., 1977: Geologische Karte von Bayern 1:25 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7046 Spiegelau und zum Blatt Nr. 7047 Finsterau sowie zu den nördlichen Anteilen der Blätter Nr. 7146 Grafenau and Nr. 7147 Freyung Nationalpark Bayerischer Wald. – Bayerisches Geol. Landesamt, München, 183 p.
- BREITER K. & KOLLER F., 1999: Two-mica granites of the central part of the South Bohemian Pluton. – *Abh. Geol. Bundesanst.* 56: 201–212. Wien.
- BREITER K., KOLLER F., SCHARBERT S., SIEBEL W., ŠKODA R. & FRANK W., 2007: Two-mica granites of the Plechý (Plöckenstein) pluton in the Triple-point area (Trojmezí, Dreiländereck) of Austria, the Czech Republic, and Germany. – *Jahrb. Geol. Bundesanst.* 147: 527–544.
- CLEMENS J.D., 2003: S-type granitic magmas – petrogenetic issues, models and evidence. – *Earth Sci. Rev.* 61: 1–18.

- ČECH V., CINIBURK M., DOHNAL Z., GABRIELOVÁ-BOŘKOVÁ N., HOLUB V., KODYM O., KOLÁŘOVÁ M., MALECHA A., MATĚJOVSKÁ O., MRÁZEK A., ODEHNAL L., POLÁK A., ŘEHÁKOVÁ Z., SLÁNSKÁ J., SUK M. & ŠPINAR Z., 1962: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000 M-33-XXVII České Budějovice a M-33-XXXIII Vyšší Brod. – Naklad. Českosl. akad. Věd, Praha, 191 p.
- FINGER F. & CLEMENS J. D., 1995: Migmatization and „secondary“ granitic magmas: effects of emplacement and crystallisation of „primary“ granitoids in Southern Bohemia, Austria. – *Contrib. Mineral. Petrol.* 120: 311–326.
- FUCHS G. & THIELE O., 1968: Erläuterungen zur Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald, Oberösterreich. – *Geol. Bundesanst., Wien*, 96 p.
- GERDES A., 2001: Magma homogenization during anatexis, ascent and/or emplacement? Constraints from the Variscan Weinsberg granites. – *Terra Nova* 13: 305–312.
- GERDES A., WÖRNER G. & HENK A., 2000: Post-collisional granite generation and HT/LP metamorphism by radiogenic heating: the Variscan South Bohemian Batholith. – *J. Geol. Soc., London*, 157: 577–587.
- HUMER B. & FINGER F., 2002: Zur Petrologie des Eisgarner Granits im Südböhmischen Batholith. – *Erlanger Geol. Abh., Sonderband* 3: 46–47.
- JUNG S. & PFÄNDER J. A., 2007: Source composition and melting temperatures of orogenic granitoids: constraints from CaO/Na₂O, Al₂O₃/TiO₂ and accessory mineral saturation thermometry. – *Eur. J. Mineral.* 19: 859–870.
- KLOMÍNSKÝ J., JARCHOVSKÝ T. & RAJPOOT G., 2010: Atlas of plutonic rocks and orthogneisses in the Bohemian Massif. 2. Moldanubicum – *Czech Geol. Survey, Praha*, 200 p.
- KODYM O., ČECH V., DOHNAL Z., KOLÁŘOVÁ M., LOMOZ M., MRÁZEK A., ODEHNAL L., POLÁK A., SEKYRA J., STEINOCHEK V., SUK M. & VEJNAR Z., 1961: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000 M-33-XXVI Strakonice. – *Nakl. Českosl. akad. věd., Praha*, 149 p.
- MANIAR P. D. & PICCOLI P. M., 1989: Tectonic discrimination of granitoids. – *Geol. Soc. Amer. Bull.* 101: 635–643.
- OTT W. D., 1988: Geologische Karte von Bayern 1:25 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7149 Freyung und zum Blatt Nr. 7148 Bischofsreut. – *Bayerisches Geol. Landesamt, München*, 144 p.
- OTT W. D., 1992: Geologische Karte von Bayern 1:25 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7248/49 Jandelsbrunn. – *Bayerisches Geol. Landesamt, München*, 72 p.
- RENÉ M., 2009: Petrografie a geochemie granitů lipenského masivu. – *Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, Přír. vědy* 49: 35–41.
- RENÉ M. & Hájek P., 2010: Petrografie a geochemie granitoidů masivu Strážný. – *Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, Přír. vědy* 50: 51–57.
- RENÉ M., Matějka D. & Nosek T., 2003: Geochemical constraints of the origin of a distinct type of two-mica granites (Deštná – Lásenice type) in the Moldanubian batholith (Czech Republic). – *Acta Montana, Ser. A* 130: 59–76.
- RENÉ M., Holtz F., Luo, Ch., Beermann O. & Stelling J., 2008: Biotite stability in peraluminous granitic melts: Compositional dependence and application to the generation of two-mica granites in the South Bohemian batholith (Bohemian Massif, Czech Republic). – *Lithos* 102: 538–553.
- RIEDER M., cavazzini g., yakonov y. d., frank-kanetskii v. a., gottardi g., guggenheim s., koval p. v., müller g., neiva a. m. r., radoslovich e. w., robert j. l., sassi f. p., takeda h., weiss z. & wones d. r., 1998: Nomenclature of the micas. – *Can. Mineral.* 36: 905–912.
- SIEBEL W., Shang C.K., Reitter E., Rohrmüller J. & Breiter K., 2008: Two distinctive granite suites in the SW Bohemian Massif and their record of emplacement: Constraints from geochemistry and zircon ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb chronology. – *J. Petrol.* 49: 1853–1872.
- STÖBICH D., 1992: Trachstudien und den akzessorischen Zirkonen des Weinsberges Granits in östlichen Mühlviertel und westlichen Waldviertel. – *Ms. [Dipl. pr. Depon. in: Universität Salzburg.]*
- SYLVESTER P. J., 1998: Post-collisional strongly peraluminous granites. – *Lithos* 45: 29–44.

- VERNER K., ŽÁK J., PERTOLDOVÁ J., ŠRÁMEK J., SEDLÁK J., TRUBAČ J. & TÝCOVÁ P., 2009: Magmatic history and geophysical signature of a post-collisional intrusive center emplaced near a crustal-scale shear zone: the Plechý granite pluton (Moldanubian batholith, Bohemian Massif). – *Int. J. Earth Sci.* 98: 517–532.
- WATSON E. B. & HARRISON T. M., 1983: Zircon saturation revised: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 64: 295–304.
- YAVUZ F., 2003: Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: I. Definitions and structure of the computer program MICA+. – *Comp. Geosci.* 29: 1203–1213.

Adresy autorů:

Miloš RENÉ

Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky, v. v. i.

V Holešovičkách 41

CZ – 182 09 Praha 8

Pavel HÁJEK

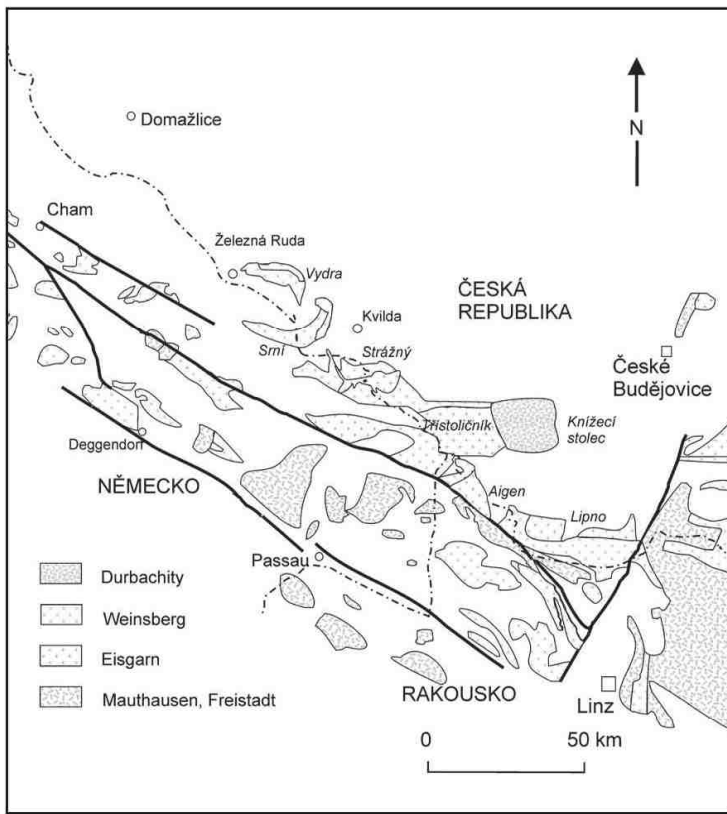
Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky, v. v. i.

V Holešovičkách 41

CZ – 182 09 Praha 8

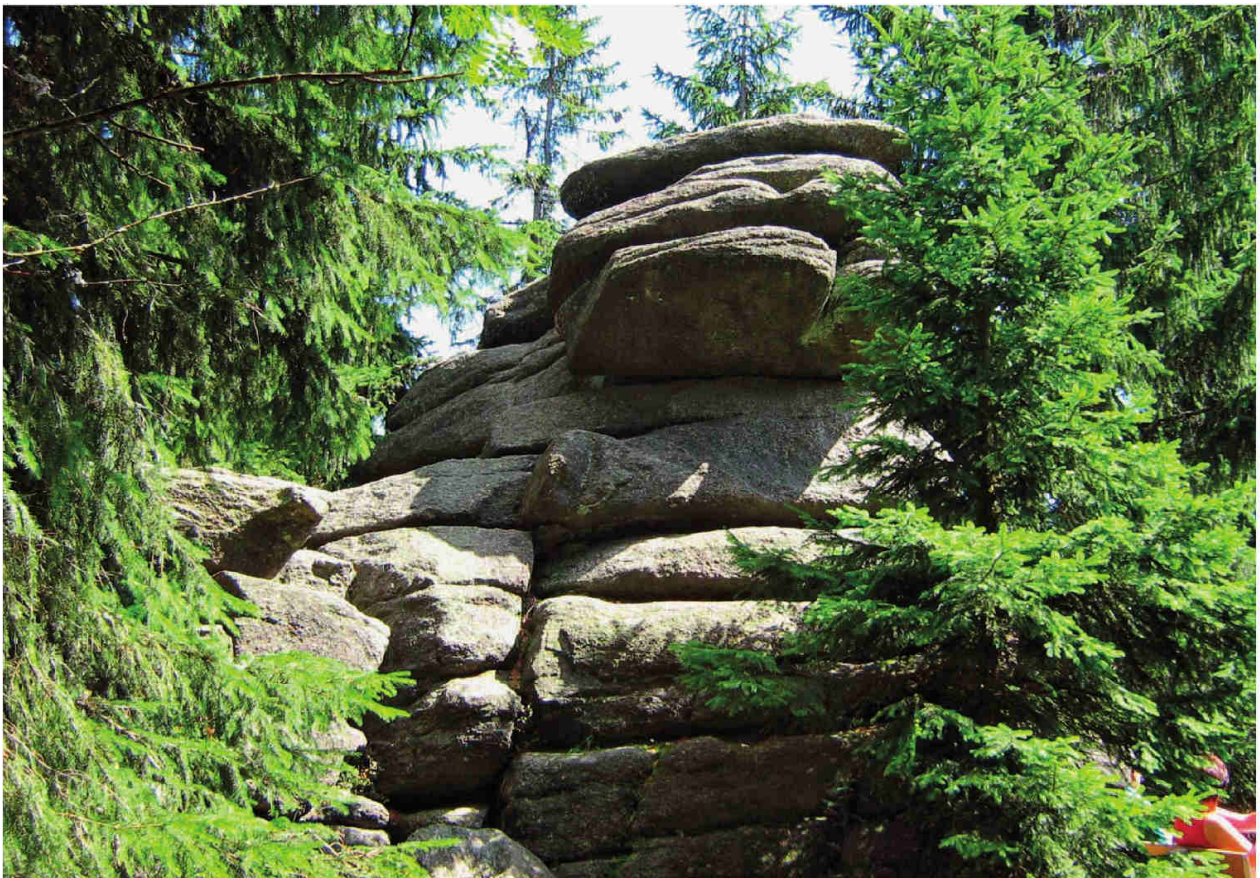
Došlo: 3. 5. 2011

Přijato: 31. 5. 2011



Obr. 1 – Geologická mapa šumavské větve moldanubického batolitu (podle KLOMÍNSKÉHO et al. 2010, upraveno autory).

Fig. 1 – Geological map of the Šumava Moldanubian batholith branch (after KLOMÍNSKÝ et al. 2010, modified by authors).



Obr. 2 – Vrcholové partie hory Bärenstein v aigenském masivu tvoří skalní výchozy deskovitě odlučných dvojslídnych granitů (foto M. René).

Fig. 2 – Peak area of the Bärenstein mountain in the Aigen granite body is formed by outcrops of mural jointed two-mica granites (photo by M. René).



Obr. 3 – Charakteristické textury granitů typu Weinsberg (foto M. René).
Fig. 3 – Typical structures of the Weinsberg granite (photo by M. René).



Obr. 4 – Charakteristické textury granitů typu Weinsberg (foto M. René).
Fig. 4 – Typical structures of the Weinsberg granite (photo by M. René).



Obr. 5 – Porfyrická struktura dvosídného granitu typu Steinberg (foto M. René).
Fig. 5 – Porphyric texture of the Steinberg two-mica granite (photo by M. René).