

# Mineralogická charakteristika mramorov asociovaných s bazaltovými metapyroklastikami a chloritickými bridlicami z lokality Markuška (Slovenská republika)

## Mineralogical characteristics of marbles associated with basalt metapyroclastics and chlorite schists from the locality Markuška (Slovak Republic)

PETER RUŽIČKA<sup>1)\*</sup>, PETER BAČÍK<sup>1)</sup> A SERGII KURYLO<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; \*e-mail: peter.ruzicka@uniba.sk

<sup>2)</sup>Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica, Slovenská republika

RUŽIČKA P, BAČÍK P, KURYLO S (2019) Mineralogická charakteristika mramorov asociovaných s bazaltovými metapyroklastikami a chloritickými bridlicami z lokality Markuška (Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 27(2): 247-258 ISSN 2570-7337

### Abstract

Mineral composition of marbles, basalt metapyroclastics and chlorite schists was determined at the locality of Markuška. Magnesium-rich actinolite to tremolite was found in basalt metapyroclastics and marbles. In amphiboles, the Fe content ranges from 0.71 to 0.95 *apfu* in the iron-rich zone and from 0.40 to 0.63 *apfu* in the Mg-rich zone. At the A site, the Na content is below 0.13 *apfu* and the B site is predominantly occupied by Ca with > 1.87 *apfu*. Epidote, titanite, albite and fluorapatite occur only in basalt metapyroclastics. Magnesium-rich talc has been identified only in marbles in association with clinocllore. Epidote and titanite have very low substitutions. Chlorites have the greatest chemical variability. The  $X_{Mg}$  decreases from chlorite in association with talc in marble (0.96), through chlorite with actinolite in marble (0.79 - 0.82), to chlorite in chlorite schists (0.74) and in basalt metapyroclastics (0.63 - 0.65).

**Key words:** mineral composition, marbles, basalt metapyroclastics, chlorite schists, Markuška, Slovak Republic

Obdrženo 24. 8. 2019; přijato 25. 10. 2019

### Úvod

Objektom nášho mineralogického výskumu bol v súčasnosti opustený kameňolom, ktorý je pozostatkom po ťažbe mramorov a s nimi asociovaných bazaltových metapyroklastík s polohami chloritických bridlíc. Horniny sú dobre štiepatelné a v minulosti sa používali na výrobu hrubo opracovaných dekoračných kamenárskych výrobkov. Cieľom detailného mikroskopického a následne mikrosondového štúdia bolo pozorovanie distribúcie hlavne silikátových fáz s prejavmi ich kompozičných zmien, ktoré sú spoločne asociované v mramoroch, bazaltových metapyroklastikách a chloritických bridliciach.

### Lokalizácia

Južne od obce Markuška vystupuje na povrch niekoľko šošoviek svetlých mramorov, ktoré vytvárajú izolované skalné bralá. Mnohé z výskytov mramorov boli v minulosti ťažené v menších kameňolomoch. Skúmaná lokalita predstavuje opustený kameňolom (obr. 1) na juhovýchodnom svahu kóty Vysoká hora (711 m n. m.), cca 2 km južne od obce Markuška. Kameňolom bol založený v roku 1970 (Macko, Zlocha 1971). Lokalita sa nachádza v okrese Rožňava. Orograficky patrí do oblasti Slovenského rudohoria, celku Revúcka vrchovina, oddielu Hrádok a časti Štítnické podolie (Mazúr, Lukniš 1980).

Reliéf terénu je členitý a kopcovitý. V blízkosti územia tečie Hankovský potok. Poloha lokality zodpovedá

48°42.918' severnej šírky a 20°19.712' východnej dĺžky s nadmorskou výškou 410 m.

### Geologická charakteristika

V kameňolome sa vyskytujú tmavé zelenosivé bazaltové metapyroklastiká s polohami sivozelených chloritických bridlíc a šošovkami svetlých mramorov. Skúmaná lokalita bola v minulosti geologicky rôzne interpretovaná. V starších prácach (Andrusov 1953; Snopko 1957; Fusán 1959; Abonyi 1971) bola zaradená do karbónu. Dúbravské vrstvy karbónskeho veku definoval Fusán (1959) podľa typovej lokality Ochtinská Dúbrava, kde sa striedajú svetlé mramory s bazaltovými metapyroklastikami a čiastočne s metapelitmi. Celý komplex hornín bol neskôr redefinovaný na dúbravské súvrstvie Bajaničom et al. (1984) na základe poznatkov Kantora (1955, 1956), Kamenického (1957), Reichwaldera (1970, 1973), Marka (1981) a bol zaradený do triasu meliatika. Po zavedení termínu príkrov Bôrky (Leško, Varga 1980) ako samostatnej tektonickej jednotky, sa začali zjednocovať výskyty litologických členov, čo viedlo k preradeniu lokality z meliatika do príkrovu Bôrky. Na základe definovania kompletnej litostratigrafie príkrovu Bôrky (Mello et al. 1997, 1998) zastávame názor, podľa ktorého skúmanú lokalitu považujeme za súčasť triasovo-jurskej hačavskej sekvencie dúbravského súvrstvia príkrovu Bôrky (obr. 2), napriek konfrontačným názorom, ktoré prezentovali Gazdačko

(2005) a Ivan (2007). Gazdačko (2005) tvrdí, že karbonáty v oblasti Markušky majú karbónsky vek a koreluje ich so zlatníckym súvrstvom dobšinskej skupiny severného gemerika. Ivan (2007) sa pokúsil redefinovať litostratigrafiu príkrovu Bôrky na základe geochemického štúdia metabazitov.

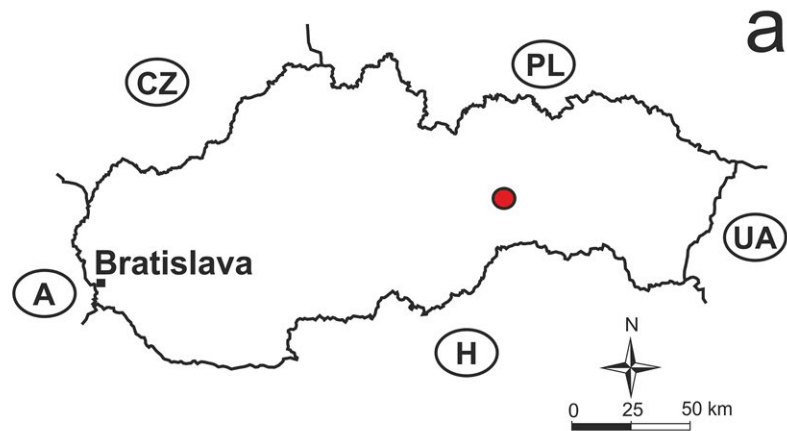
Typickým znakom v rámci príkrovu Bôrky, ktorý sa bezprostredne vzťahuje na skúmanú lokalitu, je synchrónnosť bázičkej vulkanickej aktivity a karbonátovej sedimentácie, na ktorú poukázal už Reichwalder (1970, 1973). Príkrov Bôrky má faciálnu afinitu paleozoických členov ku gemeriku a mezozoických členov k meliatiku (Leško, Varga 1980). Považuje sa za zvyšok subdukčno-akrečného komplexu, ktorý predstavuje melanž blokov a tektonických šupín obsahujúcich horniny s preukázanou stredno- a vysokotlakovou metamorfózou (Mello et al. 1997, 1998; Vozárová 1993; Plašienka et al. 2019).

Určitým hendikepom je problematické stanovenie veku mramorov, ktoré boli pôsobením intenzívnej regionálnej metamorfózy zbavené akéhokoľvek biostratigraficky datovateľného materiálu. Čiastočným riešením tejto komplikácie bola korelácia s analogickými výskytmi mramorov v meliatiku a turnaiku, čo prinieslo na základe konfrontácie vzhľadu, zloženia a pozície vo vrstvovom slede úvahu o ich pravdepodobnom veku, ktorý bol odhadnutý na stredný trias s predpokladaným protolitom mramorov, ktorými boli steinalmské vápence (Mello et al. 1997). Mramory s polohami rekryštalizovaného bázičkého vulkanického materiálu vyskytujúce sa vo forme izolovaných

fragmentov (bloky, šošovky) tvoria dominantné litologické zastúpenie v dúbravskom súvrství. Lokálne, vo vyšších častiach metakarbonátovo-metabázičského komplexu, sa vyskytujú kremité chloriticko-muskovitické fylity, ktoré obsahujú prímies bázičkého tufitického materiálu (Mello et al. 1997).

## Metodika

Terénny odber reprezentatívnych vzoriek bol zameraný na získanie hlavných litotypov v rámci skúmanej lokality s cieľom ich mikroskopického a následne mikrosondového štúdia s detailom na zachytenie prípadných kompozičných rozdielov identických silikátových fáz, ktoré sú súčasťou minerálneho zloženia jednotlivých litotypov. Minerálne zloženie a mikroštruktúra vzoriek bola študovaná vo výbrusoch pomocou polarizačného mikroskopu Leica DM2500P na Katedre mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Účelom mikroskopického pozorovania v prechádzajúcom svetle bolo zistenie štruktúrnych vzťahov a vyznačenie fáz pre identifikáciu pomocou elektrónového mikroanalýzátora. Leštené výbrusy, vákuovo naparené tenkou uhlíkovou vrstvou, boli analyzované na elektrónovom mikroanalýzátore JEOL JXA 8530FE na Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied v Banskej Bystrici. Vzorky boli analyzované pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 17 nA pre kalcit, amfiboly, epidot, titanit, apatit a 20 nA pre chlority a albit. Priemer elektrónového lúča sa



**Obr. 1** Lokalizácia skúmaného územia: a) v mape Slovenskej republiky; b) pohľad na opustený kameňolom s detailom mramorovej polohy. Foto P. Ružička 2018.

prispôboval počas merania pre silikáty na 2 - 10  $\mu\text{m}$ , pre kalcit na 12  $\mu\text{m}$  a apatit 7  $\mu\text{m}$ . Použila sa ZAF korekcia. Mikroštruktúrne znaky a distribúcia fáz sa pozorovali v späťne rozptýlených elektrónoch (BSE - back scattered electron). Na meranie silikátov a kalcitu boli použité štandardy (rtg. línie): Si, Al, K (K $\alpha$ ) - ortoklas, Ti (K $\alpha$ ) - rutil, Fe (K $\alpha$ ) - hematit, Mn (K $\alpha$ ) - rodonit, Mg, Ca (K $\alpha$ ) - diopsid, Na (K $\alpha$ ) - albit. Na meranie apatitu boli použité štandardy (rtg. línie): Ca, P (K $\alpha$ ) - apatit, F (K $\alpha$ ) - fluorit.

Elektrónové mikroanalýzy amfibolov boli prepočítané v zmysle platnej klasifikácie Hawthorne et al. (2012). Klasifikačný diagram amfibolov podľa Leake et al. (1997) bol použitý z dôvodu grafického vyjadrenia rozdielov v klasifikačných parametroch, ktoré sú postavené na porovnaní obsahov Si vs. Mg (Mg + Fe<sup>2+</sup>) v *apfu*, na rozdiel od klasifikačného diagramu Hawthorne et al. (2012), ktorý vychádza z porovnávania <sup>3</sup>(Al + Fe<sup>3+</sup> + 2Ti) vs. <sup>4</sup>(Na + K + 2Ca) v *apfu*. Obsahy železa boli rozpočítané na Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> z nábojovej bilancie podľa postupu uvedeného v práci Leake et al. (1997). Elektrónové mikroanalýzy minerálov epidotovej superskupiny boli prepočítané podľa

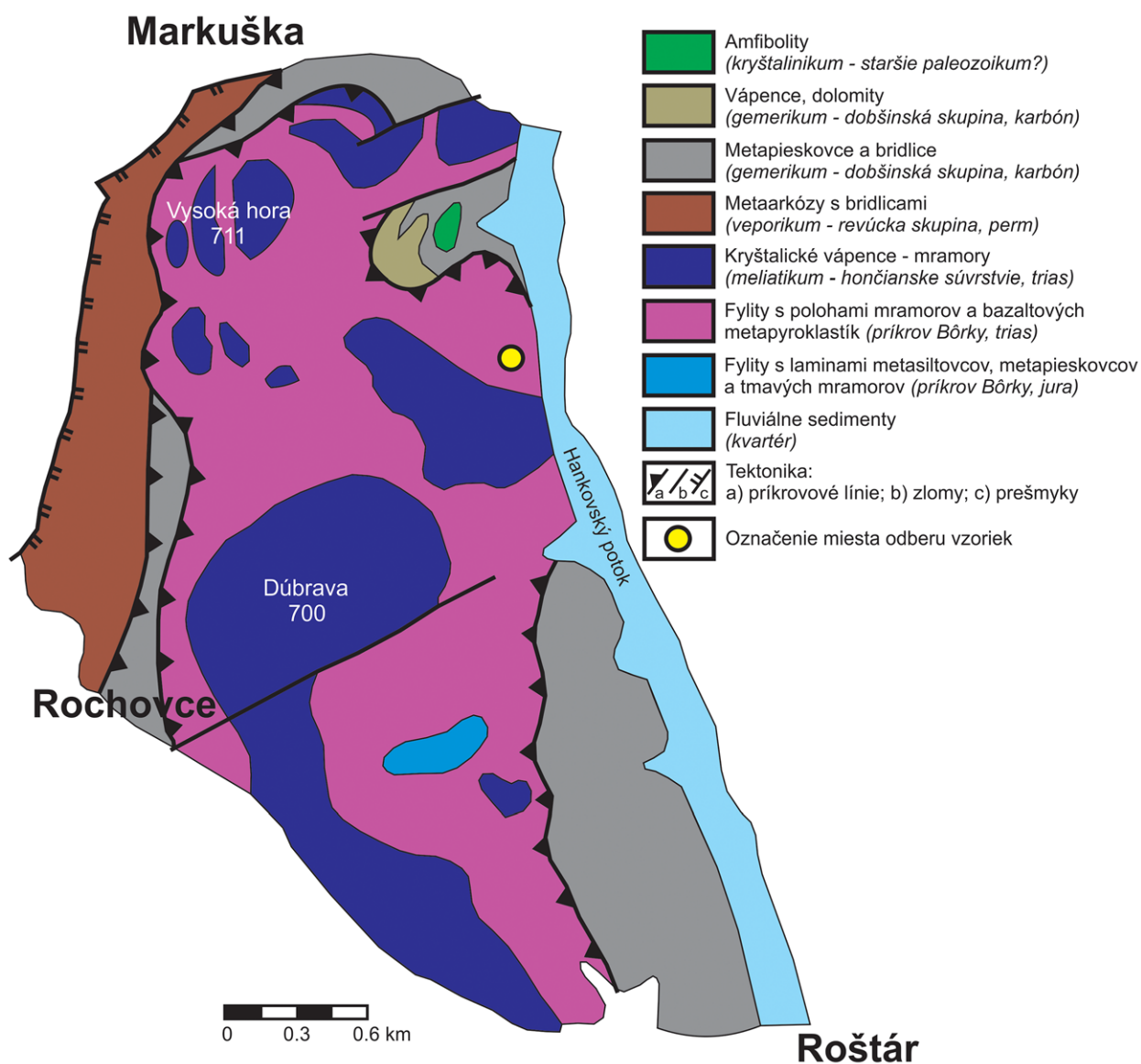
klasifikácie Armbruster et al. (2006). Elektrónové mikroanalýzy chloritov po prepočte boli graficky vyhodnotené podľa práce Zane a Weiss (1998).

V texte používané slovenské názvy minerálov sú upravené podľa Ozdina a Uhera (2002) a slovenské názvy amfibolov vychádzajú z článku Bačík et al. (2013). Používané skratky minerálov sú uvádzané podľa Siivola, Schmid In: Fettes, Desmons et al. (2007).

## Výsledky

### Petrografický opis vzoriek

Svetlé, prevažne biele **mramory** sú masívne až vrstevnaté, lokálne tvoria hrubé lavice v intervale 15 až 30 cm s charakteristickým striedavým žltohnedým a sivomodrým páskovaním. Pravidelne sa opakujúce paralelné farebné pruhy sa vyznačujú rôznou hrúbkou. Farebnú nehomogenitu mramorov lokálne spôsobujú vložky žltohnedých dolomitov, sivozelených chloritických bridlic a tmavých zelenosivých bazaltových metapyroklastík (obr. 3). Prímes metapyroklastického materiálu zvýraznila vrstev-



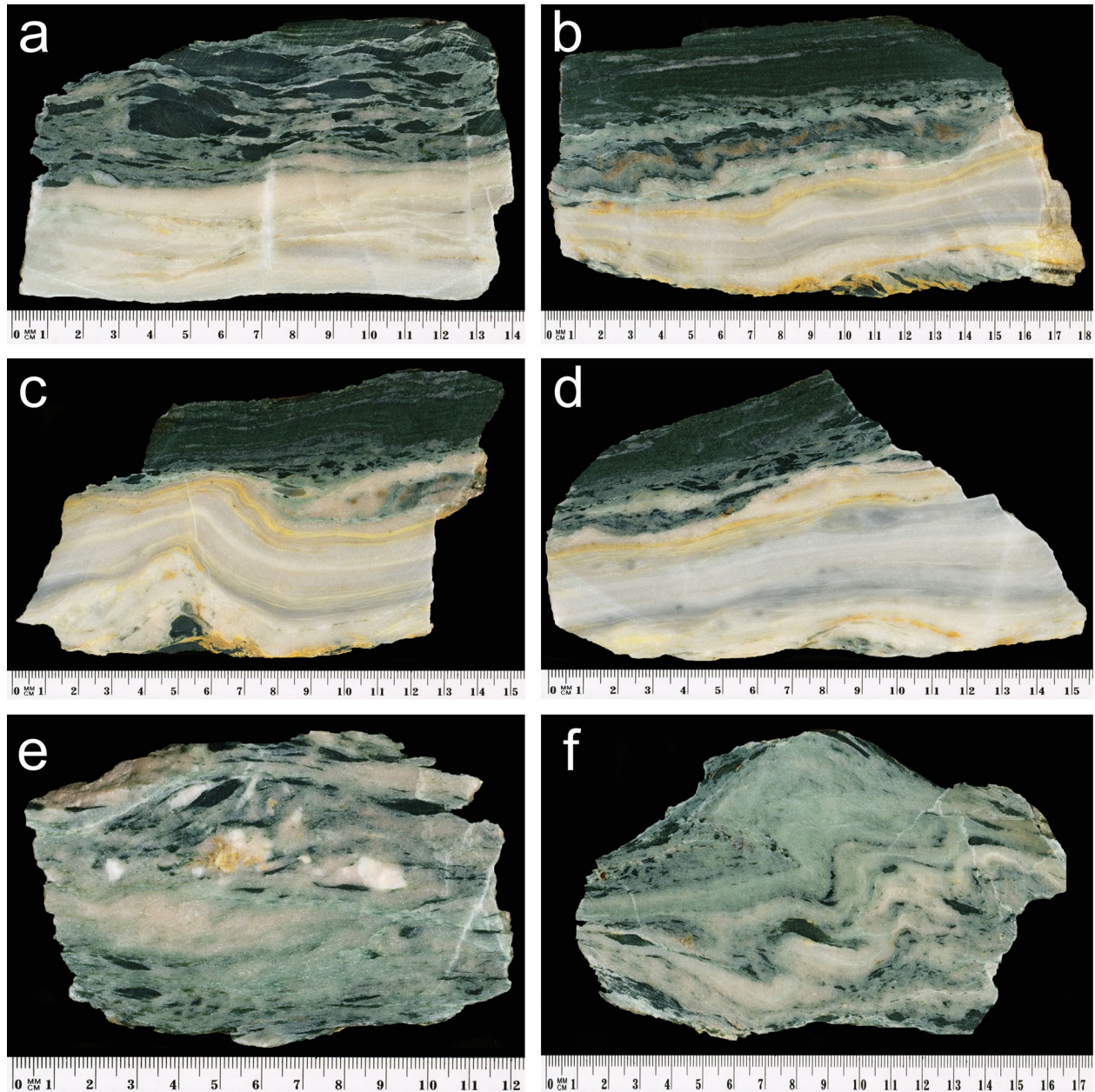
Obr. 2 Zjednodušená geologická mapa skúmaného územia modifikovaná podľa Bajaníka et al. (1984) s vyznačeným miestom odberu vzoriek.

natú bridličnosť mramorov, ktoré zostávajú masívnejšie len v čistejších bielych typoch. Na plochách vrstevnatosti mramorov občas bývajú makroskopicky pozorovateľné šupinky svetlých slúd, ktoré pravdepodobne vznikli rekryštalizáciou ílovitej prímеси pochádzajúcej z pelitických sedimentov. Štruktúra mramorov je granoblastická až lepidogranoblastická. Minerálnu asociáciu skúmaných mramorov tvorí kalcit, amfibol, chlorit a talk.

Tmavé zelenosivé **bazaltové metapyroklastiká** sú masívne, jemno- až strednozrné s nepravidelne vyvinutou bridličnosťou. Niektoré typy majú plošne paralelnú

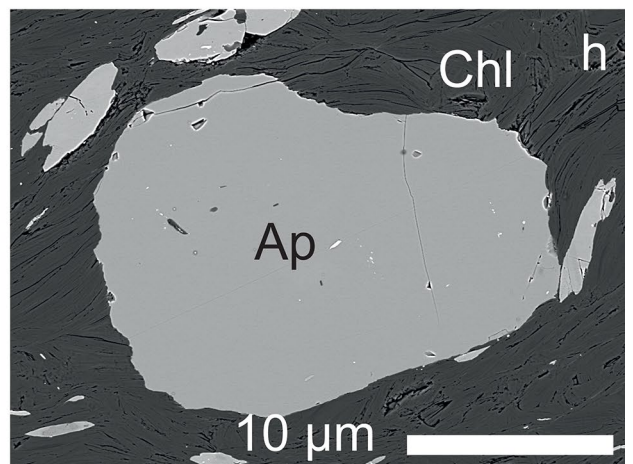
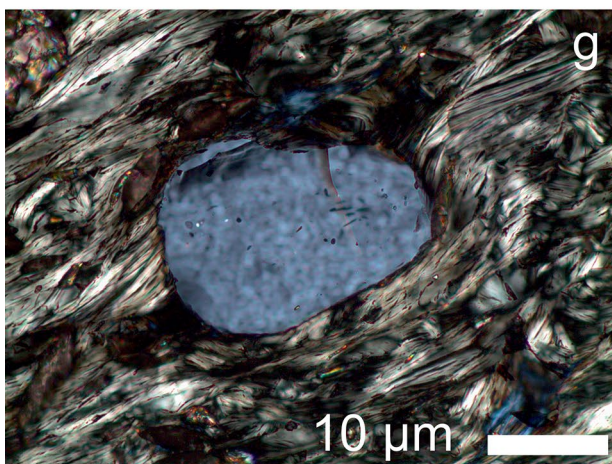
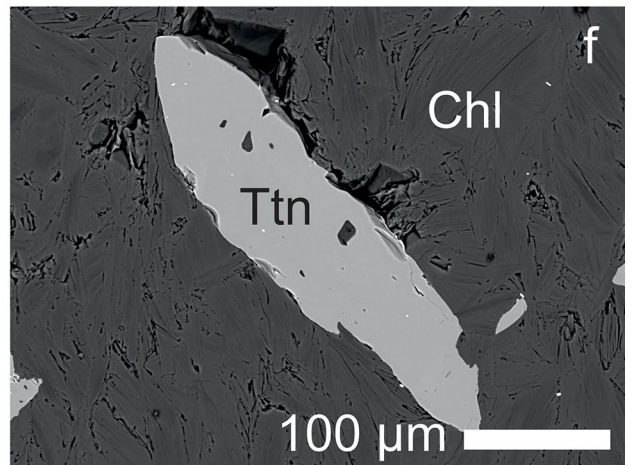
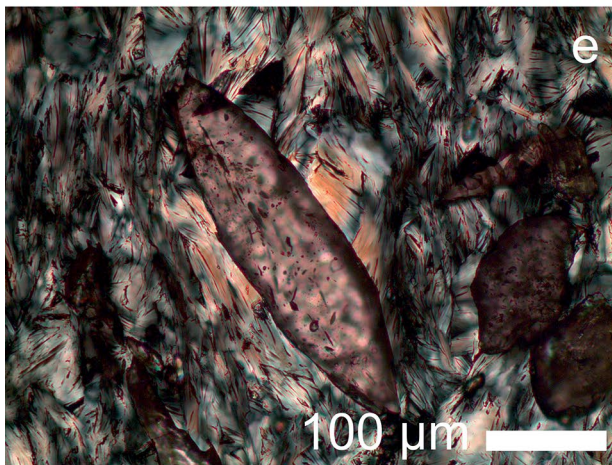
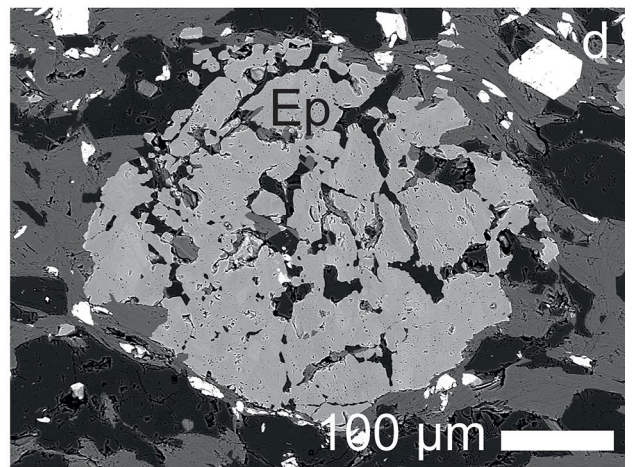
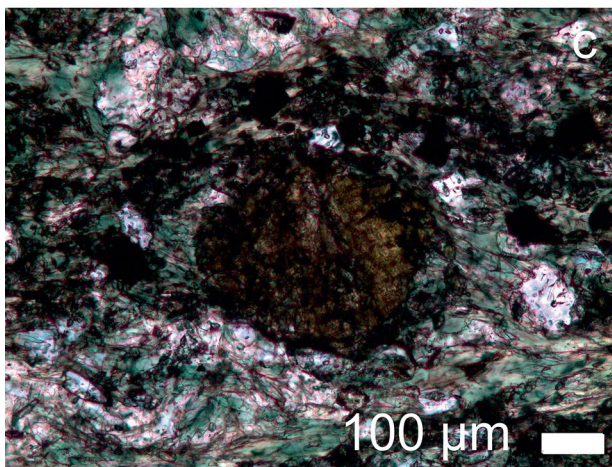
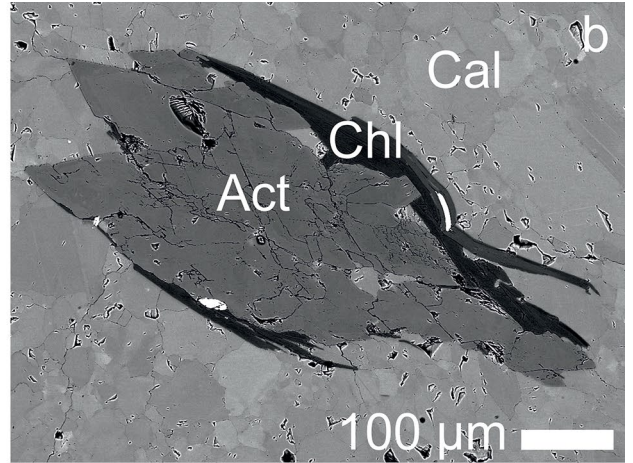
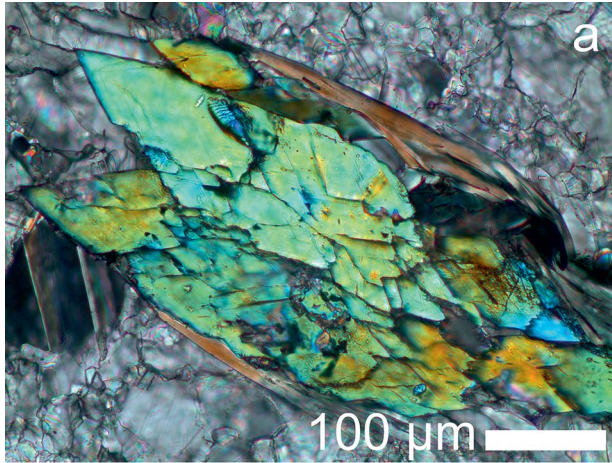
až páskovanú textúru, ktorú zvyrazňujú tenké žilky kremeňa a karbonátov. Často sa striedajú vrstvy bazaltových metapyroklastík s mramormi doskovitej až lavicovej odlučnosti. Horniny bývajú tektonicky porušené a intenzívne zvrásnené. Mikroskopicky majú granolepidoblastickú až lepidogranoblastickú štruktúru. Minerálnu asociáciu tvorí amfibol, epidot, chlorit, albit, titanit, apatit a kremeň. Akcesoricky sú zastúpené rudné minerály ako pyrit, hematit a magnetit. V dôsledku asociácie s mramormi obsahujú podiel karbonátovej zložky.

Sivozelené **chloritické bridlice** prejavujú viditeľné



**Obr. 3** Prierezy skúmaných vzoriek mramorov asociovaných s bazaltovými metapyroklastikami a chloritickými bridlicami z lokality Markuška. Foto P. Ružička.

**Obr. 4** Porovnanie mikroskopických verus BSE detailov identifikovaných minerálov. Význam použitých skratiek: Act - aktinolit, Ep - epidot, Chl - chlorit, Ttn - titanit, Ap - apatit, Cal - kalcit. Fotografie z polarizačného mikroskopu P. Ružička. BSE foto S. Kurylo.

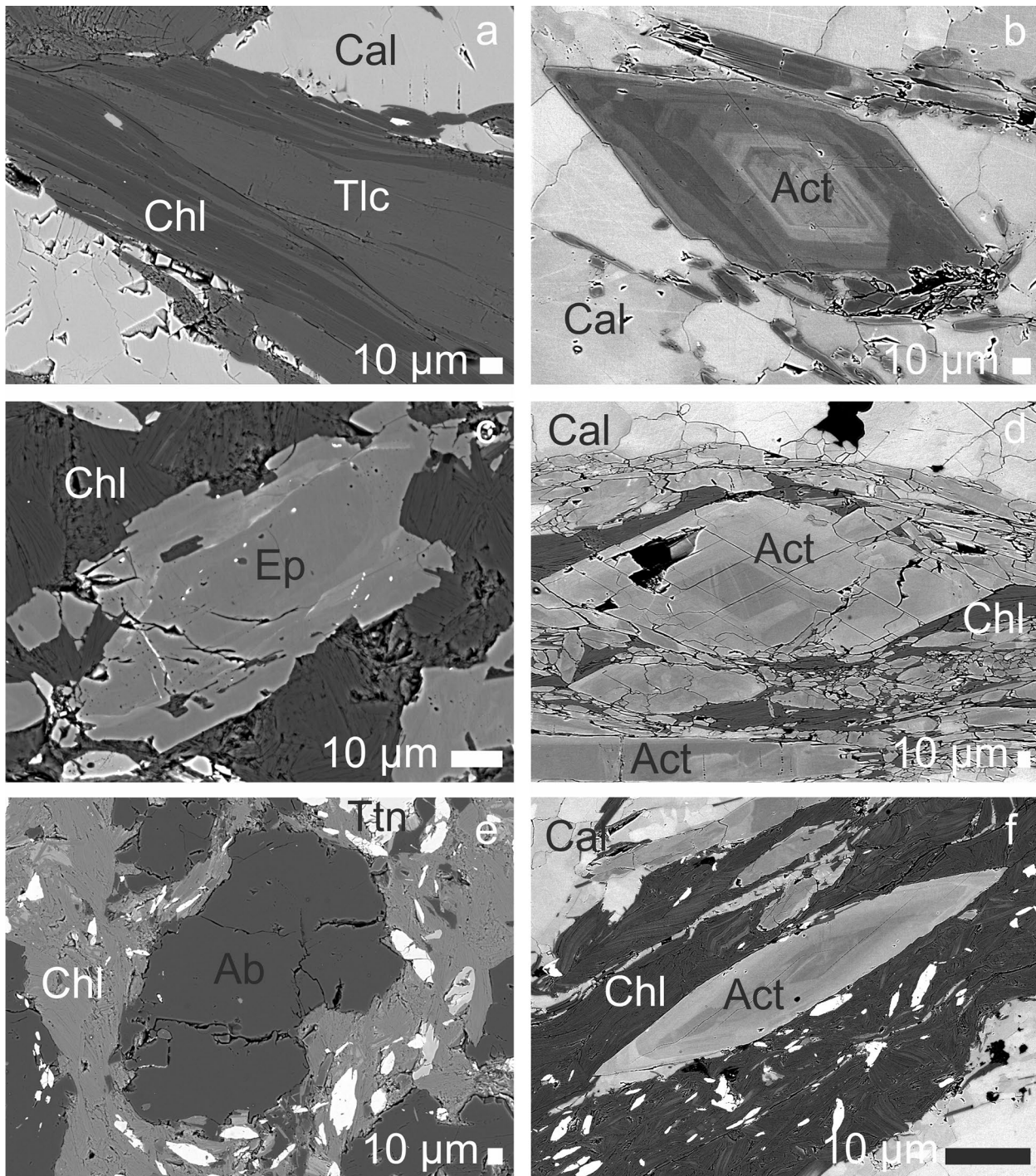


znaky tektonometamorfného postihnutia. Zelenkaste sfarbenie spôsobujú dominantne zastúpené chlority. Textúru majú laminovanú a štruktúru lepidoblastickú.

#### Identifikované minerály

**Amfiboly** pozorované v prierezoch tvoria väčšinou drobné ihličkovité až steblovité zrná viac zastúpené spolu s chloritmi v bazaltových metapyroklastikách, ktoré v podobe menej zastúpených izolovaných kryštálov prechádzajú aj do mramorov. Z hľadiska chemického zloženia patria medzi Ca amfiboly, konkrétne ide o Mg-o-

bohatený aktinolit až tremolit (obr. 4a,b; obr. 6; tab. 1). Amfiboly prejavujú oscilačnú zonálnosť (obr. 5b,d,f). Vo svetlej zóne obohatenej železom sa obsah Fe pohybuje v intervale 0.71 až 0.95 *apfu* a vo vysoko horečnatej tmavej zóne je obsah Fe od 0.40 do 0.63 *apfu* (tab. 1), pričom pomery  $Mg/(Fe^{2+}+Mg)$  ( $X_{Mg}$ ) v týchto zónach majú rozsahy 0.81 - 0.86 a 0.87 - 0.92. V pozícii A je veľmi nízky obsah Na (pod 0.13 *apfu*) a pozícia B je dominantne obsadená Ca (nad 1.87 *apfu*). Na základe veľmi nízkeho obsahu Na nebol potvrdený trend glaukofánovej substitúcie v amfiboloch.



Obr. 5 BSE details analyzovaných fáz: a) prerastanie chloritu a talku; b, d, f) ukážky zonálnosti amfibolov; c) nízky prejav zonálnosti epidotu; e) porfyroblast albitu. Význam použitých skratiek: Act - aktinolit, Ep - epidot, Chl - chlorit, Tlc - talk, Ttn - titanit, Ab - albit, Cal - kalcit. BSE foto S. Kurylo.



**Tabuľka 2** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy epidotu (hm. %) prepočítané na 8 katiónov (apfu). Symbol\* vyjadruje dopočítanie H<sub>2</sub>O pre OH.

| Analyza                        | 1          | 2      | 3     | 4           | 5     | 6      |
|--------------------------------|------------|--------|-------|-------------|-------|--------|
| Zonálnosť                      | Tmavá zóna |        |       | Svetlá zóna |       |        |
| SiO <sub>2</sub>               | 36.94      | 37.31  | 36.69 | 36.98       | 37.23 | 36.83  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.18       | 0      | 0.12  | 0           | 0.11  | 0.08   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 21.42      | 22.15  | 21.45 | 22.10       | 22.23 | 20.89  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.47      | 15.78  | 15.82 | 15.56       | 14.58 | 16.78  |
| FeO                            | 0          | 0      | 0     | 0.02        | 0.05  | 0      |
| MnO                            | 0.02       | 0.16   | 0.17  | 0.04        | 0     | 0.11   |
| CaO                            | 23.12      | 23.45  | 23.48 | 22.88       | 23.19 | 23.46  |
| H <sub>2</sub> O*              | 1.86       | 1.88   | 1.86  | 1.86        | 1.86  | 1.86   |
| Suma                           | 100.03     | 100.73 | 99.60 | 99.44       | 99.25 | 100.00 |
| Si <sup>4+</sup>               | 2.970      | 2.968  | 2.957 | 2.979       | 2.997 | 2.965  |
| Al <sup>3+</sup>               | 0.030      | 0.032  | 0.043 | 0.021       | 0.003 | 0.035  |
| ΣT                             | 3.000      | 3.000  | 3.000 | 3.000       | 3.000 | 3.000  |
| Mn <sup>2+</sup>               | 0.001      | 0.011  | 0.012 | 0.003       | 0     | 0.007  |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0          | 0      | 0     | 0.001       | 0.003 | 0      |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0.997      | 0.945  | 0.960 | 0.943       | 0.883 | 0.993  |
| Al <sup>3+</sup>               | 0.002      | 0.044  | 0.029 | 0.052       | 0.113 | 0      |
| ΣM3                            | 1.000      | 1.000  | 1.000 | 1.000       | 1.000 | 1.000  |
| Al <sup>3+</sup>               | 1.000      | 1.000  | 1.000 | 1.000       | 1.000 | 1.000  |
| ΣM2                            | 1.000      | 1.000  | 1.000 | 1.000       | 1.000 | 1.000  |
| Al <sup>3+</sup>               | 0.998      | 1.001  | 0.965 | 1.025       | 0.993 | 0.948  |
| Ti <sup>4+</sup>               | 0.011      | 0      | 0.007 | 0           | 0.006 | 0.005  |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0          | 0      | 0     | 0           | 0     | 0.024  |
| ΣM1                            | 1.009      | 1.001  | 0.973 | 1.025       | 0.999 | 0.977  |
| Ca <sup>2+</sup>               | 1.000      | 1.000  | 1.000 | 1.000       | 1.000 | 1.000  |
| ΣA1                            | 1.000      | 1.000  | 1.000 | 1.000       | 1.000 | 1.000  |
| Ca <sup>2+</sup>               | 0.991      | 0.999  | 1.027 | 0.975       | 1.001 | 1.023  |
| ΣA2                            | 0.991      | 0.999  | 1.027 | 0.975       | 1.001 | 1.023  |
| OH                             | 1.000      | 1.000  | 1.000 | 1.000       | 1.000 | 1.000  |

**Tabuľka 3** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy titanitu (hm. %) prepočítané na 3 katióny (apfu).

| Analyza                        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5      | 6     |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 30.27 | 30.01 | 30.35 | 30.51 | 30.50  | 30.20 |
| TiO <sub>2</sub>               | 39.74 | 38.01 | 39.65 | 39.55 | 39.19  | 37.00 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.53  | 1.19  | 0.54  | 0.64  | 0.99   | 1.59  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.21  | 0.41  | 0.43  | 0.32  | 0.90   | 0.62  |
| CaO                            | 28.94 | 28.61 | 28.78 | 28.73 | 28.71  | 29.01 |
| Suma                           | 99.69 | 98.22 | 99.74 | 99.75 | 100.29 | 98.40 |
| Si <sup>4+</sup>               | 0.988 | 0.990 | 0.990 | 0.995 | 0.988  | 0.991 |
| Al <sup>3+</sup>               | 0.012 | 0.010 | 0.010 | 0.005 | 0.012  | 0.009 |
| Suma                           | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000  | 1.000 |
| Ti <sup>4+</sup>               | 0.975 | 0.943 | 0.973 | 0.970 | 0.955  | 0.913 |
| Al <sup>3+</sup>               | 0.008 | 0.036 | 0.011 | 0.019 | 0.026  | 0.052 |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0.005 | 0.010 | 0.011 | 0.008 | 0.019  | 0.015 |
| Suma                           | 0.988 | 0.989 | 0.994 | 0.997 | 1.000  | 0.980 |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.003  | 0     |
| Ca <sup>2+</sup>               | 1.012 | 1.011 | 1.006 | 1.003 | 0.997  | 1.020 |
| Suma                           | 1.012 | 1.011 | 1.006 | 1.003 | 1.000  | 1.020 |

príčom Ti a Mn len mierne prekračujú obsah 0.01 apfu (obr. 7a; tab. 2).

**Titanit** sa vyskytuje v podobe izolovaných zŕn (obr. 4e,f) až agregátov priamo v bazaltových metapyroklastikách spolu s epidotom a chloritmi. Prejavuje zanedbateľnú substitúciu Al (do 0.04 apfu) a Fe<sup>3+</sup> (do 0.02 apfu) za Ti (tab. 3).

**Chlority** majú výrazný svetlozelený pleochroizmus a hnedé interferenčné farby. Tvoria šupinky až lišty dominantne rozptýlené v bazaltových metapyroklastikách spolu s epidotom a aktinolitom. V mramoroch sú priamo v asociácii s amfibolmi a talkom. Tvoria hlavnú fázu v chloritických bridliciach. Z hľadiska chemického zloženia majú zo študovaných minerálov najväčšiu variabilitu (tab. 4). Pomer X<sub>Mg</sub> klesá od chloritu v asociácii s talkom v mramore (0.96), cez chlorit s aktinolitom v mramore (0.79 - 0.82), až po chlorit v chloritickej bridlici (0.74) a v bazaltových metapyroklastikách (0.63 - 0.65). Napriek tomu, všetky chlority majú zloženie spadajúce do poľa klinochlóru (obr. 7b).

**Talk** v podobe nepravidelných agregátov bol pozorovaný len v mramoroch priamo v asociácii s chloritmi (obr. 5a). Z hľadiska chemického zloženia má mierne zvýšený obsah Fe<sup>2+</sup>, ktorý dosahuje 0.06 apfu (tab. 5).

**Albit** tvorí porfyroblastické zrná prevažne hypidiomorfne obmedzené v bazaltových metapyroklastikách (obr. 5e). Zloženie má blízke koncovému členu, len v jednej analýze bolo zistené 0.03 apfu Ca, pričom ostatné obsahy Ca a K sú pod 0.005 apfu (obr. 7c, tab. 6).

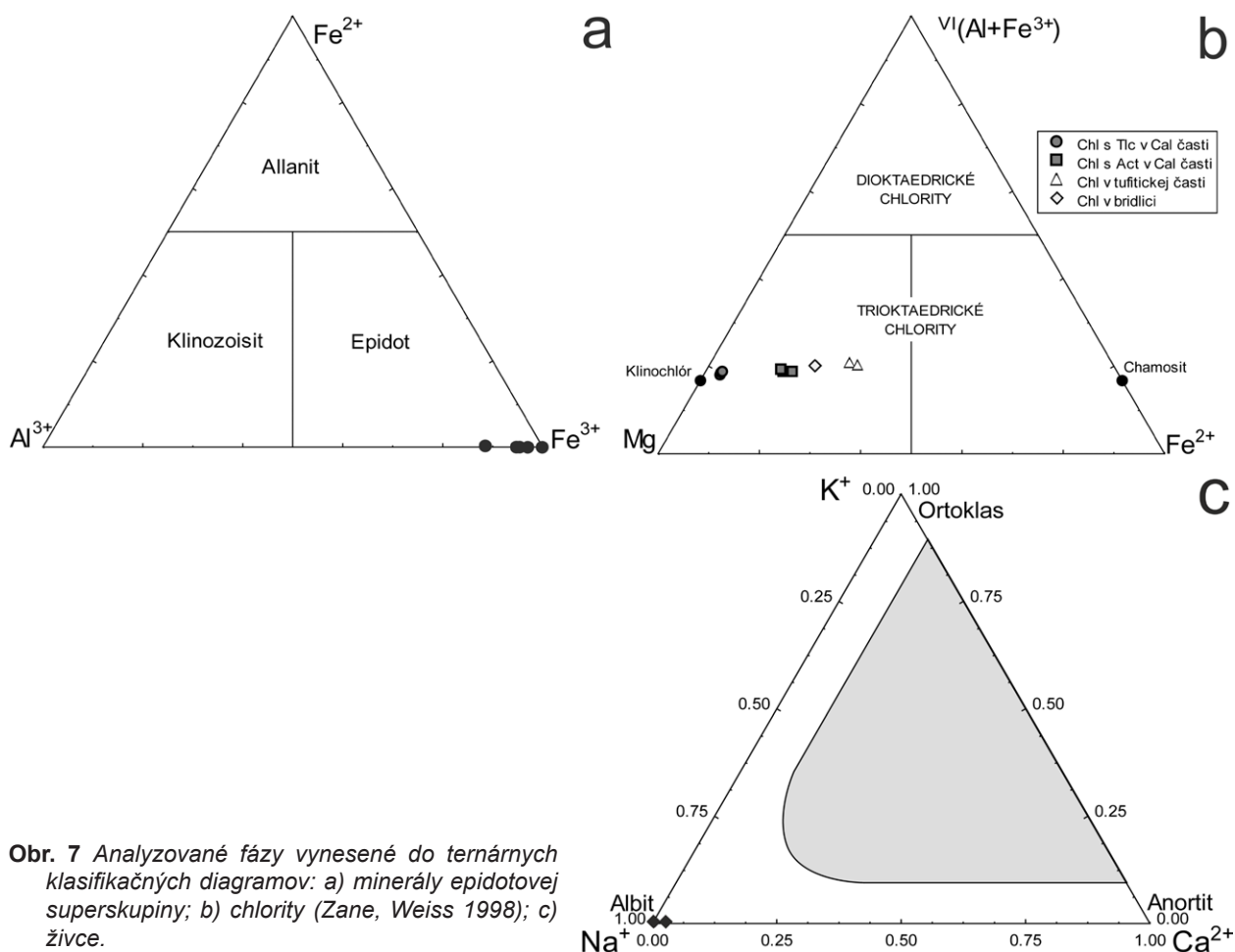
**Apatit** v akcesoricky prítomnej forme izolovaných zŕn bol pozorovaný len v bazaltových metapyroklastikách (obr. 4g,h). Z hľadiska chemického zloženia sa vyskytuje čistý fluórapatit (tab. 7), ktorý obsahuje 0.79 - 0.88 F a 0.12 až 0.21 apfu (OH).

**Kalcit** tvorí hlavnú zložku mramorov. Stredne- až hrubozrnný kalcit prejavuje náznaky prednostnej orientácie. Tvorí prevažne izometrické zrná so zubovitými hranicami. Mikroskopicky je pozorovateľná striedavá jemná až hrubá laminácia kalcitových zŕn. V hrubších kalcitových zrnách je viditeľné dvojčatné lamelovanie. Lamely sa odlišujú svojou orientáciou, šírkou a tvoria rôzne deformačné systémy. V zložení niektorých kalcitov bola identifikovaná zvýšená hodnota MgO, ktorá sa pohybuje v intervale 0.48 až 1.11 hm. % (tab. 8).



**Tabuľka 4** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy chloritov (hm. %) prepočítané na 14 kyslíkov (apfu). Symbol\* vyjadruje doložené H<sub>2</sub>O pre OH.

| Analýza                        | 1                  | 2     | 3     | 4                  | 5      | 6                 | 7     | 8        | 9     |
|--------------------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------|-------------------|-------|----------|-------|
| Hornina                        | Mramor (Chl + Tlc) |       |       | Mramor (Chl + Act) |        | Metapyroklastikum |       | Bridlica |       |
| SiO <sub>2</sub>               | 32.37              | 32.10 | 32.37 | 29.97              | 30.45  | 30.46             | 28.47 | 27.73    | 29.60 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0      | 0                 | 0.13  | 0        | 0.03  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18.07              | 18.61 | 18.39 | 18.70              | 19.17  | 19.25             | 19.81 | 19.39    | 19.37 |
| FeO                            | 2.34               | 2.28  | 2.54  | 12.30              | 11.15  | 10.61             | 19.15 | 20.05    | 14.96 |
| MnO                            | 0                  | 0     | 0.10  | 0.08               | 0.04   | 0.09              | 0.11  | 0.13     | 0.11  |
| MgO                            | 33.09              | 32.97 | 32.64 | 25.97              | 27.29  | 27.26             | 20.35 | 19.54    | 23.59 |
| CaO                            | 0.13               | 0.08  | 0.05  | 0.14               | 0.10   | 0.10              | 0.03  | 0.09     | 0.14  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.01               | 0     | 0     | 0                  | 0.02   | 0                 | 0.01  | 0        | 0.01  |
| K <sub>2</sub> O               | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0      | 0.01              | 0.01  | 0        | 0     |
| H <sub>2</sub> O*              | 12.69              | 12.70 | 12.69 | 12.18              | 12.42  | 12.39             | 11.88 | 11.64    | 12.11 |
| Suma                           | 98.69              | 98.73 | 98.79 | 99.33              | 100.64 | 100.16            | 99.92 | 98.55    | 99.91 |
| Si <sup>4+</sup>               | 3.060              | 3.032 | 3.059 | 2.951              | 2.941  | 2.948             | 2.875 | 2.858    | 2.930 |
| <sup>IV</sup> Al <sup>3+</sup> | 0.940              | 0.968 | 0.941 | 1.049              | 1.059  | 1.052             | 1.125 | 1.142    | 1.070 |
| T-sum.                         | 4.000              | 4.000 | 4.000 | 4.000              | 4.000  | 4.000             | 4.000 | 4.000    | 4.000 |
| Ti <sup>4+</sup>               | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0      | 0                 | 0.010 | 0        | 0.002 |
| <sup>VI</sup> Al <sup>3+</sup> | 1.073              | 1.103 | 1.106 | 1.120              | 1.123  | 1.144             | 1.233 | 1.213    | 1.190 |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0.185              | 0.180 | 0.200 | 1.012              | 0.900  | 0.859             | 1.617 | 1.728    | 1.238 |
| Mn <sup>2+</sup>               | 0                  | 0     | 0.008 | 0.007              | 0.003  | 0.007             | 0.009 | 0.011    | 0.009 |
| Mg <sup>2+</sup>               | 4.663              | 4.642 | 4.597 | 3.812              | 3.930  | 3.933             | 3.063 | 3.002    | 3.482 |
| Ca <sup>2+</sup>               | 0.013              | 0.008 | 0.005 | 0.014              | 0.011  | 0.010             | 0.003 | 0.010    | 0.015 |
| Na <sup>+</sup>                | 0.002              | 0     | 0     | 0.001              | 0.003  | 0                 | 0.002 | 0        | 0.002 |
| K <sup>+</sup>                 | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0      | 0.001             | 0.001 | 0        | 0     |
| M-sum.                         | 5.935              | 5.933 | 5.918 | 5.965              | 5.970  | 5.954             | 5.937 | 5.964    | 5.939 |
| OH <sup>-</sup>                | 8.000              | 8.000 | 8.000 | 8.000              | 8.000  | 8.000             | 8.000 | 8.000    | 8.000 |

**Obr. 7** Analyzované fázy vynesené do ternárnych klasifikačných diagramov: a) minerály epidotovej superskupiny; b) chlority (Zane, Weiss 1998); c) živce.

**Tabuľka 5** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy talku (hm. %) prepočítané na 11 aniónov (apfu). Symbol\* vyjadruje dopočítanie H<sub>2</sub>O pre OH.

| Analýza                        | 1      | 2      | 3      | 4      |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 65.13  | 64.83  | 64.80  | 64.70  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.02   | 0.04   | 0      | 0.01   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.03   | 0.02   | 0      | 0.02   |
| FeO                            | 0.71   | 0.88   | 1.10   | 0.75   |
| MnO                            | 0      | 0      | 0.02   | 0.05   |
| MgO                            | 31.93  | 31.68  | 31.32  | 31.58  |
| CaO                            | 0.08   | 0.05   | 0.02   | 0.03   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0      | 0      | 0      | 0.01   |
| K <sub>2</sub> O               | 0      | 0.01   | 0.01   | 0.01   |
| H <sub>2</sub> O*              | 4.87   | 4.85   | 4.83   | 4.83   |
| Suma                           | 102.78 | 102.35 | 102.11 | 101.99 |
| Si <sup>4+</sup>               | 4.011  | 4.011  | 4.021  | 4.015  |
| <sup>IV</sup> Al <sup>3+</sup> | 0      | 0      | 0      | 0      |
| T-sum.                         | 4.011  | 4.011  | 4.021  | 4.015  |
| Ti <sup>4+</sup>               | 0.001  | 0.002  | 0      | 0.001  |
| <sup>VI</sup> Al <sup>3+</sup> | 0.002  | 0.001  | 0      | 0.002  |
| Fe <sup>2+</sup>               | 0.036  | 0.046  | 0.057  | 0.039  |
| Mn <sup>2+</sup>               | 0      | 0      | 0.001  | 0.003  |
| Mg <sup>2+</sup>               | 2.931  | 2.922  | 2.897  | 2.921  |
| Ca <sup>2+</sup>               | 0.005  | 0.003  | 0.002  | 0.002  |
| Na <sup>+</sup>                | 0      | 0      | 0      | 0.001  |
| K <sup>+</sup>                 | 0      | 0      | 0.001  | 0.001  |
| M-sum.                         | 2.976  | 2.975  | 2.958  | 2.969  |
| OH <sup>-</sup>                | 2.000  | 2.000  | 2.000  | 2.000  |

**Tabuľka 6** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy albitu (hm. %) prepočítané na 5 katiónov (apfu).

| Analýza                        | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67.75 | 68.97  | 68.85  | 68.86  | 68.69  | 68.75  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19.15 | 19.39  | 19.43  | 19.45  | 19.57  | 19.47  |
| CaO                            | 0.56  | 0.04   | 0.07   | 0.05   | 0.06   | 0.04   |
| Na <sub>2</sub> O              | 11.69 | 11.97  | 11.69  | 12.05  | 11.89  | 11.80  |
| K <sub>2</sub> O               | 0.06  | 0.05   | 0.05   | 0.06   | 0.05   | 0.05   |
| Suma                           | 99.22 | 100.42 | 100.09 | 100.47 | 100.26 | 100.10 |
| Si <sup>4+</sup>               | 2.980 | 2.995  | 3.005  | 2.987  | 2.988  | 2.998  |
| Al <sup>3+</sup>               | 0.993 | 0.992  | 0.999  | 0.994  | 1.003  | 1.000  |
| Ca <sup>2+</sup>               | 0.027 | 0.002  | 0.003  | 0.002  | 0.003  | 0.002  |
| Na <sup>+</sup>                | 0.997 | 1.008  | 0.989  | 1.013  | 1.003  | 0.997  |
| K <sup>+</sup>                 | 0.003 | 0.003  | 0.003  | 0.003  | 0.003  | 0.003  |
| Suma                           | 5.000 | 5.000  | 5.000  | 5.000  | 5.000  | 5.000  |

**Tabuľka 7** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy apatitu (hm. %) prepočítané na 8 katiónov (apfu) s dopočítanou H<sub>2</sub>O ako 1-F.

| Analýza                       | 1      | 2      | 3      | 4      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 43.15  | 43.01  | 42.88  | 43.14  |
| CaO                           | 56.47  | 56.35  | 56.22  | 55.79  |
| F                             | 3.04   | 3.35   | 3.14   | 3.31   |
| H <sub>2</sub> O              | 0.38   | 0.22   | 0.32   | 0.23   |
| O=F                           | -1.52  | -1.68  | -1.57  | -1.66  |
| Suma                          | 102.66 | 102.71 | 102.24 | 102.25 |
| P                             | 3.012  | 3.010  | 3.008  | 3.034  |
| Ca                            | 4.988  | 4.990  | 4.992  | 4.966  |
| F                             | 0.793  | 0.876  | 0.823  | 0.871  |
| OH <sup>-</sup>               | 0.207  | 0.124  | 0.177  | 0.129  |

## Diskusia

Skúmaná lokalita sa spomína vo viacerých prieskumných geologických prácach zameraných na posudzovanie vhodnosti mramorov a s nimi asociovaných bazaltových metapyroklastík pre dekoračné využitie (Suchár et al. 1970; Macko, Zlocha 1971; Varga et al. 1977; Kilík 1992; Slavkay et al. 2004).

Variabilné zastúpenie metabázických hornín odzrkadľuje diverzitu zloženia protolitu a rôznu intenzitu metamorfných podmienok od fácie zelených bridlíc po fáciu modrých bridlíc počas pôsobenia prográdneho a retrográdneho režimu (Ivan, Kronome 1996; Mazzoli, Vozárová 1998). Účinkom regionálnej metamorfózy rekryštalizovali tufitické polohy na dominantne zastúpenú zmes chloritu a epidotu. Vozárová (1993) stanovila metamorfné podmienky dúbavského súvrstvia v nižnoslanskej depresii do fácie zelených bridlíc stredno- až vysokotlakového typu. Geotermobarometriu bazaltových metapyroklastík na základe minerálnej asociácie Act + Chl + Ep ± Ms ± Bt + Ab + Qtz stanovili Černák et al. (2005) na teplotu 500 °C pri priemernom tlaku 3.9 kbar. Koexistencia minerálov v mramoroch bola aproximovaná rovnicou 3Dol + 4Qtz + H<sub>2</sub>O = Tlc + 3Cal + 3CO<sub>2</sub> (Černák 2005; Černák et al. 2005).

Zo svetlých sľúd, ktoré tvoria šupinky orientované súhlasne s plochou vrstevnatej bridličnatosti mramorov identifikovali Černák (2005) a Černák et al. (2005) muskovit s prechodom do alumoseladonitu. Chemické a izotopové zloženie mramorov dúbavského súvrstvia v rámci komplexnej porovnávacej štúdie skúmala Vozárová et al. (1995).

## Záver

Mineralogický výskum mramorov, ktoré sú asociované s bazaltovými metapyroklastikami a chloritickými bridlicami, potvrdil určitú mieru interakcie silikátových fáz, ktoré sa podieľajú na ich zložení. Preukázaná bola chemická variabilita klnochlóru, ktorý sa vyskytuje ako v mramoroch, tak aj v bazaltových metapyroklastikách a dominantne v chloritických bridliciach. Mg-obohatené aktinolity až tremolity tvoria súčasť minerálnej asociácie mramorov a bazaltových metapyroklastík. Prítomnosť epidotu, titanitu, albitu a fluóapatitu sa potvrdila len v bazaltových metapyroklastikách. Talk bol identifikovaný len v mramoroch v asociácii s klnochlórom. Prítomnosť dolomitu sme v skúmaných vzorkách mramorov nepotvrdili, ale predpokladáme, že pri vzniku talku sa dolomit spotreboval bez zachovania prírodných relikto.

**Tabuľka 8** Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy kalcitu (hm. %) prepočítané na 1 atóm kyslíka (apfu). Symbol\* vyjadruje dopočítanie CO<sub>2</sub>.

| Analýza           | 1     | 2     | 3      | 4      | 5     | 6     |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| FeO               | 0.32  | 0.16  | 0.15   | 0.18   | 0.21  | 0.29  |
| MnO               | 0.11  | 0.10  | 0.09   | 0.08   | 0.18  | 0.14  |
| MgO               | 0.56  | 1.09  | 0.95   | 1.11   | 0.61  | 0.48  |
| CaO               | 54.55 | 54.32 | 54.86  | 54.54  | 54.58 | 55.03 |
| CO <sub>2</sub> * | 43.74 | 43.97 | 44.27  | 44.18  | 43.79 | 44.03 |
| Suma              | 99.27 | 99.64 | 100.32 | 100.09 | 99.36 | 99.97 |
| Fe <sup>2+</sup>  | 0.004 | 0.002 | 0.002  | 0.003  | 0.003 | 0.004 |
| Mn <sup>2+</sup>  | 0.002 | 0.001 | 0.001  | 0.001  | 0.003 | 0.002 |
| Mg <sup>2+</sup>  | 0.014 | 0.027 | 0.023  | 0.027  | 0.015 | 0.012 |
| Ca <sup>2+</sup>  | 0.980 | 0.969 | 0.973  | 0.969  | 0.979 | 0.982 |
| Suma              | 1.000 | 1.000 | 1.000  | 1.000  | 1.000 | 1.000 |

**Pod'akovanie**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-15-0050 a grantom VEGA 1/0151/19. Vyslovujeme pod'akovanie recenzentom článku za podnetné pripomienky, ktoré prispeli k skvalitneniu rukopisu.

**Literatúra**

- ABONYI A (1971) Stratigraficko-tektonický vývoj karbónu gemeríd západne od štítnického zlomu. Geol Práce Spr 57: 339-348
- ANDRUSOV D (1953) Vápence a bázické vyvreliny v paleozoiku Západných Karpát. Geol Zbor SAV IV, 3-4: 801-820
- ARMBRUSTER T, BONAZZI P, AKASAKA M, BERMANEC V, CHOPIN CH, GIERÉ R, HEUSS-ASSBICHLER S, LIEBSCHER A, MENCHETTI S, PAN Y, PASERO M (2006) Recommended nomenclature of epidote-group minerals. Eur J Mineral 18: 551-567
- BAČÍK P, ŠTEVKO M, OZDÍN D, VANČOVÁ I (2013) Názvy minerálov amfibolovej a hydrotalkitovej superskupiny podľa klasifikácií schválených IMA. Esemestník. Spravodajca Slovenskej mineralogickej spoločnosti 2/1: 14-17
- BAJANIČ Š (ED.), IVANIČKA J, MELLO J, PRISTAŠ J, REICHWALDER P, SNOPKO L, VOZÁR J, VOZÁROVÁ A (1984) Geologická mapa Slovenského rudohoria, východná časť 1: 50 000. ŠGÚDŠ Bratislava
- ČERNÁK V (2005) Petrológia a litológia mramorov dúbavského súvrstvia. Diplomová práca. Manuskript: archív Katedry mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK, Bratislava, 68 s
- ČERNÁK V, VOZÁROVÁ A, DYDA M (2005) Petrológia a litológia mramorov a bazaltových metatufov dúbavského súvrstvia príkrovu Bôrky. Zborník referátov z konferencie Geochémia 2015. Slovenská asociácia geochemikov, Katedra geochémie PriF UK, ŠGÚDŠ, Bratislava, 64-67
- FUSÁN O (1959) Poznámky k mladšiemu paleozoiku gemeríd. Geol Práce Zoš 55: 171-181
- GAZDAČKO Ľ (2005) Litologická náplň a vzťah bôrčanského príkrovu v okolí Markušky a Kobeliarova k ultrabázikám. Miner Slov 37, 3: 214-216
- HAWTHORNE C F, OBERTI R, HARLOW G, MARESCH V W, SCHUMAHER C J, WELCH M (2012) Nomenclature of the amphibole supergroup. Am Mineral 97: 2031-2048
- IVAN I, KRONOME B (1996) Predmetamorfný charakter a geodynamické prostredie vzniku vysokotlakovo metamorfovaných bazitov meliatskej jednotky na lokalitách Radzim, Bôrka, Hačava a Rudník. Miner Slov 28(1): 26-37
- IVAN P (2007) Litostratigrafické jednotky príkrovu Bôrky: ich stručná charakteristika a možný pôvod. Zborník príspevkov z konferencie Cambelove dni 2007 - Geochémia v súčasných geologických vedách. Slovenská asociácia geochemikov, Katedra geochémie PriF UK, Bratislava, 42-48
- KAMENICKÝ J (1957) Serpentinity, diabázy a glaukofanické horniny triasu Spišsko-gemerského rudohoria. Geol Práce Zoš 45: 3-108
- KANTOR J (1955) Diabázy juhoslovenského mezozoika. Geol Práce Zoš 41: 77-99
- KANTOR J (1956) Serpentinity južnej časti Spišsko-gemerského rudohoria. Geol Práce Zpr 6: 3-40
- KILÍK J (1992) Markuška - záverečná správa, surovina: dekoračný a stavebný kameň, vyhľadávací prieskum, stav k 31.12.1991. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 85 s
- LEAKE B E, WOOLLEY A R, ARPS C E S, BIRCH W D, GILBERT M C, GRICE J D, HAWTHORNE F C, KATO A, KISCH H J, KRIVOVICHEV V G, LINTHOUT K, LAIRD J, MANDARINO J A, MARESCH W V, NICKEL E H, SCHUMACHER J C, SMITH D C, STEPHENSON N C N, UNGARETTI L, WHITTAKER E J W, YOUZHI G (1997) Nomenclature of Amphiboles. Can Mineral 35: 219-246
- LEŠKO B, VARGA I (1980) Alpine elements in the West Carpathian structure and their significance. Miner Slov 12(2): 97-130
- MACKO J, ZLOCHA J (1971) Inventarizácia ložísk stavebných nerastných surovín ČSSR, list mapy M-34-113-D Dobšiná, stav k 1.9.1971. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava
- MARKO F (1981) Geologicko-tektonické pomery na území medzi Roštárom a Markuškou. Diplomová práca. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 70 s
- MAZÚR E, LUKNIŠ M (1980) Geomorfologické jednotky (mapa 1: 500 000). In: Mazúr E, Jakál J (eds.): Atlas SSR. SAV a Slov úrad geod a kart Bratislava, 54-55
- MAZZOLI C, VOZÁROVÁ A (1998) Subduction related processes in the Bôrka Nappe (Inner Western Carpathians): a geochemical and petrological approach In: Rakús M (ed.): Geodynamic model of the Western Carpathians Monography, D. Štúr Publ. Bratislava, 89-106

- MELLO J (ED.), ELEČKO M, PRISTAŠ J, REICHWALDER P, SNOPKO L, VASS D, VOZÁROVÁ A, GAÁL L, HANZEL V, HÓK J, KOVÁČ P, SLAVKAY M, STEINER A (1997) Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 255 s
- MELLO J, REICHWALDER P, VOZÁROVÁ A (1998) Bôrka Nappe: high-pressure relic from the subduction-accretion prism of the Meliata ocean (Inner Western Carpathians, Slovakia). *Slovak Geol Mag* 4(4): 261-273
- OZDÍN D, UHER P (2002) Slovenské názvy minerálov. Minerály schválené Medzinárodnou mineralogickou asociáciou do konca roku 2001. ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-203
- PLAŠIENKA D, MÉRES Š, IVAN P, SÝKORA M, SOTÁK J, LAČNÝ A, AUBRECHT R, BELLOVÁ S, POTOČNÝ T (2019) Meliatic blueschists and their detritus in Cretaceous sediments: new data constraining tectonic evolution of the West Carpathians. *Swiss J Geosci* 112(1): 55-81
- REICHWALDER P (1970) Niekoľko poznámok k výskytu glaukofanických hornín v okolí Hačavy. *Geol Práce Spr* 53: 157-165
- REICHWALDER P (1973) Geologické pomery mladšieho paleozoika v jv. časti Spišsko-gemerského rudohoria. *Zbor Geol Vied ZK* 18: 99-141
- SIIVOLA J, SCHMID R (2007) List of mineral abbreviations. In: FETTES D, DESMONS J (EDS.): *Metamorphic rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks*. Cambridge University Press, 93-110
- SLAVKAY M (ED.), BEŇKA J, BEZÁK V, GARGULÁK M, HRAŠKO L, KOVÁČIK M, PETRO M, VOZÁROVÁ A, HRUŠKOVIC S, KNÉSL J, KNÉSOVÁ A, KUSEIN M, MAŤOVÁ V, TULIS J (2004) *Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria*. Zv. 2. ŠGÚDŠ, Bratislava, 286 s
- SNOPKO L (1957) Predbežné výsledky štúdia stratigrafie karbónskych súvrství v povodí rieky Slanej. *Geol Práce Zpr* 11: 38-47
- SUCHÁR A, NOVYSEDLÁK J, VALKO P (1970) Jelšava - Rožňava. Záverečná správa a výpočet zásob, surovina: stavebný a dekoračný kameň, etapa: VP, stav: 1.4.1970. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 59 s
- VARGA I, DOJČÁKOVÁ V, BUKVOVÁ J (1977) Gemer - záverečná správa, štúdia, surovina: dekoračný kameň, stav: december 1977. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 94 s
- VOZÁROVÁ A (1993) Stupeň premeny dúbravských vrstiev. In: RAKÚS M, VOZÁR J (EDS.) *Geodynamický model a hlbinná stavba Západných Karpát*. ŠGÚDŠ, Bratislava, 227-231
- VOZÁROVÁ A, ĎURKOVIČOVÁ J, REPČOK I (1995) Data on chemical and isotope composition of Carboniferous and Mesozoic carbonates of Inner Western Carpathians. *Slovak Geol Mag* 2: 127-152
- ZANE A, WEISS Z (1998) A procedure for classifying rock-forming chlorites based on microprobe data. *Rend Fis Acc Lincei* 9(1): 51-56