

# XENOLITY MRAMORŮ UZAVŘENÉ V TONALITECH BUDISLAVSKÉHO MASIVU (POLIČSKÉ KRYSTALINIKUM)

Xenolithes of marbles enclosed in tonalites of the Budislav massif (Polička crystalline complex)

David Buriánek

Katedra mineralogie, petrologie a geochemie PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno

(14-33 Polička)

**Key words:** *Polička crystalline complex, Budislav massif, contact metamorphism, calc-silicate rocks, PT conditions*

## Abstract

The xenolithes of marbles were studied in the quarry near Budislav at northern part of the Budislav massif (Polička crystalline complex). Two distinct zones progressing from tonalite to marble were distinguished: (I) endocontact:  $Di + Pl + Qtz + Ttn$ , (II) exocontact:  $Wo + Di \pm Grs \pm Ves$ . Mineral assemblages of marbles, calc-silicate rocks and skarns indicate temperature 670-550 °C for pressure 4 kbar. These data are in good agreement with PT values obtained for tonalites (690-656 °C a 5,2-2,5 kbar) and suggest that pressure under 4 kbar for formation contact mineral assemblages is unrealistic. Mineral assemblages on contact with aplite dykes indicate lower temperature (550 až 520 °C) for pressure 4 kbar.

## Geologická pozice

Budislavský masiv leží v severní části poličského krystalinika zhruba v prostoru mezi Budislaví a Poličkou. Převažují zde amfibolicko-biotitické tonality až granodiority, méně jsou zastoupeny biotitické granodiority místy s granátem. Tyto horniny uzavírají četné xenolity, které tvoří zejména ruly ( $Qtz + Pl + Bt \pm Ms \pm Sil \pm Grt$ ), mramory a vápenato-silikátové horniny. Jiné horninové typy například ultrabazické horniny ( $Ant + Tr + Tc$ ), metagabra ( $Hb + Pl + Cpx$ ) či kvarcity ( $Qtz \pm Bt \pm Grt$ ) jsou méně časté. Xenolity se vyskytují zejména v severní části budislavského masivu. Jejich rozměry se pohybují od několika mm do několika m. Většinou se koncentrují v nepravidelně ohraničených zónách o mocnosti desítek metrů a délce až několika km, jen vzácně vystupují samostatně. Tyto zóny bohaté na xenolity jsou nejlépe odkryty v lomu na jv. okraji obce Budislav, který je založen v amfibolicko-biotitických tonalitech. Budislavský masiv je prorážen mladšími žilami pegmatitů, aplitů a biotitických granitů.

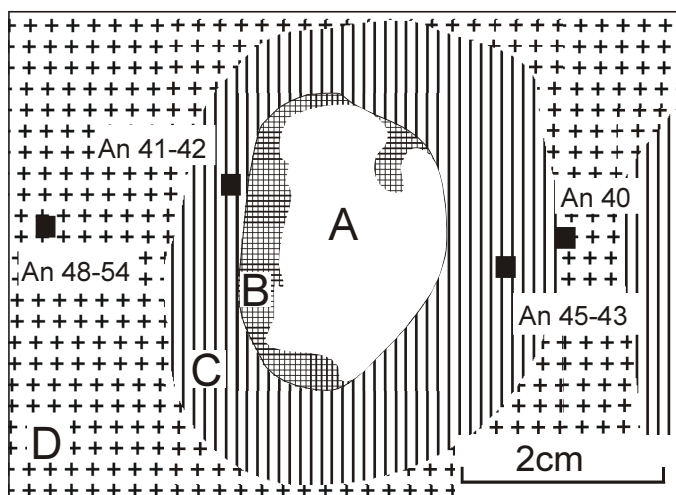
## Metodika

Analýzy minerálů provedl Dr. V. Vávra na elektronovém mikroskopu CAM SCAN s připojeným EDX analyzátozem AN 10000 (PřF MU Brno). Při vyhodnocení bylo pro amfiboly užito klasifikace Leakeho (1997) a trojmocné železo bylo vypočteno metodou 13eCNK (Schumacher, 1996). V textu jsou použity zkratky minerálů podle Kretze (1983).

## Charakteristika studovaných hornin

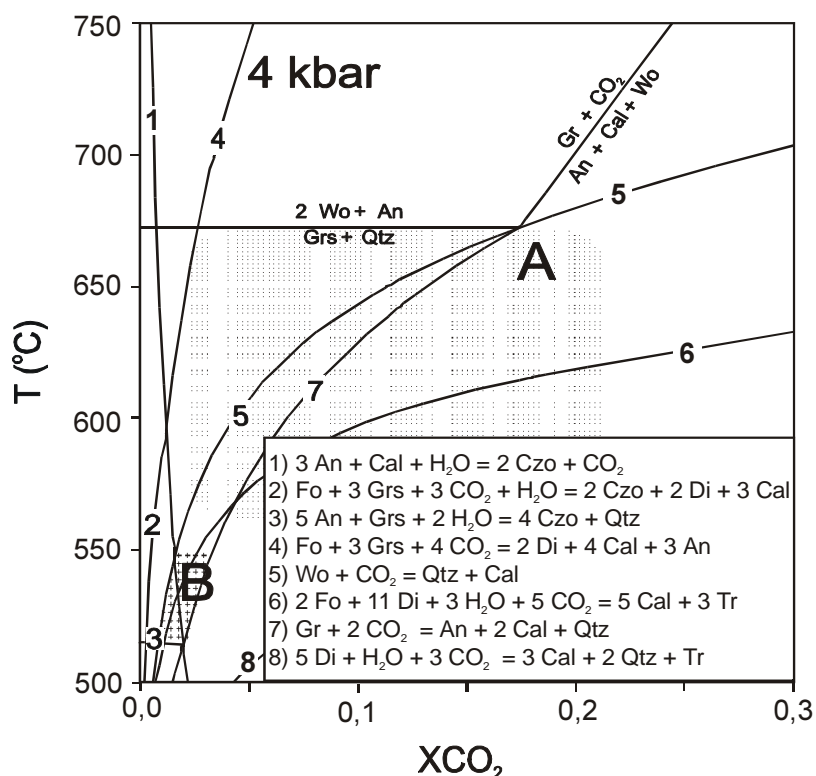
Na základě petrografie a mineralogie lze oblast mezi xenolity mramoru a tonalitem rozčlenit takto:

- A) Xenolity tvoří mramor s nízkým obsahem MgO (0,38 %). Skládá se ze středně až hrubě zrnitého calcitu (90-99 modálních %), křemene (maximálně 0,5 mm) a diopsidu (až 1mm). Diopsid ( $Fe/(Fe+Mg)$  0,23-0,46,  $Al^{VI}$  0,00-0,03 apfu a Mn 0,04 apfu) může být rozptýlen v celém xenolitu, ale často tvoří společně



Obr. 1 - Schematický náčrt mramorového xenolitu z lomu u Budislavi. Plně čtverečky označují místa analýz plagioklasů s vyznačením jejich bazicity. A - mramor ( $Cal+Di+Otz$ ), B - exokontakt ( $Wo+Di$ ), C - endokontakt ( $Di+Pl+Qtz+Ttn$ ), D - Amp-Bt tonalit.

Fig. 1 - A marble xenolith from quarry Budislav - schematic figure. The solid squares indicate the location analysed plagioclases with marked values An component. A - marble ( $Cal+Di+Otz$ ), B - exocontact ( $Wo + Di$ ), C - endocontact ( $Di + Pl + Qtz + Ttn$ ), D - Amp-Bt tonalite.



Obr. 2 - Izobarický T-Xco<sub>2</sub> diagram s vyznačením vybraných reakcí v systému CaO - MgO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O - CO<sub>2</sub>: A - podmínky kontaktní metamorfózy spojené s tonality, B - podmínky kontaktní metamorfózy spojené s aplity  
Fig. 2 - Isobaric T-Xco<sub>2</sub> diagram with selected equilibria in the model system CaO - MgO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O - CO<sub>2</sub>: A - conditions for contact metamorphism related to tonalites, B - conditions for contact metamorphism related to aplites.

s grossularem a wollastonitem akumulace až několik cm velké. V středních částech větších xenolitů (nad 40 cm) se společně s diopsidem objevuje tremolit.

B) Exokontakt tvoří wollastonit (80 až 95 modálních %) méně je zastoupen diopsid, někdy je přítomen grossular a vzácně vesuvian (určený rentgenometricky). Mocnost exokontaktu výrazně kolísá v závislosti na jeho orientaci vůči okolním xenolitům. Maximálně tato zóna dosahuje mocnosti od 5 do 20 mm, místy však může zcela chybět. Pro studium byl použit xenolit (obr. 1), situovaný na okraji jedné ze zón s četnými xenolity.

C) Endokontakt vznikl na úkor tonalitu. Skládá se z diopsidu (Fe/(Fe+Mg) 0,20-0,38, Al<sup>IV</sup> 0,00-0,05 apfu a Mn 0,01-0,02 apfu), křemene a plagioklasu, který je v kato-  
dové luminiscenci nevýrazně zonální (okraje mají poněkud nižší bazicitu). Bazicita plagioklasu se pohybuje mezi An 40-44, je tedy nižší než v okolním tonalitu (obr. 1). Akcesoricky se vyskytují titanit a apatit. Tato zóna může mít mocnost až několik cm.

D) Amfibolicko-biotitický tonalit je středně zrnitá hornina s hypautomorfní strukturou složená z křemene, plagioklasu, amfibolu a biotitu. Amfibol odpovídá magnesiobornblendu (Si 7,30 až 7,48 apfu a Fe/(Fe+Mg) 0,63-0,85). Plagioklas je oscilačně zonální, přičemž středy jsou tvořeny labradoritem (An 51-54) a okraje andezinem (An 48-49). Z akcesorií jsou přítomny ilmenit, zirkon a apatit.

Xenolity mramorů vzácně proráží žilky aplitů (mocnost od několika cm do několika dm). Kolem těchto žil již wollastonit nevzniká, ale místy se zde objevují automorfní až několik cm velké krystaly grossularu (Grs 94-95, Adr 5-6,

Prp 0-2, Alm 0-1, Sps 0-1). Grossular v sobě uzavírá zrna diopsidu, křemene a při kontaktu s aplitem klinozoisit.

Společně s mramory se vyskytují xenolity skarnů a vápenato-silikátových hornin. Skarny jsou masivní horniny s heteroblastickou strukturou. Skládají se z hedenbergitu (Fe/(Fe+Mg) 0,84-0,88) a granátu (Grs 40, Alm 40, Sps 12, Adr 6), které tvoří až 3 mm velká poikiloblastická zrna uzavírající křemen a kalcit. Akcesoricky jsou zastoupeny pyrrhotin a scheelit. Vápenato-silikátové horniny se skládají z křemene, diopsidu, granátu a titanitu. V některých xenolitech tvoří křemen větší zrna (až 2mm). Tato zrna jsou obklopena jemnozrnnější hmotou o složení: Grs + Di + Qtz ± Ttn. Xenolity mohou tvořit střídající se polohy o složení: Grs + Di + Qtz ± Pl ± Ttn a Di + Qtz ± Pl ± Ttn. Některé xenolity obsahují až 2 mm mocné žilky wollastonitu.

#### T-P-Xco<sub>2</sub> podmínky vzniku xenolitů

Pro tonality v lomu u Budislavi byly zjištěny teploty 690-656 °C amfibol - plagioklasovým termometrem (Holland - Blundy, 1994) a tlaky 5,2-2,5 kbar amfibolovým barometrem (Anderson - Smith, 1995). Na základě zjištěných hodnot tlaků byl při studiu mramorových xenolitů zvolen diagram (CMAS) pro tlak 4 kbar zkonstruovaný pomocí programu TWQ2, s termodynamickou databází sestavenou Bermanem (1988). Při úvahách o PT podmínkách kontaktní metamorfózy vycházím z předpokladu, že teplota na kontaktu mezi xenolitem a okolním tonalitem byla ve všech částech lomu podobná. Vápenato-silikátové horniny s minerální asociací Grs + Qtz + Di dokazují, že nebylo dosaženo reakce Qtz + Grs = An + 2 Wo (tedy teplota 670 °C). Minerální asociace exokontaktu mramorů Cal + Di ± Wo ± Grs ± Ves indikuje, že v této zóně hodnoty Xco<sub>2</sub> nepřesáhly 0,2. Avšak

místně mohly být i na kontaktu s magmatem hodnoty  $X_{\text{Co}_2}$  vyšší (oblasti stíněné jinými xenolity), jak ukazuje výskyt minerální asociace  $\text{Cal} + \text{Di} \pm \text{Qtz}$ . Pro středy mramorových xenolitů s minerální asociací  $\text{Cal} + \text{Tr} \pm \text{Di}$  jsou maximální teploty ohraničeny reakcí  $5 \text{ Cal} + 3 \text{ Tr} = 2 \text{ Fo} + 11 \text{ Di} + 3 \text{ H}_2\text{O} + 5 \text{ CO}_2$  tedy vznikaly za teplot nižších než  $650^\circ\text{C}$ . Spodní hranice vzniku minerálních asociací v xenolitech je méně jasná. Pravděpodobně však teplota neklesla pod  $550^\circ\text{C}$ , kdy by již v středech xenolitů mohla koexistovat asociace  $\text{Tr} + \text{Qtz} + \text{Cal}$ . Zjištěné teploty jsou v poměrně dobré shodě s hodnotami vypočítanými pro tonality, proto můžeme předpokládat, že kontaktní metamorfóza neprobíhala za tlaku pod 4 kbar.

Podmínky, které panovaly v xenolitech při intruzi aplitů, můžeme odhadnout na základě porovnání polí stability dvou zjištěných minerálních asociací. Při kontaktu s aplitem vznikla asociace  $\text{Czo} + \text{Grs}$ , ve větší vzdálenosti od aplitu (1-2 mm) asociace  $\text{Grs} + \text{Cal}$ . Přítomnost těchto minerálů umožňuje poměrně přesně vymezit podmínky vzniku při tlaku 4 kbar v rozmezí teplot 550 až  $520^\circ\text{C}$  a hodnoty  $X_{\text{Co}_2} < 0,05$  (viz. obr. 2).

## Závěry

Na kontaktu mezi kalcitickým mramorem a amfibolicko-biotitickým tonalitem se podařilo vyčlenit dvě reakční zóny. V zóně endokontaktu vznikají nové vápníkem bohaté fáze, jako jsou diopsid a titanit na úkor amfibolu a ilmenitu, naopak bazicita plagioklasu je oproti okolnímu tonalitu nižší. Exokontaktní zóna je složena převážně z wollastonitu a diopsidu, avšak mohou se objevit i grossular a vesuvian. Mocnost této zóny výrazně kolísá v závislosti na složení okolních fluid zejména hodnotě  $X_{\text{Co}_2}$  během metamorfózy.

Údaje zjištěné z T- $X_{\text{Co}_2}$  diagramu pro xenolity mramorů ( $670\text{-}550^\circ\text{C}$  pro tlak 4 kbar) dobře korespondují s PT podmínkami vypočítanými pro okolní tonality ( $690\text{-}656^\circ\text{C}$  a 5,2-2,5 kbar) a ukazují, že minerální asociace v mramorových xenolitech nevznikala za tlaků nižších než 4 kbar. Rozložení minerálních asociací v rámci xenolitu a jejich závislost na poloze xenolitu vůči jiným xenolitům naznačuje, že i v poměrně malém prostoru několika krychlových metrů taveniny existovaly oblasti s odlišným  $X_{\text{Co}_2}$  ve fluidní fázi.

## Literatura:

- Anderson, J.L. - Smith, D.R. (1995): The effects of temperature and  $f_{\text{O}_2}$  on the Al-in-hornblende barometer.- *Am Mineral.*, 80, 549-559.
- Berman, R. G. (1988): Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system  $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O-CaO-MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$ .- *J. Petrology*, 29, 445-522.
- Holland, T.J.B. - Blundy, J.D. (1994): Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole plagioclase thermometry.- *Contrib. Mineral. Petrol.*, 116, 433-447.
- Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals.- *Am. Mineral.*, 68, 277-279.
- Leake, B.E. et al. (1997): Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names.- *Eur. J. Mineral.*, 6, 623-651.
- Schumacher, J. (1996): The estimation of the proportion of ferric iron in the electron-microprobe analysis of amphiboles.- *Can. Mineral.* 34, 238-246.