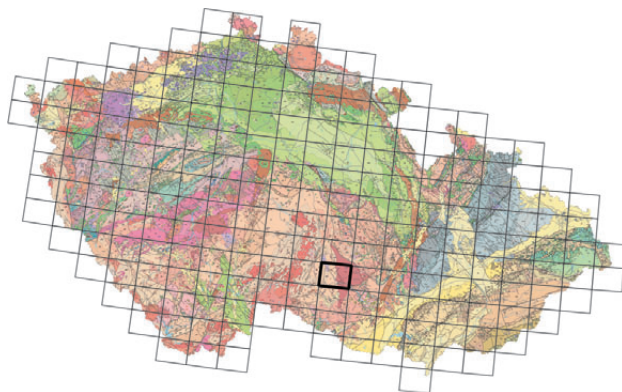


DURBACHITY TŘEBÍČSKÉHO MASIVU VE VRTU POŽDÁTKY V-5 – GENETICKÉ IMPLIKACE**Durbachites of the Třebíč pluton – genetic implications**

KAREL BREITER

Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

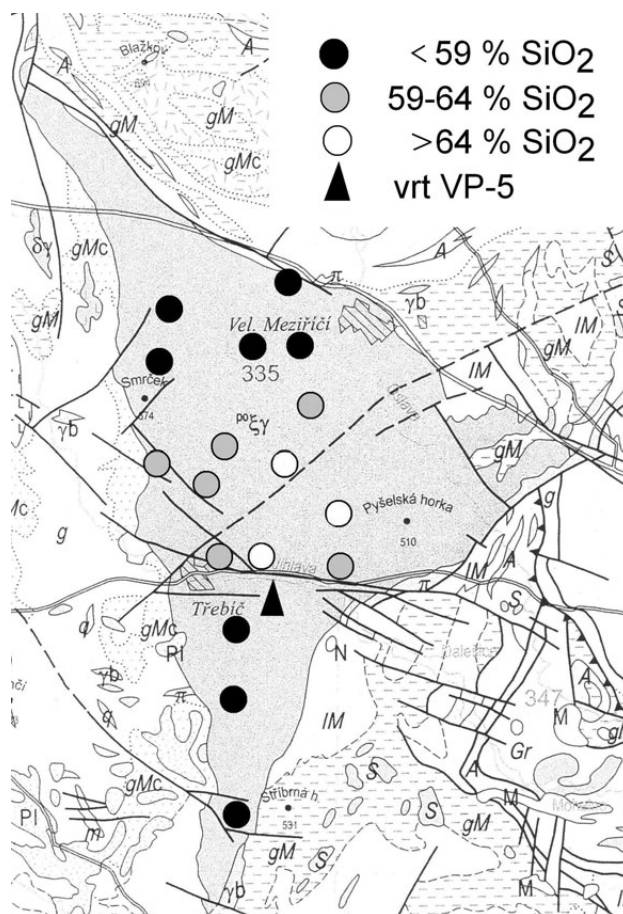
(23-42 Třebíč)

**Key words:** granitoid, durbachite, mixing

Abstract: Melanocratic K, Mg-enriched granitoids (durbachites) represent one of the most typical feature of European Variscan orogeny. Although studied many times, their origin remains enigmatic.

Borehole VP-5 drilled in 2006 at the village Požďátky near the town of Třebíč penetrated two contrasting intrusive units of the Třebíč durbachite pluton. The amphibole-biotite meladorite (55–56 wt. % SiO₂) is crossed here by a dyke of biotite (+amphibole) granite (66–69 wt. % SiO₂). Chemical composition of amphibole and biotite in both rock types is identical. These two rocks are well comparable with the most mafic and the most acid rock types within the whole Třebíč pluton. From mathematic point of view, composition of all rock samples from the Třebíč pluton (Fig. 5) can be modeled by mixing of the mafic (5 % Amphibole + 45 % Biotite) with the acid (0 % Amphibole + 13 % Biotite) “endmembers” (depicted as points No. 1 and 3 in Fig. 5). But the overall evolution of the pluton, e.g. increase of the Si-content inwards (compare Fig. 1), is in contradiction with the hypothesis about contamination of primary mafic mantle magma with an acid crustal melt from its surroundings. The acid magma should have been transported from depth to the axial part of the pluton and from there penetrated horizontally to the contacts. Such process is from geological point of view hardly imaginable.

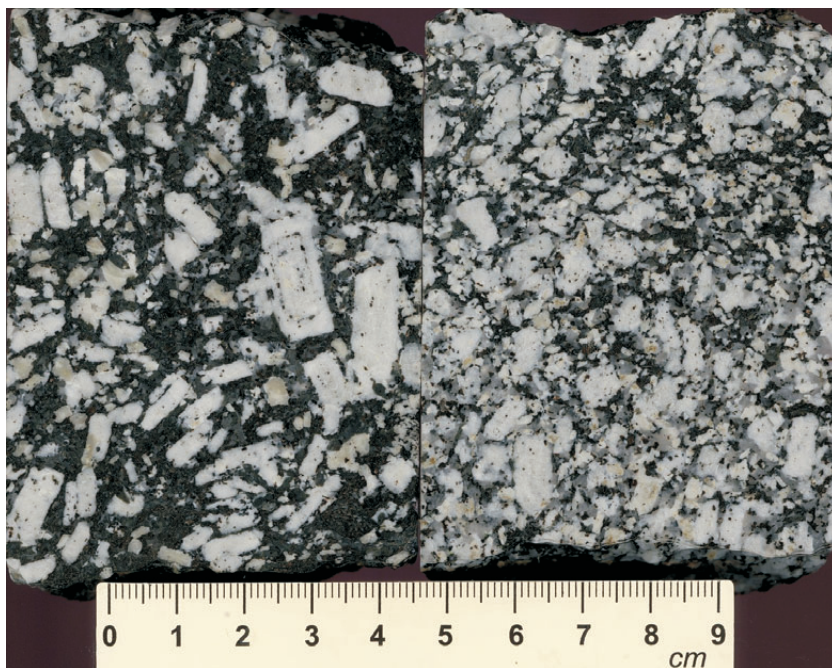
V rámci výzkumu optimální sanace skládky nebezpečných odpadů v Požďátkách u Třebíče byl v roce 2006 vyhlouben 56 m hluboký jádrový hydrogeologický vrt VP-5 (obr. 1). Vrt v celé délce procházel melagranitoidy (durbachity) třebíčského masivu a zcela náhodně zastihl intruzivní kontakty dvou petrograficky i chemicky výrazně odlišných horninových typů (obr. 2). Možnost sledovat intruzivní kontakt různých typů durbachitických hornin není běžná a v rámci třebíčského masivu je ojedinělá. Proto bylo vrtné jádro orientačně petrograficky, chemicky a mineralogicky popsáno.



Obr. 1. Lokalizace vrtu VP-5 a rozdělení srovnávacích vzorků z geochemické databáze České geologické služby do tří skupin podle obsahu SiO₂. Geologický podklad podle CHÁBA et al. (2007).

Zjednodušený popis vrtu Požďátky VP-5

Hloubka (m)	popis
0,00–1,60	písčité eluvium až silně zvětralý melasyenit.
1,60–33,40	porfyrický biotitický melasyenit s amfibolem, typický durbachit třebíčského masivu, do hloubky cca 9 m navětralý, dále prakticky čerstvý. Do hloubky 25 m je rozpuštění velmi intenzivní, 5–10 puklin na 1 m vrtu, jsou zde pukliny všech úklonů. V intervalu 25–33 m je četnost puklin nižší a strmé pukliny prakticky chybějí. Ojedinelé xenolity pararuly a několik žilek pegmatitu o mocnosti do 5 cm s úklonem 45° k ose jádra;
33,40–52,00	drobně zrnitý hustě porfyrický biotitický syenit, kompaktnější než melasyenit, bez pegmatitových žilek a také s podstatně menší



Obr. 2. Typické vzorky hornin: vlevo mafická varieta, hl. 54,5 m, vpravo kyselá varieta, hl. 36,0 m.

hustotou rozpukání. Pukliny jsou převážně ploché, četnost 3–4 na 1 m vrtu. Horní i spodní kontakty jsou ukloněny cca 45° k ose jádra;

52,00–56,00 porfyrický biotitický melasyenit s amfibolem, typický durbachit třebíčského masivu. Pukliny ploché až ukloněné 45° k ose vrtu, četnost 3–5 na 1 m vrtu.

Petrografická a chemická charakteristika hornin

V úvodní a konečné části vrtu byl zachycen hrubozrnný porfyrický amfibol-biotitický melasyenit (durbachit), vzhledově typická hornina převážně části výchozu třebíčského masivu. Je složen z krátce sloupcovitých vyrostlic K-živce o velikosti kolem 15 × 10 mm, rovnoměrně rozmístěných v základní hmotě tvořené zhruba stejným množstvím amfibolu a biotitu, plagioklasu a drobnějšího K-živce. Apatit je velmi hojný, stejně jako zirkon. Dále je přítomen převážně alterovaný monazit, Ti-oxidy a ojedinělý thorit.

Ve střední části vrtu bylo zachyceno zhruba 45° ukloněné žilné těleso výrazně světlejší a drobněji zrnité horniny. Pravou mocnost žíly lze odhadnout na cca 13 m. Středně zrnitý drobně porfyrický biotitický syenit je tvořen tence sloupcovitými vyrostlicemi K-živce (cca 10 × 3 mm), které často jsou ve vzájemném kontaktu, drobným plagioklasem, biotitem, křemenem a ojedinělým amfibolem. Apatit a zirkon jsou poněkud méně hojné než v hornině předešlé. Klasické „durbachitové“ krátce sloupcovité až izometrické K-živce se objevují v dolní části žíly v blízkosti spodního kontaktu.

Chemicky bylo analyzováno pět vzorků vrtného jádra. Výsledky analýz potvrdily příslušnost obou horninových typů k K-Mg-bohatým granitoidům durbachitové série.

Tmavší hornina při 55–56 % SiO₂ obsahuje až 9 % MgO a okolo 7 % K₂O s poměrem Mg/(Mg + Fe) = 0,72. Světlejší hornina při 66–69 % SiO₂ obsahuje stále ještě 2–4 % MgO a 6–7 % K₂O s poměrem Mg/(Mg + Fe) = 0,68. Obě horniny se vyznačují vysokými obsahy Cr, Ni, Rb, Sr, Zr a Th, jak je u durbachitů obvyklé. Další údaje čtenář nalezne v tab. 1, vztahy mezi jednotlivými prvky pak zachycují obr. 4 a 5.

Charakteristika minerálů

Tmavé minerály, amfibol a biotit, mají jednotné chemické složení v celém profilu vrtu. Není rozdílů mezi amfibolem a biotitem z durbachitu o 55 % SiO₂ a amfibolem a biotitem ze syenitu s 69 % SiO₂. Poměr Mg/(Mg + Fe) v amfibolu je pouze o málo vyšší než v asociovaném biotitu – 0,76, resp. 0,67. Oba minerály zásadně nejsou zonální, drobné

výkyvy v chemismu jsou nahodilé.

Pro amfibol je charakteristická aluminita v rozmezí 0,2–0,6 apfu Al a slabý nedostatek vápníku (1,8–1,9 apfu Ca). Obsah Cr jen ojediněle dosahuje 0,1 % Cr₂O₃, nikl je maximálně na hranici spolehlivého stanovení (0,05 % NiO).

Biotit má nízké obsahy hliníku (pouze okolo 2,4 apfu Al) a titanu (0,3 apfu Ti). Obsahy Cr dosahují 0,2–0,3 % Cr₂O₃, kdežto obsahy V, Ba, Rb, Zn a Cl jsou zanedbatelné. Obsah fluoru nepřesahuje 0,2 hmot. %.

K-živce obsahuje do 5 % Ab-komponenty a je obohacen o Sr a Ba (0,1–0,2 % SrO, 0,3–0,5 % BaO), opět bez rozdílů mateřské horniny. Plagioklas tvoří drobná pozdní zrna. Ve světlejším syenitu odpovídá vždy albitu, v tmavším typu byl zjištěn oligoklas.

Apatit je neobyčejně chudý na MnO a FeO (oba oxidy do 0,1 hmot. %), v podstatě neobsahuje žádné radioaktivní prvky. Obsah F se pohybuje okolo 2,5 hmot. %, obsah Cl je zanedbatelný. Jde tedy o kationtově velmi čistý fluoroapatit s podstatnou hydroxylapatitovou komponentou.

Obsahy vedlejších prvků v zirkonu jsou celkově nízké, ale svým složením pozoruhodné. Železo (0,2–0,3 % FeO) je hojnější než hliník a vápník, uran (0,3–0,6 % UO₂) je hojnější než thorium.

Diskuse

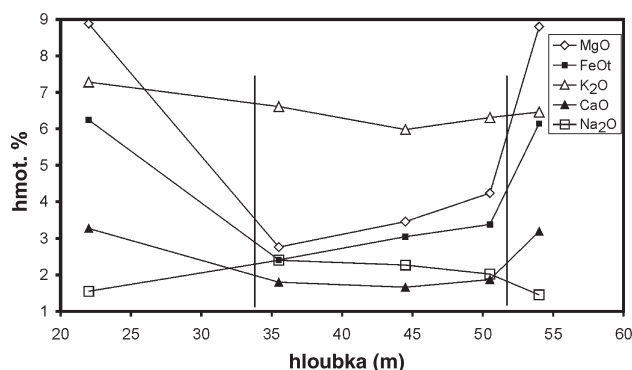
Na vznik melanokratických K-Mg-bohatých granitoidů Českého masivu, dnes běžně označovaných jako durbachity, bylo vysloveno mnoho protikladných, někdy až bizarních názorů. Jejich nejúplnější přehled podal HOLUB (1997). Dnes již nikdo nepochybuje, že durbachity vznikly magmatickou cestou, krystalizací magmatu s neobvyklým složením. Zde však shoda končí. Mechanismus vzniku taveniny se vskutku neobvyklým složením kombinujícím

Tabulka 1. Chemické složení typických vzorků mafické a kyselé variety z vrtu VP-5 a přibližné chemické složení modelové horniny č. 1 (obr. 5) a hypotetického koncového kyselého členu mixingové serie

vzorek	4587	4588	model 1	HKC
hloubka (m)	22,0	35,5		
SiO ₂	55,24	68,68	70	75
TiO ₂	1,11	0,42	0,2	0,1
Al ₂ O ₃	12,95	13,34		13,0–13,5
Fe ₂ O ₃	1,08	0,32		
FeO	5,27	2,12	2	0,8
MgO	8,88	2,76	2	0
MnO	0,11	0,05		
CaO	3,27	1,80	1,5	0,5
Li ₂ O	0,01	0,00		
Na ₂ O	1,55	2,40	2,5	3
K ₂ O	7,28	6,61	6	6
P ₂ O ₅	0,97	0,33	0,3	0
F	0,31	0,13		
LOI	1,80	0,87		
H ₂ O ⁻	0,19	0,18		
TOTAL	100,01	100,01		
Cr	506	163	100	0
Cu	40	22		
Ni	234	46	40	0
Nb	34	17		
Pb	30	50		
Rb	402	274		
Sn	7	4		
Sr	323	357		
Th	41	39		
U	32	15		
Zr	469	203		
ASI	0,79	0,93		
Mg/(Mg + Fe)	0,71	0,66		
K ₂ O/Rb	181	241		

Oxidy hlavních prvků ve hmot. %, stopové prvky v ppm. V modelových výpočtech je veškeré železo uváděno jako FeO. Hypotetický koncový člen (HKC) svým poměrem alkálií neodpovídá svrchnokorovým taveninám vzniklým anatexí, na to je obsah draslíku stále příliš vysoký.

obohacení prvky typickými pro taveniny plášťové (Mg, Cr, Ni aj.) s prvky zřetelně krustálními (Rb, Ba, Th, U aj.) je předmětem spekulací. Často je uvažován model mísení dvou kontrastních magmat (HOLUB 1997), plášťového a korového, přičemž to plášťové mělo předtím projít ještě epizodami ochuzení (oddělení bazaltové komponenty) a následného obohacení (plášťové metasomatózy; HOLUB l. c.).



Obr. 3. Lokalizace vzorků a obsahy některých důležitých prvků ve vrtném profilu. Svislé čáry vyznačují polohu kontaktů středního žilného tělesa.

Tabulka 2. Obsahy tmavých minerálů (hmot. %) v modelových horninách v obr. 5

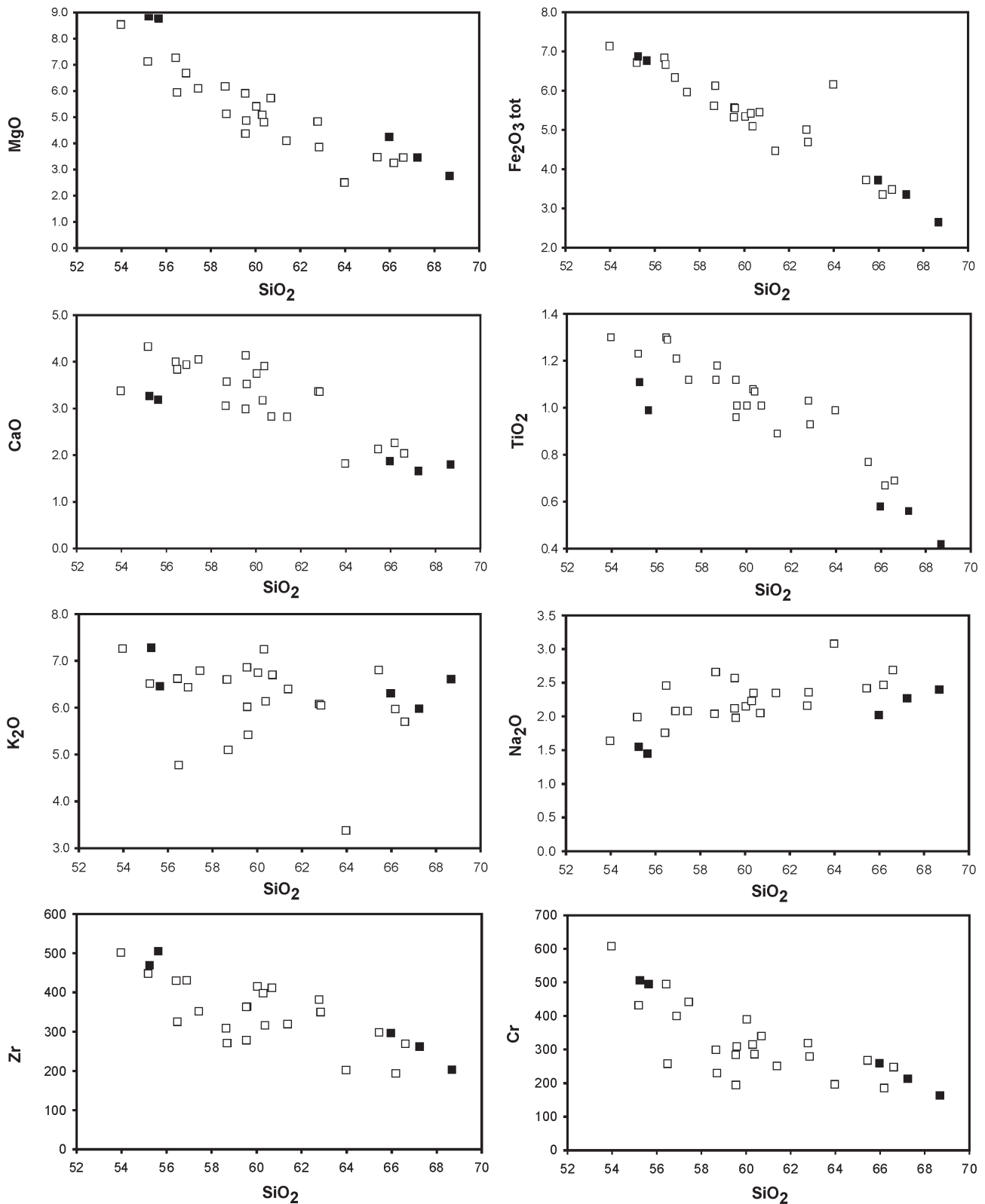
model	amfibol	biotit
1	0	13
2	27	27
3	5	45

Obě magmata se měla míchat v různém poměru a tímto způsobem dát vznik celému spektru chemického složení durbachitových plutonů, které se pohybuje zhruba mezi 55 a 65 % SiO₂. Námitky proti tomuto modelu, nebo celé skupině mixingových modelů, vycházejí ze dvou faktů:

1. durbachity tvoří celou řadu plutonů od Vogéz po sv. okraj Českého masivu a v celém tomto prostoru jsou si chemicky velmi podobné až shodné – koincidence všech látkových zdrojů a procesů, které model vyžaduje, na tolika místech najednou vždy ve stejné posloupnosti a poměru je ze statistického hlediska dosti nepravděpodobná,
2. dosud nikde nebyly v durbachitech nalezeny skutečné struktury mísení, obdobné jevům známým např. z hornin sázavského typu ve středočeském plutonu.

Původ výchozí mafické taveniny zůstane patrně ještě dlouho čistě spekulativní, protože je skryt hluboko pod dnešním erozivním řezem Českého masivu. Jinak je to s předpokládaným procesem mixingů, který měl způsobit vnitřní variabilitu masivů pozorovatelnou dnes na povrchu. Podívejme se, zda informace z vrtu VP-5 mohou v tomto problému přinést nějaké nové ideje.

V obrázcích 4 a 5 jsou vedle vzorků z vrtu VP-5 (plně symboly) vyneseny i všechny analýzy z třebíčského masivu uložené v geochemické databázi České geologické služby (vzorky odebrané Jakešem v r. 1983 a Novákem v r. 1987, prázdné symboly). Vzorky z vrtu VP-5 reprezentují nejbazičtější i nejkyselější variety celého masivu a jsou nepochybně v intruzivním vztahu. Jakkoliv je celkový počet analýz na plochu masivu malý (obr. 1), přece jenom bez výjimky vytváří obraz zonálního vývoje plutonu s bazičtějšími okraji a kyselším jádrem. Taková zonálnost magmatických těles je všeobecně považována za produkt frakční krystalizace. Žilné těleso ve vrtu VP-5 má ostré kontakty. Dokládá, že zbytková kyselější tavenina byla



Obr. 4. Vzájemné vztahy mezi obsahy některých prvků a obsahem SiO_2 (oxidy ve hmot. %, Zr a Cr v ppm). n – vrt VP-5, " – srovnávací vzorky z plochy třebíčského masivu.

schopna na určitou vzdálenost intrudovat do staršího, již plně solidifikovaného okolí. Lineární vzájemná závislost mezi většinou chemických prvků (obr. 4, 5) sama o sobě při identifikaci procesů není rozhodující – lineární trend

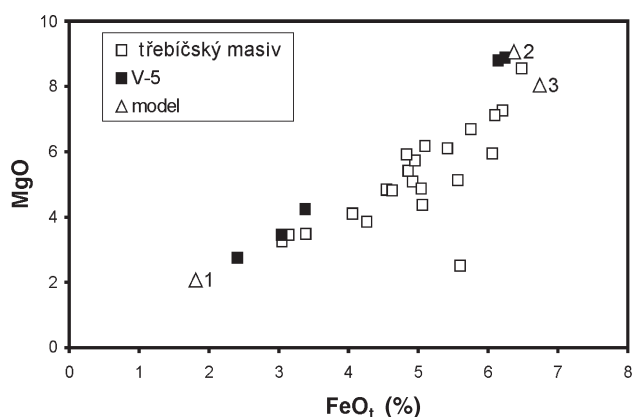
může být výsledkem frakcionace i mísení dvou komponent.

Pro všechny genetické interpretace je důležité zjištění, že chemické složení amfibolu a biotitu je v obou horninách ve

vrty identické. Rozdíly v chemickém složení hornin nejsou způsobeny změnou chemismu minerálů, ale pouze změnou jejich kvantitativního zastoupení. To vůbec není triviální konstatování – to je jev v granitoidních plutonech neobvyklý. Krystalizující minerály jsou vždy v chemické rovnováze s okolní taveninou. Obě variety – mafická a kyselá – třebíčského masivu s rozdílem 15 hmot. % SiO_2 ale produkovaly amfibol a biotit identického složení!? Amfibol a biotit přitom nejsou zonální a nenesou známky magmatické resorpce. Mafická varieta durbachitu obsahuje cca 27 hmot. % amfibolu a 27 hmot. % biotitu, kyselá varieta cca 15 hmot. % biotitu a ojedinělý amfibol (tab. 2, modelový bod č. 2 v obr. 5). Identické složení tmavých minerálů vzbuzuje na první pohled dojem, že všechny jejich krystaly vznikly v prvotním období krystalizace v mafické tavenině a později byly pouze v různé míře „naředěny“ leukokratní, v podstatě jen křemeno-živcovou taveninou. Lze namítnout, že během „ředění“ by se neměl měnit poměr amfibol/biotit. Tato námitka však není tak důležitá, jak by se mohla zdát – malý rozdíl v poměru $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ mezi oběma minerály totiž způsobuje, že i poměrně malá změna v poměru Mg/Fe ve výchozí tavenině způsobí velkou změnu v kvantitativním zastoupení obou minerálů ve výsledné hornině. Protože mafická varieta z vrty VP-5 obsahuje poněkud více Mg než je trend celého masivu (obr. 4 a 5), můžeme za hypotetickou výchozí taveninu celého masivu považovat modelový bod č. 3 z obr. 5 odpovídající 5 hmot. % amfibolu a 45 hmot. % biotitu. Odtud je již možno prostým mísením s křemeno-živcovou komponentou dojít k modelovému složení č. 1 – tedy k nejsvětlejší a nejkyselejší hornině v masivu. Z hlediska matematického a fyzikálně-chemického se tak mixing jeví jako pravděpodobná příčina vnitřní nehomogenity masivu.

Co však hledisko geologické?

Nejkyselejší horniny jsou ve střední části plutonu, to zcela vylučuje původ kyselé komponenty z okolí tělesa – v takovém případě by zonálnost plutonu byla obrácená. V pří-



Obr. 5. Vztah obsahů MgO a FeO (hmot. %) v horninách třebíčského masivu a průměty modelových složení (viz tab. 2).

padě třebíčského masivu by ředící kyselá tavenina musela proniknout do centra mafického magmatického krbu z jeho podloží a potom se šířit směrem k jeho okrajům. Je to geologicky možné?

Poslední otázku nechávám k úvaze čtenářům... V každém případě jsem ale přesvědčen, že od uvěřitelného modelu vzniku durbachitů nás dělí ještě mnoho neznámých.

Poděkování

Výzkum byl financován v rámci Výzkumného centra „Pokročilé sanační technologie a procesy (nositel TU Liberec), 2005–8“. R. Čopjakové a R. Škodovi patří díky za pomoc při analyzování minerálů na mikrosondě.

Literatura

- HOLUB, F. V. (1997): Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian Massif: Petrology, geochemistry and petrogenic interpretation. – Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. Mineral., 31, 5–26.
 CHÁB, J. et al. (2007): Geologická mapa ČR 1 : 500 000. – Čes. geol. služba. Praha.