

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geologie



Bc. Barbora Píšová

Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace minerálních inkluzí
Chemical variability of garnets from the České středohoří Mountains and characterization of their
mineral inclusions

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Roman Skála, Ph.D.

Praha, 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci zpracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 13. 8 2020

Barbora Píšová

Abstrakt

Vzorky granátů použité v této studii pocházejí z klastických sedimentů z vrtů Tř-1 a T-31, vybraných lokalit Českého středohoří a granátonosných ultrabazických hornin zastížených vrtem T-7. Elektronovým mikroanalýzátozem byly stanoveny obsahy hlavních a některých vedlejších prvků. Granáty ze sedimentů byly podle zastoupení koncových členů rozděleny do 3 skupin na: 1) pyropové, 2) almandin – pyropové a 3) grosulár – almandinové. Granáty z vrtu T-7 byly zařazeny podle jednotlivých litologických typů, v nichž se vyskytovaly: lherzolitové, pyroxenitové, harzburgitové, eklogitové a granulitové. Chemické analýzy granátů ukázaly na přítomnost kladných korelací Cr vs. Ca a Ti vs. Mn v zrnech pyropu.

Zastoupení stopových prvků v granátech bylo studováno pomocí LA-ICP-MS. Při normalizaci na CI rezervoár vykazují granáty nejčastěji lherzolitové profily prvky vzácných zemin. Granáty sytých odstínů červené a fialové vykazují lehce sinusoidální profily REE.

Skenovacím elektronovým mikroskopem byly studovány v granátech uzavřené inkluze. Pokud to dovolovaly jejich rozměry, byly pomocí elektronové mikroanalýzy pro inkluze stanoveny hlavní a vedlejší prvky. V granátech lherzolitových a pyropových byly nalezeny inkluze amfibolů v asociaci se spinelidy, karbonáty a apatity. V almandin – pyropových granátech se nejčastěji vyskytují inkluze křemene, rutilu, zirkonu sulfidů a apatitu, někdy v doprovodu se slídkami. V grosulár – almandinových granátech se vyskytují inkluze křemene s živci a apatitem.

Granáty a inkluze byly studovány také Ramanovou spektroskopií. Granáty vykazují posuny spektrálních pásů oproti datům uváděným v literatuře pro čisté koncové členy. Ramanova spektra minerálů inkluzí potvrdila jejich identifikaci na základě dat z EPMA. Ramanovým spektrometrem byla naměřena fotoluminiscenční spektra granátů. Granáty s koncentrací Cr pod 1.3 hm. % fotoluminiscenci nevykazují. Se zvyšujícím se obsahem Cr intenzita fotoluminiscence roste, až v Ramanových spektrech úplně dominuje.

Data byla využita při stanovení provenience granátů. Byla využita klasifikační schémata používaná pro určení zdrojového materiálu při diamantové prospekci a také grafy pro granáty metamorfního původu. Většina granátů z Tř-1 pochází z granulitu a lherzolitů, jen několik zrn bylo klasifikováno jako eklogitové. Vrt T-31 poskytl vzorky odpovídající lherzolitům a granulitům. Ve vrtu T-7 byly litologické typy předem známy a složení granátů mohlo být použito k testování klasifikačních schémat.

Klíčová slova: granáty, almandin, pyrop, inkluze, provenience, České středohoří, elektronová mikroanalýza, Ramanova spektroskopie, LA-ICP-MS, lherzolit, eklogit, granulit.

Abstract

The samples of garnets used in this study come from clastic sediments from the drillcores Tř-1 and T-31, selected localities of the České středohoří Mountains and garnet-bearing ultramafic rocks sampled by the drillcore T-7. The contents of the major and some minor elements were determined by an electron probe microanalyzer. The garnets from the sediments were divided into 3 groups according to the contents of the end-members: 1) pyrope-, 2) almandine – pyrope- and 3) grossular – almandine-rich. Garnets from the drillcore T-7 were classified according to individual rock types in which they occurred: lherzolite, harzburgite, pyroxenite, eclogite and granulite. Chemical analyzes of garnets displayed the presence of positive correlations Cr vs. Ca vs. Ti Mn in pyrope grains.

The contents of trace elements in garnets were studied by an LA-ICP-MS. After normalization to the CI-reservoir, garnets most often show lherzolite profiles of rare earth elements. Garnets of intense red and purple colors show slightly sinusoidal REE profiles.

Inclusions enclosed in garnets were studied by a scanning electron microscope. If their dimensions allowed, the major and minor elements were determined by electron microanalysis for inclusions. Inclusions of amphiboles in association with spinel group minerals, carbonates and apatites were found in lherzolite and pyrope-rich garnets. Inclusions of quartz, rutile, zircon, sulphides and apatite are most common in almandine – pyrope-rich garnets, sometimes associated with by mica. Inclusions of quartz with feldspar and apatite occur in grossular – almandine-rich garnets.

Garnets and inclusions were also studied by Raman spectroscopy. The garnets show spectral band shifts from data reported in the literature for pure end-members. Raman spectra of minerals in inclusions confirmed their identification based on EPMA data. The photoluminescence spectra of the garnets were measured with a Raman spectrometer. Garnets with chromium contents below 1.3 wt. % do not show photoluminescence. With increasing Cr content, the intensity of photoluminescence increases until it completely dominates in the Raman spectra.

The data were used to determine the provenance of the garnets. The classification schemes used to determine the source material in diamond prospecting as well as graphs for garnets of metamorphic origin were used. Most of the garnets from Tř-1 come from granulite and lherzolite, only a few grains were classified as eclogite. The drillcore T-31 provided samples corresponding to lherzolites and granulites. In the drillcore T-7, rock types were known in advance and the composition of the garnets could be used to test established classification schemes.

Key words: garnets, almandine, pyrope, inclusion, provenance, České středohoří Mountains, electron probe microanalysis, Raman spectroscopy, LA-ICP-MS, lherzolite, eclogite, granulite.

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli RNDr. Romanu Skálovi, Ph.D., za jeho cenné rady, připomínky, diskuzi, poskytnuté zázemí a finanční podporu při studiu vzorků. Také bych mu ráda poděkovala za jeho trpělivost při vysvětlování problematiky a také jeho cenné zkušenosti a znalosti, o které se se mnou podělil. Dále bych tímto poděkovala doc. RNDr. Jaromíru Ulrychovi, DrCs. a doc. Lukáši Ackermanovi, Ph.D. za poskytnutí materiálu ke studiu. Poděkování patří také Mgr. Noemi Mészárosové, za její ochotu a trpělivost při hledání a analyzování inkluzí na hranici detekce. Děkuji také RNDr. Šárce Matouškové, Ph.D. za měření dat pomocí La-ICP-MS. Poděkování patří i paní Jabůrkové za přípravu vzorků ke studiu. Děkuji také Martinu Staňkovi Ph.D. za umožnění velmi flexibilní pracovní doby a ochotu a schopnost se podělit o vlastní zkušenosti. Děkuji také rodičům za podporu při studiu.

Veškerá analytická data byla získána v Oddělení analytických metod GLÚ AV ČR, v.v.i., Praha. Projekt byl financován z Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2015 až 2022 (BV III/1-VS) Číslo číslo projektu: VI3VS/780.

Veškerá analytická data byla získána v Oddělení analytických metod GLÚ AV ČR, v.v.i., Praha za podpory institucionálního výzkumného programu RVO 67985831

Obsah

Abstrakt	4
Abstract	5
Poděkování	6
Obsah	7
Seznam obrázků	10
Seznam Tabulek	15
Použité zkratky	16
Seznam příloh	17
1. Úvod	1
1.1 Krystalochemie granátů	1
1.2 Molekulová struktura granátu	1
1.3 Substituční trendy mezi granáty	1
1.4 Granáty jako indikátor provenience a geologických procesů	2
1.5 Geologický vývoj oblasti	3
1.6 Inkluze	4
1.7 Cíle práce	5
2. Vzorky	7
2.1 Přehled odebraných vzorků	7
2.2.1 Vrt Tř-1	8
2.2.2 Vrt T-31	8
2.2.3 Vrt T-7	9
3. Metodika studia	10
3.1 Výběr zrn a optická charakterizace vzorků	10
3.2 Skenovací elektronová mikroskopie	10
3.3 Kvantitativní chemická analýza elektronovým mikroanalyzátozem	10
3.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (LA-ICP-MS)	14
3.5 Ramanova mikrospektrometrie	17
4. Výsledky	18
4.1 Optické vlastnosti	18
4.2 Chemické složení granátů	19
4.2.1 Makroprvky	19

4.2.2 Stopové prvky	29
4.3 Inkluze	30
4.3.1 Tř-1	31
4.3.2 T-31.....	34
4.3.3 T-7.....	36
4.4 Ramanova spektra.....	39
4.4.1 Granáty	39
4.4.2 Inkluze	39
4.5 Fotoluminiscenční spektra	47
5. Diskuze	49
5.1 Klasifikace a provenience granátů.....	49
5.2 Stopové prvky granátů.....	53
5.3 Inkluze	59
5.4 Ramanova spektroskopie.....	62
5.4.1 Granáty	62
5.4.2 Inkluze	64
5.5 Fotoluminiscence.....	68
5.6 Geotermobarometrie	69
5.6.1 Granáty	69
5.5.2 Inkluze	75
5.6 Provenience	76
6. Závěr.....	78
7. Zdroje použité literatury	81
8. Přílohy	87
Příloha I: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Seznam vzorků, jejich značení a lokalizace	87
Příloha II: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Chemické složení – hlavní prvky	90
Příloha III: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Chemické složení – stopové prvky.....	120

Příloha IV: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Zobrazení inkluzí ve zpětně odražených elektronech	134
Příloha V: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Klasifikace granátů	141
Příloha VI: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Ramanova spektra granátů a minerálních inkluzí..	142
Příloha VII: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Typy asociací inkluzí ze všech studovaných lokalit	147
Příloha VIII: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Geotermobarometrie	148

Seznam obrázků

Obrázek 1: Geografická mapa s vyznačením lokalit je odvozena z mapy

<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/> v měřítku 1:50000

Obrázek 2: Prvková variabilita zrn v rámci lokalit i mezi nimi

Obrázek 3: Prvková variabilita zrn v rámci lokalit i mezi nimi

Obrázek 4: Prvková variabilita zrn v rámci lokalit i mezi nimi

Obrázek 5: Variabilita granátů, znázorněná pomocí přepočtených koncových členů Pyrop, almandin a grosulár.

Obrázek 6: Zonální zrno 2-4_T-7_A zobrazené ve zpětně odražených elektronech s vyznačením linií, ve kterých byly měřeny jednotlivé body. V zrnu jsou patrné blíže neurčené inkluze minerálů.

Obrázek 7: Prvková zonalita granátu 2-4_T-7_A z granulitu podél linie 1 z Obr. 6

Obrázek 8: Prvková zonalita granátu 2-4_T-7_A z granulitu podél linie 2 z Obr. 6

Obrázek 9: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_B_1. linie

Obrázek 10: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_B_2. linie

Obrázek 11: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_C_1. linie

Obrázek 12: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_C_2. linie

Obrázek 13: Variabilita koncentrací Sm a Yb na jednotlivých lokalitách a mezi nimi s vyznačením skupin korelujících s definovanými skupinami v kap. 4.2.1, v hloubce vrtu 330 m dva granáty nerespektují tyto skupiny, může se jednat o odchýlené hodnoty, nebo granáty nesouvisející s těmito třemi skupinami.

Obrázek 14: Mg/Fe diagram znázorňující zastoupení fortseritu a faylitu v inkluzích olivínu z jednotlivých vrtů. V případě T-7 se jedná o 1_T-7_A – pyroxenit a 3_T-7_D – lherzolit. V případě T-31 je zrno pyropem bohaté.

Obrázek 15: Variabilita zastoupení Fe a Ti na kationtové pozici rutilu z lokalit T-31 a Tř-1

Obrázek 16: Inkluze Zirkonu v BSE

Obrázek 17: Přepočítané koncentrace Zr a Hf pro zirkony uzavřené v granátech z vrtu Tř-1

Obrázek 18: Inkluze s postupným přechodem enstatitu do magnesiohornblendu v asociaci s magnesiochromitem, magnezitem a grafitem.

Obrázek 19: Klasifikace inkluzí amfibolů ze zrn granátů podle Hawthorne et al. (2012).

Obrázek 20: Polyfázové inkluze v okrajové části zrna 1_T-7_E z pyroxenitu. Inkluze jsou tvořeny amfiboly v asociaci s magnezitem, spinelem a v některých případech apatitem nebo flogopitem.

Obrázek 21: Inkluze sférického tvaru T-7_1_A_1 se světlejšími zbytky olivínu a a částmi přeměněného serpentinu. Je viditelné křehké porušení granátu v jejím okolí.

Obrázek 22: Klasifikace inkluzí amfibolu ze zrn granátu z lokality T-7 podle Hawthorne et al. (2012)

Obrázek 23: Fe + Mn – Mg - Ca ternární diagram podle (Graham et al., 2006) se znázorněním variability složení magnezitu.

Obrázek 24: Spektra granátů podle jejich složení

Obrázek 25: Spektrum pargasitu s pásy hostitelského granátu; Pásy pargasitu jsou vyznačeny modrými tečkami, zatímco pásy granátu červenými.

Obrázek 26: Ramanovo spektrum pargasitu v oblasti s výskytem pásů náležejícím OH skupině

Obrázek 27: Spektrum magnezitu (modré tečky) s pásy hostitelského granátu (červené tečky) z lokality Linhorka.

Obrázek 28: Spektrum dolomitu (modré tečky) s pásy pargasitu (zelené tečky) a granátu (červené tečky) z lokality T-7.

Obrázek 29: Inkluze amfibolu (modré tečky) v asociaci s dolomitem (žluté tečky), spektra obsahují i pásy granátu (červené tečky).

Obrázek 30: Inkluze magnesiochromitu v asociaci s amfibolem. Horní spektru patří magnesiochromitu. Spodní spektrum je ukázkou spektra amfibolu s magnesiochromitem (modré tečky) a granátem (červené tečky).

Obrázek 31: Ramanovo spektrum inkluze apatitu

Obrázek 32: Ramanovo spektrum rutilu

Obrázek 33: Ramanova spektra monazitu a rutilu

Obrázek 34: Ramanovo spektrum ortoestatitu (zelené tečky) a granátu (červené tečky) s vyznačením pásů.

Obrázek 35: spektra zirkonů, která demonstrují vůči sobě silnou polarizaci; pásy, které jsou potlačeny v jednom ze dvou spekter, jsou vyznačeny žlutými a modrými tečkami; hostitelský granát červenými tečkami.

Obrázek 36: Spektrum křemene s vyznačením pásů modrými tečkami a s vyznačením pásů spektra hostitelského granátu červenými tečkami.

Obrázek 37: Ramanova spektra inkluze křemene (oranžové tečky) a kyanitu (modrozelené tečky) v porovnání se spektrem granátu (tmavěmodré tečky).

Obrázek 38: fotoluminiscence chromitého granátu.

Obrázek 39: Fotoluminiscence monazitu ve 3 excitačních vlnových délkách.

Obrázek 40: Zastoupení koncových členů granátu podle Aubrechta et al. (2009) z lokalit Tř-1, T-31 a T-7, s přihlédnutím ke klasifikaci (Schulze, 2003).

Obrázek 41: Výsledky klasifikací Schulzeho (2003), Grütterera et al. (2004) a Aubrechta et al. (2009) pro lokality a) T-31 b) T-7 a c) Tř-1.

Obrázek 42: Výsledky klasifikací Schulzeho (2003), Grütterera et al. (2004) a Aubrechta et al. (2009) pro lokality Linhorka a Žejdlík.

Obrázek 43: Lherzolitové profily granátů při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014)

Obrázek 44: Granáty se sinusoidálními profily REE při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014)

Obrázek 45: HFSE prvky normalizované na CI (Palme & O'Neill, 2014) pro uvedená zrna

Obrázek 46: Fialové a červené granáty při normalizaci na granát J-4 (Jagoutz & Spettel v Wolff-Boenisch, 1994)

Obrázek 47: Indikace pro silikátovou metasomatózu plášťových granátů podle Shchukiny et al, (2015)

Obrázek 48: Trellis graf zobrazující variabilitu Ti/Eu naproti normalizovaným hodnotám (Sm/Er) pro jednotlivé analýzy zrn granátů ze studovaných lokalit.

Obrázek 49: Trellis graf zobrazující variabilitu mezi Ti a Zr pro jednotlivé analýzy zrn granátů ze studovaných lokalit

Obrázek 50: Rozdělení granátů na základě znaků metasomatózy pro vzorky z lokalit Tř-1 a T-31 podle Griffina (1999)

Obrázek 51: Část Ramanových spekter 6ti granátů v oblasti $260 - 445 \text{ cm}^{-1}$

Obrázek 52: Inkluze pargasitu s vyznačenými pásy (oranžové tečky) a pásy granátu (červené tečky) porovnané se spektrem z databáze RRUFF.

Obrázek 53: Vibrace dolomitu (modře označené pásy) s přítomností spektrálních pásů amfibolu (zelené tečky) a granátu (červené tečky).

Obrázek 54: Spektrum ortoestatitu (tmavěmodré) srovnané se spektrem granátu (světlemodré) a enstatitu z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015). Ortoenstatit je ve spektru vyznačen tmavěmodrými tečkami a granát světlemodrými tečkami.

Obrázek 55: Spektrum apatitu porovnané se spektrem hostitelského granátu a apatitem z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015)

Obrázek 56: Spektrum zirkonu porovnané s databází RRUFF

Obrázek 57: Fotoluminiscence granátů z uvedených lokalit.

Obrázek 58: Interpretace fotoluminiscence zirkonu s podle Lenze & Nasdaly 2015. Ramanovo spektrum v oblasti $470 - 520 \text{ nm}$ je odděleno přerušovanou čarou.

Obrázek 59: Fotoluminiscence kyanitu pořízená při použití dvou různých excitačních vlnových délek.

Obrázek 60: Teploty vypočtené podle obsahu Y (Pyle & Spear, 2000) s tlaky podle Grütter et al. (2006) pro geotermu 38 mW/m^2 pro granáty z lokalit Tř-1 a T-31

Obrázek 61: Teploty odhadnuté podle termometru (Canila, 1999) a tlaky pro geotermu $38 \text{ mW/m}^2 = P^{55}$ podle Grütter et al. (2006) pro lherzolitové granáty z lokalit Tř-1 a T-31

Obrázek 62: Odhadnuté tlaky pro geotermu $45 \text{ mW/m}^2 = P^{45}$ (Grütter et al., 2006; Cookenboo & Grütter, 2010) a teploty (Griffin 1989) pro jednotlivá zrna z eklogitu 2-2_T-7 z vrtu T-7

Obrázek 63: Odhadnuté teploty (Ryan et al. 1996) a tlaky (Grütter et al. 2006) pro zrno 2-2_T-7_D z vrtu T-7 při geotermě 38 mW/m^2 .

Obrázek 64: Odhadnuté teploty podle Ryana et al. (1996) a tlaky podle Grütterera et al. (2006) pro granulitové granáty

Obrázek 65: Teploty odhadnuté podle Canila (1999) a tlaky počítané podle Grütterera et al. (2006) s použitím kalibrace (Cookenboo & Grütter, 2010). Zeleně jsou vyneseny tlaky pro geotermu $38 \text{ mW/m}^2 = P^{38}$, pro $45 \text{ mW/m}^2 = P^{45}$ jsou modře, oranžově pro geotermu $50 \text{ mW/m}^2 = P^{50}$ a žlutě jsou tlaky pro geotermu $55 \text{ mW/m}^2 = P^{55}$. Jednotlivé body znázorňují průměry teplot a tlaků pro jednotlivá zrna. Čtverečky značí 1. výbrus z pyroxenitu, trojúhelníky 2. výbrus z pyroxenitu a kolečka značí lherzolitové granáty z 3. výbrusu.

Obrázek 66: Geologická mapa s vyznačením lokalit je odvozena z mapy 1:50000 (<https://mapy.geology.cz/geocr50/>).

Obrázek 67: Legenda k geologické mapě oblasti

Obrázek 68: Pylofázové inkluze z lherzolitových granátů z hloubky 256 m z vrtu T-7. Amp – amfibol, Prg – pargasit, Phl – flogopit, Mgs – magnezit. Pro koexistující fáze, které se nepodařilo jednoznačně mineralogicky určit, jsou uvedeny chemické prvky v nich zjištěné.

Obrázek 69: a) inkluze apatitu (Ap) a kinoshitalitu v asociaci se směsí dále neurčených silikátů, b) inkluze magnezitu (Mgs), c) inkluze na puklině se zbytky spinelu (Spl), apatitu a částečně nahrazená serpentinem (Srp) a kalcitem (Cal).

Obrázek 70: Polyfázové inkluze pargasitu v asociaci se spinely, magnezitem a apatity z vrtu T-7. Prg- pargasit, Mgs – magnezit, Dol – dolomit, Ap - apatit, Phl – flogopit a Spl - spinel.

Obrázek 71: Polyfázové inkluze z lherzolitových granátů. Amp – amfibol, Mgs – magnezit, Ap – apatit, Phl – flogopit, Spl – spinel, Prg –pargasit, Pn – pentlandit. Pro koexistující fázi, kterou se nepodařilo jednoznačně mineralogicky určit, jsou uvedeny zjištěné chemické prvky.

Obrázek 72: Ukázka inkluzí sulfidů v asociaci s rutilem - Rt a flogopitem - Phl, Po - pyrotin, CCp - chalkopyrit, Pn – pentlandit, Qz – křemen.

Obrázek 73: Ukázky polyfázových inkluzí v asociaci s křmenem – Qz a jedna monofázová inkluze pyrotinu – Po. Ky – kyanit, Rt – rutil, Phl – flogopit.

Obrázek 74: Jehličkovité a sloupcovité polyfázové inkluze. Amp – amfibol, Mgs – magnezit, Spl – spinel, Ap – apatit, Dol – dolomit, Pl – plagioklas, Rt – rutil.

Obrázek 75: Ramanovo spektrum granátu z vrtu T-7 z harzburgitu

Obrázek 76: Ramanovo spektrum pyropového granátu z vrtu Tř-1

Obrázek 77: Ramanovo spektrum grosulár – almandinového granátu 3_Tr-1_4 z vrtu Tř-1 z eklogitu podle Aubrechta et al. (2009)

Obrázek 78: Ramanovo spektrum almandinového granátu z Tř-1

Obrázek 79: Ramanovo spektrum almandin-pyropového granátu z lokality Tř-1

Obrázek 80: Spektrum 6 granátů o různém zastoupení koncových členů skupiny granátu a z různých lokalit Českého středohoří

Obrázek 81: Spektrum rutilu 4_Tr-1_5 z hloubky 317 m vrtu Tř-1 v porovnání s hostitelským granátem a spektrem rutilu z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015)

Obrázek 82: Spektrum rutilu 3_Tr-1_2 z hloubky 330 m vrtu Tř-1 v porovnání se spektrem rutilu z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015)

Obrázek 83: Spektrum rutilu 2_Tr-1_4 z hloubky 427.5 m vrtu Tř-1 v porovnání s hostitelským granátem a spektrem rutilu z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015)

Obrázek 84: Inkluze křemene a kyanitu v porovnání se spektry kyanitu a křemene z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015)

Seznam Tabulek

Tabulka 1: Měřené izotopy v nízkém rozlišení, detekční limity pro granáty z lokalit Tř-1 a T-31

Tabulka 2: Měřené izotopy ve středním rozlišení, jejich detekční limity pro granáty z lokalit Tř-1 a T-31

Tabulka 3: Měřené izotopy v nízkém rozlišení, jejich detekční limity pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrást'any

Tabulka 4: Měřené izotopy ve středním rozlišení, jejich detekční limity pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrást'any

Tabulka 5: Shrnutí výsledků klasifikace granátů podle Grütterera et al. (2004) a Aubrechta et al. (2009).

Tabulka 6: Pozice pásů Ramanových spekter granátu a jejich interpretace podle údajů Hofmeistera & Chopelase (1991) a Kolesova & Geigera (1998).

Tabulka 7: Analýza symetrie pásů Ramanova spektra inkluze ortoenstatitu s porovnáním s literaturou

Tabulka 8: Seznam vzorků a informace o jejich sběru a značení, černě jsou označeny vzorky, které jsou předmětem této a předchozí (2018) práce, a šedivě vzorky, které budou předmětem dalších výzkumů.

Tabulka 9: Chemické složení hlavních prvků s výpočtem zastoupení koncových členů pro granáty z vrtů Tř-1, T-31 a T-7

Tabulka 10: Rozsahy hodnot hlavních prvků a zastoupení jednotlivých koncových členů pro granáty z vrtů Tř-1, T-31 a T-7

Tabulka 11: Průměrné chemické složení jednotlivých zrn granátů a odpovídající empirické vzorce

Tabulka 12: Obsahy stopových prvků v granátech z vrtů Tř-1 a T-31

Tabulka 13: Obsahy vedlejších a stopových prvků ve standardech použitých při měření pomocí LA-ICP-MS pro granáty z vrtů Tř-1 a T-31 v porovnání s referenčními hodnotami

Tabulka 14: Obsahy vedlejších a stopových prvků v granátech z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrást'any

Tabulka 15: Obsahy vedlejších a stopových prvků ve standardech použitých při měření pomocí LA-ICP-MS pro granáty z Linhorky, Žejdlíku, Malého Syslíku a Chrást'an v porovnání s referenčními hodnotami

Tabulka 16: Klasifikace granátů podle Schulzeho (2003), Grütterera et al. (2004) a Aubrechta et al. (2009)

Tabulka 17: Typy asociací inkluzí a četnost jejich výskytu na jednotlivých lokalitách.

Tabulka 18: Teploty a tlaky vypočtené pro lherzolitové granáty pomocí dat získaných pomocí LA-ICP-MS.

Použité zkratky

AV ČR – Akademie věd České republiky

BDL – pod detekčním limitem

BSE – zpětně odražené elektrony

DIM – indikátorové minerály pro diamantovou prospekci

SEM – Skenovací elektronová mikroanalýza

FEG-SEM – Skenovací elektronová mikrokopie s autoemisním zdrojem

EPMA – Elektronový mikroanalyzátor

GLÚ – Geologický ústav

LA-ICP-MS – Hmotnostní spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem a laserovou ablací

CMAS - Systém $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Ma – milion let

CI – uhlíkatý chondrit typu Ivuna

PM - primitivní plášť

REE – prvky vzácných zemin

HREE –těžké prvky vzácných zemin

LREE - lehké prvky vzácných zemin

MREE –středně těžké prvky vzácných zemin

HFSE – prvky Ba, Rb, Sr, Nb, Ti, Zr, Y

LILE – litofilní prvky s velkým iontovým poloměrem

CEVP – centrální evropská vulkanická provincie

GASP – Systém Al_2SiO_5 - plagioklas – křemen

Seznam příloh

Příloha I: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí Seznam vzorků, jejich značení a lokalizace

Příloha II: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Chemické složení – hlavní prvky.

Příloha III: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Chemické složení – stopové prvky

Příloha IV: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Zobrazení inkluzí ve zpětně odražených elektronech.

Příloha V: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Klasifikace granátů.

Příloha VI: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Ramanova spektra granátů a minerálních inkluzí.

Příloha VII: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Typy asociací inkluzí ze všech studovaných lokalit.

Příloha VIII: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Geotermobarometrie granátů.

.

1. Úvod

1.1 Krystalochemie granátů

Grewem *et al.* (2013) definovaná superskupina granátu zahrnuje minerály s obecným vzorcem $^{[8]}X_3^{[6]}Y_2^{[4]}(Z_3)\phi_{12}$ pro počet vzorcových jednotek v základní buňce $Z = 8$. Většina těchto fází krystalizuje v kubické krystalové soustavě, konkrétně v prostorové grupě $Ia\bar{3}d$. Pozice X , Y a Z obecného vzorce odpovídají krystalografickým polohám s Wyckoffovými symboly $24c$, $16a$ a $24d$, pozice ϕ jsou v obecné poloze $96h$. Struktura je složena z tetraedrů $Z\phi_4$ a oktaedrů $Y\phi_6$, které sdílí navzájem své vrcholy, čímž tvoří trojdimenzionální strukturu. Uzavřením dutin ve struktuře vznikají trojúhelníkové dodekaedry okolo poloh X . Každý aniont je koordinován jedním kationtem Z , jedním Y a dvěma kationty X , což má za následek velké procento sdílení hran dodekaedrů s hranami tetraedrů a oktaedrů. Hraný tetraedrů a oktaedrů nejsou vzájemně sdíleny. V celé superskupině je definováno 32 koncových členů, které zastupují několik tříd mineralogického systému. V této práci se budu zabývat pouze silikátovými granáty z této superskupiny. Těch je doposud definováno 14, mezi nejběžnější se vyskytující jich patří 6: pyrop, almandin, spessartin, uvarovit, andradit a grosulár.

1.2 Molekulová struktura granátu

Krystalová struktura granátu umožňuje celkem vznik 240 vibrací v primitivní buňce. Pozice X má bodovou symetrii 222 (D_2), symetrie pozice Y je $\bar{3}$ (C_3i) a poloha Z má symetrii $\bar{4}$ (S_4). Ireducibilní reprezentace v bodě Γ odpovídá:

$$\Gamma = 3A_{1g} + 5A_{2g} + 8E_g + 14F_{1g} + 14F_{2g} + 5A_{1u} + 5A_{2u} + 10E_u + 17F_{1u} + 16F_{2u}$$

V Ramanových spektrech je celkově povoleno 25 módů ($3A_{1g} + 8E_g + 14T_{2g}$) odpovídajících vibracím zahrnujícím pozici X a interním a externím vibracím skupiny $Z\phi_4$ (pozice Y neposkytuje žádné vibrace pozorovatelné v Ramanových spektrech) (Hofmeister & Chopelas, 1991; Kolesov & Geiger, 1998).

1.3 Substituční trendy mezi granáty

Grew *et al.*, (2013) také popsali možné chemické substituční trendy v polohách X , Y a Z granátové struktury. Do polohy $^{[8]}X$ vstupují dvojmocné prvky ($Fe \sim Mn \sim Ca \gg Mg$) přednostně před trojmocnými ($Y > HREE > LREE$), ty mají přednost před případnou substitucí Na^+ resp. Th^{4+} . Do polohy $^{[6]}Y$ vstupují přednostně trojmocné prvky ($Al \sim Fe > V, Cr, Mn > Sc \gg Ga$) následovány

čtyřmocnými (Ti > Zr > Si, Sn), dvojmocnými (Mg > Fe, Mn), pětimocnými (Sb, Nb) a nakonec šestimocnými prvky (Te, U). Do polohy ^[4]Z vstupují především čtyřmocné prvky (Si >> Ti > Ge), následované trojmocnými (Fe ~ Al), pětimocnými (As > V > P), dvojmocnými (Zn, Fe) a konečně Li¹⁺. Na pozici ϕ vstupují přednostně anionty dvojmocné (O) před jednomocnými (OH > F).

Substituce prvků ve struktuře granátů probíhají běžně ve všech strukturních polohách, přičemž jsou často heterovalentní povahy a obvykle zahrnují více než dva prvky. Substitucemi v granátech se zabývali např. také Bosenick *et al.* (2000), kteří zjistili, že substituce kationtů Ca a Mg mezi grosulárovým a pyropovým koncovým členem v dodekaedrech způsobují silné lokální deformace s dopadem na všechny polyedry v základní buňce.

1.4 Granáty jako indikátor provenience a geologických procesů

Granáty jsou známy jako jeden z horninotvorných minerálů používaných k určení provenience hornin. Při magmatických procesech mohou být indikátorem tlaku a teploty krystalizace, stejně tak jsou důležitým indikačním minerálem při metamorfních procesech, kde mohou pomáhat určit stupeň a případně i průběh metamorfních procesů. K těmto účelům se používají jednotlivé jednofázové a vícefázové geotermometry a geobarometry. Například pro určení teplotně tlakových metamorfních podmínek vzniku vysoce metamorfovaných hornin se používá geotermometr založený na výměnných reakcích v systému granát - Al₂SiO₅ - plagioklas - křemen (GASP) (Ghent, 1976) granát - plagioklas - ortopyroxen – křemen (Perkins & Chipera, 1985). Dalším významně užívaným geotermometrem pro středně teplotně až vysoce teplotně metamorfované horniny je Ferrym & Spearem (1978) kalibrovaný termometr, založený na výměnných reakcích Fe a Mg mezi granátem a biotitem. Pyle & Spear (2000) popsali termometr založený na obsahu yttria v granátu v metapelitech. Použití tohoto termometru předpokládá rovnovážný stav mezi granátem a xenotimem. Termometr pracuje nejlépe na hranici staurolitové a granátové zóny za nízkých teplot (Pyle & Spear, 2000).

Významný je také barometr založený na obsahu chromu a vápníku v granátech, jeho hlavní aplikace je vázána na chromité granáty z kimberlitů, je ale použitelný také pro vzorky z harzburgitů a lherzolitů z konsolidovaných oblastí z podmínek blízkých fázovému přechodu grafit – diamant (Grütter *et al.*, 2006). Granáty se používají rovněž jako jeden z indikativních minerálů při vyhledávání ložisek diamantů (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2006, Cookenboo & Grütter, 2010). Bylo zjištěno, že Ca a Cr bohaté granáty, mají podobné složení jako inkluze v diamantech, zatímco granáty vznikající za nižších tlaků nikoliv. Cookenboo & Grütter (2010) ukázali na užitečnost klasifikačních schémat při stanovení diamantonosnosti minerálních koncentrátů z rozsyků.

1.5 Geologický vývoj oblasti

Vzorky granátů studované v této práci popsané v Tabulce 1 pochází z vulkanické oblasti Českého středohoří. Ta vznikla v prvních fázích vzniku riftové struktury oherského riftu, jež je součástí oblasti tzv. středoevropské vulkanické provincie (Central European Volcanics Province, CEVP, viz Ulrych *et al.*, 2011).

Oherský rift je nejvýchodnější větví CEVP a jeho aktivita se datuje od svrchní křídý až do pleistocénu. V Českém středohoří byly Ulrychem *et al.* (2011) definovány 3 hlavní periody vulkanické aktivity svázané s touto tektonickou strukturou: předriftová fáze 79 - 49 Ma, riftová fáze 42 - 16 Ma a pozdně riftová fáze 16 - 0.26 Ma.

Předriftová fáze je podle Ulrycha *et al.* (2011) charakteristická melilititovo-nefelinitovou sérií, zahrnující melilititové melafyry, olivinické melilitity a olivinické nefelinity. Tyto horniny jsou soustředěny v severovýchodní části podél zlomů oherského riftu mezi Českým středohořím a Lužicí a také podél lužického zlomu. Vznik těchto hornin souvisí s počáteční fází riftingu.

Druhá fáze souvisí s rozpínáním kůry v oblasti oherského riftu a labsko-oderského zlomového pásma v časovém rozmezí 42 – 16 Ma. Během této fáze probíhala hlavní vulkanická a tektonická aktivita, pro kterou je charakteristický vznik hornin slabě alkalické série od bazanitů přes trachybazalt a alkalické olivínem bohaté bazalty až trachyty. Vulkanity byly reprezentovány i horninami ze silně alkalické série, jako jsou nefelinit, tefrit až fonolit. Ve středním až svrchním eocénu začala subsidence riftových pánví v celém oherském riftu. Produkty vzniku jsou intruzivní, žilná a vulkanická tělesa doprovázená značnými akumulacemi vulkanoklastik.

V pozdní riftové fázi Ulrych *et al.* (2011) definují tři vulkanické epizody. První z nich (16 – 6 Ma), byla význačná vznikem asociace foiditických hornin a její produkty nacházíme v oherském riftu i labsko-oderském pásmu. V tomto období byly řídicími silami dvě kompresní fáze. Druhá vulkanická epizoda pozdně riftové fáze probíhala od svrchního miocénu do spodního pleistocénu (6 – 0.9 Ma) a byla soustředěna na lužický zlom v období ~5 Ma. Napětové pole SZ - JV směru, v kterém byl Český masív v období 4.58 – 0.8 Ma, bylo příčinou výzdvihu severního ramene oherského riftu. Tento režim byl následován extenzí SV – JZ směru na hranici spodního a svrchního pleistocénu (Ulrych *et al.*, 2011). Ve svrchním pleistocénu (0.9 – 0.26 Ma) probíhala třetí epizoda této periody, nejvýznamnější je vznik olivinických melilitů až olivinických nefelinitů v západní části oherského riftu (Ulrych *et al.*, 2011).

1.6 Inkluze

Obecně mohou inkluze v minerálech poskytovat zásadní informace o podmínkách, za nichž vznikaly nebo jimž byly vystaveny jejich hostitelské minerály. To je přirozeně pravdou i pro granáty. Inkluze v nich mohou být monofázové, polyfázové, mohou dosahovat různých velikostí a být přítomny v různém množství. Inkluze v granátech jsou přitom poměrně běžným fenoménem, vyskytujícím se na mnoha našich i zahraničních lokalitách v chemicky i mineralogicky odlišných litologiích.

Jednou z takových lokalit je Garnet Ridge ve vulkanické oblasti Navajo, Colorado Plateau (USA). Tam byly (Wang *et al.*, 1999) s chromem bohatých (0.3 – 5.7 hm. % Cr₂O₃) lherzolitových granátů 5-10 mm velikých, popsány monominerální inkluze olivínu, enstatitu, diopsidu nebo spinelu elipsoidního nebo zaobleného tvaru, které dosahují velikostí až 150 µm. Tyto inkluze jsou obvykle obklopeny radiálními prasklinami. Dále byly popsány jehličkovité inkluze rutilu, ilmenitu, minerálu ze série crichtonitu (*odpovídající* srilankitu a carmichaelitu). Tyto inkluze dosahovaly velikosti od 1 do 20 µm. Inkluze okolo 1 µm jsou monofázové, větší jehličky okolo 10 µm jsou často polyfázové, sestávající se až ze 4 fází. V asociaci s nimi byl popsán olivín, magnezit a dolomit. Jiné polyfázové inkluze dosahovaly velikosti až stovek µm a obsahovaly asociaci karbonátů a hydratovaných minerálů jako jsou amfiboly, flogopit a kinoshitalit. V asociaci s těmito minerály byly nalezeny také chlorapatit, spinel, sulfidy a v některých případech i rutil. Inkluze jsou nejčastěji zaobleného tvaru. Stejně minerály byly nalezeny na hranicích mezi inkluzemi olivínu, diopsidu nebo enstatitu a hostitelským pyropem.

Inkluze byly popsány také Vránou (2008) z granátů bohatých pyropovou složkou vyskytujících se v ultrabazických horninách z Bečvár u Kolína. Granáty dosahují velikosti obvykle 2-3 mm. Monominerální inkluze tvoří hořečnatý ilmenit, dosahující velikostí až 60 µm, někdy s lemem pyrofanitu. Ilmenit byl popsán i v polyfázových inkluzích v asociaci s olivínem, flogopitem, spinelem a apatitem. Mezi monominerálními inkluzemi byl popsán i forsteritický olivín dosahující 50 – 100 µm. Olivín podléhá alteraci při tektonickém narušení hostitelského zrna, a to zcela nebo částečně na minerály složením odpovídající antigoritu-chryzotilu a Mg chloritu. Byl nalezen v asociaci s flogopitem, rutil, Ni-sulfidy a magnezitem. Také byl popsán rutil, který tvoří monominerální inkluze jehličkovitého tvaru, systematicky orientované podle významných krystalografických směrů hostitelského granátu. Rutil byl popsán také jako součást polyfázových inkluzí čočkovitého tvaru o velikosti 15 až 30 µm. Spinel byl nalezen spíše vzácně, typicky o velikosti menší než 20 µm. Složením odpovídá z cca 2/3 spinelu a z 1/3 chromitu. Byl nalezen také krystal enstatitu 200 µm dlouhý v asociaci s pargasitem, dlouhým 40 µm, flogopitem a minerálem ze série crichtonitu. Flogopit se hojně vyskytuje v polyfázových inkluzích a tvořící tabulky 25 – 120 µm dlouhé se složením blízkým hořečnatému koncovému členu. V asociaci s flogopitem, Ni

sulfidy, rutilem a olivínem byl nalezen také magnezit o velikosti 10 – 50 μm , tvořící společně polyfázové inkluze. Jen jedno zrno odpovídá podle chemické analýzy fázi ze série crichtonitu.

Kotkovou *et al.* (2011) byly v granátech z granulitů Českého středohoří pocházejících z vrtů T-7 a T-38 situovaných poblíž obce Staré a z vrtu T-21 u Měrunic objeveny inkluze grafitu společně s apatitem, rutilem, křemenem a minerály ze skupiny karbonátů. Ze stejných lokalit byly Kotkovou *et al.* (2011) v granátech i v kyanitech identifikovány také inkluze mikrodiamantů a coesitu s lemem křemene. Čopjaková s Kotkovou (2018) v horninách složením odpovídajícím peridotitu z vrtných jade vrtu T-7 objevily v granátech inkluze barnatých slíd, v asociaci s amfiboly, magnezitem, apatitem, grafitem, pentlanditem a spinelem. Slídy byly jako Ba bohatý flogopit až kinoshitalit.

Harris & Rast (1960) uvádějí z granátů ve svoru z Central Highlands ve Skotsku hojně orientované inkluze křemene. Velikost těchto inkluzí dosahuje $0.05 \times 0.01 \text{ mm}$ až $0.1 \times 0.15 \text{ mm}$.

Jedličkou & Faryadem (2017) jsou zmiňovány inkluze v granátech ve felzickém a mafickém granulitu z orlicko-sněžnické klenby tvořících cca 1 mm velké porfyroblasty. Ve felzickém granulitu byly nalezeny inkluze monofázové inkluze křemene, plagioklasu, apatitu, rutilu, fengitu a kyanitu. Mezi nejčastěji se vyskytující polyfázové inkluze patří asociace křemen a plagioklas, někdy je v asociaci ještě přítomen draselný živec. Fengit byl vždy nalezen v jádru zrna a jeho okraje na styku s granátem byly přeměněny na biotit. V mafickém granulitu byly v granátech o velikosti $\sim 0.8 \text{ mm}$ nalezeny inkluze fengitu, kyanitu, omfacitu, křemene a rutilu. U těchto granátů byly vzácně pozorovány reakční lemy složené z biotitu, chloritu a amfibolu, tyto lemy jsou připisovány pozdní fázi retrogrese (Jedlička & Faryad, 2017).

Z okolí Saidenbachské přehrady na Německé straně Krušných hor byly Schönigem *et al.* (2019) v granátech ze sedimentů z přítoků přehrady identifikovány inkluze sféroidních až sférických zrn coesitu o velikosti 1.5 – 20 μm . Většina coesitových inkluzí o velikosti $\leq 13.0 \mu\text{m}$ je monominerální, bez okolního křehkého porušení granátů. Inkluze diamantů větší než 13 μm obsahují také křemen a jsou spjaty s viditelným porušením granátů. Tyto inkluze koexistovaly s inkluzemi rutilu, apatitu, někdy také monazitu, zirkonu, křemene, omfacitu, kyanitu, karbonátů, grafitu, slíd a plagioklasu. V polyfázových inkluzích bez coesitu byla popsána asociace fylosilikátů, rutilu, grafitu, křemene, plagioklasu a apatitu někdy s monazitem.

1.7 Cíle práce

Předložená práce se zaměřuje na identifikaci krystalických inkluzí v zrnech pyrop-almandinových granátů z širší oblasti Českého středohoří. Pro identifikaci byla použita Ramanova mikrospektrometrie, skenovací elektronová mikroskopie, elektronová mikroanalýza a hmotnostní spektrometrie. S ohledem na omezenou velikost analyzovaných objektů je dílčím cílem stanovení

limitů použitelnosti těchto metod a zhodnocení kvality získaných dat. Aby bylo možné data o inkluzích zasadit do širšího geologického kontextu, bude také stanoven chemismus hostitelských granátů. Závěrečná syntéza informací o charakteru inkluzí a chemismu hostitelských granátů si klade za cíl nastínit obecnější pravidla výskytu inkluzí ve vybraných granátech. Kde to získaná data umožní, bude dalším dílčím cílem pokusit se stanovit nebo alespoň v širším rámci načrtnout podmínky vzniku granátů na základě fázových asociací inkluzí. U některých granátů ze sedimentů bude otestována možnost vymezit provenienci granátů porovnáním asociací inkluzí s granáty ze známých zdrojů.

Názvy studovaných vzorků byly zvoleny podle názvů lokalit, kromě vzorků z Linhorky, ty jsou značeny písmeny Grt, informace o době vzorků jsou shrnuty v Tabulce 8 v Příloze I.

2.2.1 Vrt Tř-1

Vrt Tř-1 byl proveden na východním okraji obce Třtěno (GPS: 50.42028 s. š., 13.87778 v. d.), je hluboký 698 m a zastihl kvartér, svrchní křidu permokarbon a krystalinické podloží.

Sedimenty svrchní křidy jsou reprezentovány hlavně písčitými slínovci, mořskými bělavými až šedými jemnozrnnými muskovitickými pískovci s vtroušeným glaukonitem i sladkovodními, převážně písčitými jílovci (Macák, 1962 v Prouza *et al.*, 1962).

Na bázi křidy je poloha muskovitického pískovce s granáty. Permokarbon byl fosilně denudován a je reprezentován spodním červeným a spodním šedým souvrstvím. První ze souvrství je typické střídajícími se polohami červenohnědých prachovců a bělavých středně až hrubozrnných pískovců (Skoček, 1962, v Prouza *et al.*, 1962) Od hloubky 258 m byl zaznamenán výskyt granátu ve střednězrnných až hrubozrnných pískovcích, ze kterých byl ve spodní části tohoto souvrství odebrán vzorek (**Tr-1_3**) z hloubky 317 m. Podle Fialy (1962; v Prouza *et al.*, 1962) se jedná převážně o pyrop pocházející z rozvětralých ultrabazických hornin, velikost zrn se pohybuje nejčastěji mezi 1 – 4 mm. Vyskytují se zde také almandinové granáty světle růžového, žlutooranžového a vzácně nafialovělého odstínu o velikosti do 1 mm, které by mohly pocházet z granátických rul, granulitů nebo svorů (Fiala, 1962; v Prouza *et al.*, 1962). Ve spodním šedém souvrství jsou nositeli granátů arkózové pískovce, které jsou minoritní, zatímco jemnozrnné pískovce v souvrství převládají. Z arkózových pískovců byly odebrány další vzorky z hloubek 330 m (**Tr-1_4**) a 427.5 m (**Tr-1_1** z frakce 0.4 – 0.75 mm a **Tr-1_2** z frakce 0.4 – 1.05 mm). V hloubce 427.5 m byly nalezeny společně s granáty valounky granulitů, rul a křemenného porfyru, který tvoří podloží granátonosných sedimentů (Skoček, 1962 v Prouza *et al.*, 1962). Pod karbonskými litologiemi byly zastíženy granátické muskoviticko – biotitické svorové ruly (datovány K-Ar metodou jako 423 Ma staré) (Sattran, 1962 v Prouza *et al.*, 1962).

Vzorky byly odebrány z granátových koncentrátů.

2.2.2 Vrt T-31

Vrt T-31 je hluboký 245.2 m a nachází se poblíž Měrunic, v sedle mezi Granátovým vrchem a vrchem Vraník (GPS: 50.47194 s. š., 13.80750 v. d.). Zasáhl křídové sedimenty, mezi nimiž převažují pískovce a slínovce. Okolo hloubky 196 m byl zaznamenán výskyt tenké ložní žíly komínové brekcie s částmi krystalinika. Vzorky byly odebrány z báze křidy, kde se v poloze fosiliferálních jílovců v hloubce 205,5 m nachází poloha bohatá na pyrop. Z této polohy byl získán vzorek těžkých minerálů, ze kterých byl separací získán vzorek (5_T-31). Křída zde nasedá na

zvětralý a kaolinitizovaný granulit, který do hloubky přechází do nezvětralé horniny. Granulit podle dřívějších výzkumů (Fiala, 1962 v Prouza *et al.*, 1962; Kopecký *et al.*, 1965) obsahuje almandin až do velikosti 3 mm.

2.2.3 Vrt T-7

Vrt T-7 se nachází poblíž obce Staré (GPS:50.48194 s. š., 13.89361 v. d.) a je hluboký 499,5 m. Prochází křídovým platformním pokryvem, tělesem granulitu, ve kterém je uzavřen páskovaný ultramafický xenolit.

Podle studie části jader vrtu T-7 z hloubek 256 m, 276 m, 282 m, 299 m, 313 m, 322 m, 332 m a 421 m (Medaris *et al.*, 2015) bylo zjištěno, že se jedná převážně o lherzolit s pásy harzburgitu 256 m, 276 m a 322 m a pyroxenitu 256 m. Všechny vzorky hornin byly intenzivně serpentinizovány, což reflektuje obsah H₂O v rozsahu 8 -11 hm. %. Granát tvoří v lherzolitu poměrně významnou složku, 13 – 18 obj. %, zatímco v harzburgitu je ho jen 4 – 7 obj. %. Velikost granátů je v obou horninách podobná (≤ 5 mm) a jejich distribuce je v jemnozrnné (≤ 1 mm) matrix nerovnoměrná. Granáty z pyroxenitu mají nízký obsah chromu, okolo 0.1 % Cr₂O₃, oproti granátům z lherzolitu (1.6 – 2.7 % Cr₂O₃) a harzburgitu (5.7 – 6.7 % Cr₂O₃), které jsou chromem bohatší. Granáty byly klasifikovány podle chemického složení: Py_{71.8–73.3}Alm_{15.8–16.2}Sps_{0.6–0.7}Grs_{10.3–11.3} v lherzolitech, Prp_{67.8–70.0}Alm_{14.4}Sps_{0.6–0.7} Grs_{14.8–15.0} v harzburgitech a v pyroxenitu z 256 m Prp_{57.9}Alm_{22.7}Sps_{0.7}Grs_{18.7} (Medaris *et al.*, 2015).

Z výše uvedených částí metráží, s výjimkou 276 m a 332 m, byly připraveny leštěné výbrusy, které byly později doplněny o leštěné výbrusy z vzorků vlastního odběru z metráží vrtu: 404.3 m z eklogitu, 412.5 m z granulitu. Kromě toho byla separována zrna granátů z horniny metráže 310 – 311 m, z nichž byly připraveny leštěné nábrusy.

3. Metodika studia

3.1 Výběr zrn a optická charakterizace vzorků

Zrna granátů byla vybrána z koncentráту granátů (Chrást'any, Linhorka, Malý Syslík) a koncentrátů těžkých minerálů (Tř-1 a T-31), s výjimkou T-7 pod binokulární lupou Bresser Advance ICD s proměnlivým zvětšením 10× až 160× tak, aby reprezentovala různě zbarvené jedince a obsahovala případně i v binokulárním mikroskopu pozorovatelné inkluze. Identita zrn byla ověřena změřením spekter Ramanovým mikrospektrometrem. Dále byla zrna zdokumentována pomocí binokulární lupy Olympus SZX16 vybavené digitálním fotoaparátem Canon EOS 1200. Následně byly zhotoveny nábrusy, do kterých byla zrna zasazena. Následně byl použit stejný mikroskop také k makroskopické dokumentaci výbrusů z vrtného jádra T-7 a nábrusů z Tř-1 a T-31. Mikroskopicky byly výbrusy charakterizovány optickým polarizačním mikroskopem OLYMPUS BX51 s digitální kamerou DP 70, a to v odraženém i průchozím světle.

3.2 Skenovací elektronová mikroskopie

Skenovací elektronový mikroskop (SEM) Tescan Vega 3XMU byl použit pro obrazovou dokumentaci zrn granátů a inkluzí v nich v leštěných nábrusech i výbrusech detektorem zpětně odražených elektronů (BSE). Urychlovací napětí bylo 15 kV nebo 20 kV a proud a pracovní vzdálenost byly při získávání BSE obrazů optimalizovány podle aktuální potřeby (např. podle celkové velikosti zrn nebo kvality povrchu).

Ke kvalitativnímu studiu chemického složení zrn granátů a zjištění stupně jejich homogenity, základní chemickou charakterizaci inkluzí zachycených během předchozího screeningu byl použit energiově disperzní rentgenový spektrometr (EDS) Bruker Quantax 200 (s SDD X'Flash 5010 detektorem o ploše 10 mm²) instalovaný na SEM uvedeném výše. Urychlovací napětí bylo 15 kV, proud svazku byl optimalizován pro získání optimálního rozlišení při zachování nízké mrtvé doby EDS detektoru, pracovní vzdálenost byla 15 mm. Spektra byla snímána po dobu 90 sekund.

3.3 Kvantitativní chemická analýza elektronovým mikroanalyzátořem

Koncentrace hlavních prvků byly stanovovány v zrnech granátů z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík, Chrást'any, Tř-1 a T-31 v leštěných nábrusech i výbrusech pomocí elektronového mikroanalyzátořu Cameca SX-100, za budícího napětí 15 kV s proudem na vzorku 10 nA. Průměr svazku byl 2 μm. Na spektrálních čarách Kα byly stanovovány následující prvky [standards (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 347 ppm), Ti (rutil, LPET, 213 ppm), Al (jadeit, TAP, 334 ppm), Cr (Cr₂O₃, LIF,

943 ppm) Fe (hematit, LIF, 1258 ppm), Mn (rodonit, LIF, 1007 ppm), Mg (periklas, LTAP, 282 ppm), Ca (diopsid, LPET, 54 ppm), Na (jadeit, LTAP, 55 ppm). Načítací časy byly pro Si, Al, Mg a Ca 20 s, pro Ti, Cr, Fe, Mn činily 30 s. Čas načítání pozadí činil polovinu načítacího času píků; pozadí bylo načítáno na obou stranách píku. Pro výpočet obsahu prvků bylo použito korekce $X-\rho$ podle Merleta (1994). K přepočtu chemických analýz na empirické vzorce a určení zastoupení koncových členů byla použita aplikace GTCalc (Locock, 2008).

U jednotlivých minerálů v inkluzích v granátech z výše uvedených lokalit byly koncentrace hlavních prvků stanoveny stejným přístrojem. Budící napětí bylo u všech silikátových minerálů, rutilu, a apatitu 15 kV a proud na vzorku 10 nA. Svazek byl u všech analýz inkluzí fokusován. Pro silikátové minerály byly na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány následující prvky [standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, LTAP, 329 ppm), Ti (rutil, LPET, 189 ppm), Al (jadeit, TAP, 283 ppm), Cr (Cr_2O_3 , LIF, 873 ppm) Fe (hematit, LIF, 1305 ppm), Mn (rodonit, LIF, 924 ppm), Mg (periklas, LTAP, 356 ppm), V (V_2O_5 , LIF, 749 ppm), Ca (diopsid, LPET, 262 ppm), Na (jadeit, LTAP, 188 ppm), K (sanidin, LPET, 260 ppm), Cl (tugtupit, LPET, 313 ppm), F (fluorit, PC0, 1164 ppm). Pro stanovení Ni (Ni, LTAP, 1624 ppm), Zn (willemit, LTAP, 971 ppm), Sr (celestin, LPET, 604 ppm) a Ba (baryt, LPET, 563 ppm) byla použita čára $L\alpha$. U silikátových fází byly načítací časy pro prvky Si, Al, Mg, Ca, Na, K, Cl 10 s, pro Fe 20s a pro Ti, Cr, Mn, V, F, Ni, Zn, Sr, Ba 30 s. K přepočtu chemických analýz amfibolů na empirické vzorce a určení zastoupení koncových členů byla použita aplikace WinAmptb (Yavuz & Döner, 2017).

Pro rutil fáze byly na spektrálních čarách $K\alpha$ (s výjimkou Sn a Ta) stanovovány následující prvky [standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (křemen, TAP, 377 ppm), Mg (periklas, TAP, 233 ppm), Mn (rodonit, LLIF, 318 ppm), Fe (hematit, LLIF, 364 ppm), Ti (rutil, PET, 649 ppm), pro prvky Zr (zirkonium, LPET, 258 ppm), Nb, LPET, 333 ppm), Sn (čára $L\alpha$, kasiterit, LPET, 272 ppm) a Ta (čára $M\alpha$, Ta, TAP, 413 ppm). Pro zirkony byly na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány následující prvky [standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (křemen, TAP, 377 ppm), Ti (rutil, PET, 204 ppm), Al (jadeit, TAP, 203 ppm), Fe (hematit, LLIF, 508 ppm), Mn rodonit, LLIF, 574 ppm), Ca (diopsid, PET, 191 ppm), P (apatit, LPET, 172 ppm), prvky: Yb (REE_2 , LLIF, 1112 ppm), Ce (monazit, LPET, 558 ppm), La (monazit, LPET, 443 ppm), Zr (zirkonium, LPET, 1176 ppm) na čáře $L\alpha$ a prvky: U (UO_2 , LPET, 967 ppm), Th (Th REE sklo, LPET, 760 ppm), Hf (zirkonium, TAP, 600 ppm) na čáře $M\alpha$. U zirkonů byly načítací časy pro prvky Fe, Mn, P, Ce, La 60 s, pro Si a Al 30s, pro Zr 20 s. Delší čas načítání byl zvolen pro Ca, U, Th a Hf, a to 120 s. Signál pro Ti byl načítán po dobu 240 s.

Pro apatity byly stanovovány na spektrálních čarách $K\alpha$ následující prvky [standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 209 ppm), Al (jadeit, TAP, 196 ppm), Fe (hematit, LLIF, 703 ppm), Mn (rodonit, LLIF, 597 ppm), Mg (periklas, TAP, 305 ppm), Ca (diopsid, LPET, 362 ppm), Na (jadeit, TAP, 459 ppm), Cl (tugtupit, LPET, 235 ppm), F (fluorit, PC0, 1258 ppm), P (apatit, LPET, 663 ppm), S (baryt, LPET, 146 ppm), pro prvky: Sr (celestin, LPET, 247 ppm), Ce (monazit, LLIF, 640 ppm), La (monazit, LLIF, 627 ppm) byla použita čára $L\alpha$. Načítací časy u apatitů byly pro prvky Si, Al, Fe, Mn, Mg, Na a S 30 s, pro Cl, F, P 20s, a pro Sr, La, Ce 120 s.

U monazitových inkluzí bylo budící napětí 15 kV a proud svazku 20 nA. Na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány následující prvky: Si (diopsid, TAP, 222 ppm), Ca (diopsid, PET, 212 ppm), Fe (hematit, LLIF, 918 ppm), Al (jadeit, TAP, 200 ppm), pro prvky Y (Y Al granát, TAP, 413 ppm), Sm (REE2, LLIF, 1901 ppm), Gd (REE1, LLIF), Tb (REE1, LLIF), Dy (REE4, LLIF, 1341 ppm), Er (REE4, LLIF), Yb (REE2, LLIF, 1281 ppm), Sr (celestin, LPET, 579 ppm), La (monazit, LPET, 696 ppm), Ce (monazit, LPET, 872 ppm), Nd (REE2, LLIF, 1597 ppm) byla použita čára $L\alpha$ a pro Pr (REE3, LLIF, 1483 ppm) byla použita čára $L\beta$, Th (ThO₂, LPET, 1025 ppm), U (UO₂, LPET, 496 ppm), Pb (krokoit, LPET) byly stanoveny na čáře $M\alpha$. Načítací časy byly pro prvky Si, Fe, Al, Sm Th a Nd 30 s, pro Cl, F a P 20 s a pro Ca na krystalu PET, Gd, Tb, Dy, a Er na krystalu LLIF a Pb na krystalu LPET 60 s. Delší čas načítání byl zvolen pro Y na TAP krystalu, Yb a Pr na LLIF krystalu po dobu 120 s. Uran byl stanovován na krystalu LPET po dobu 240 s.

U sulfidických fází inkluzí bylo budící napětí 20 kV a proud svazku 4 nA. U těchto inkluzí byly stanovovány prvky [standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: S (FeS₂, LPET, 676 ppm), Fe (markazit, LLIF, 1342 ppm), Co (Co, LLIF, 781 ppm), Ni (Ni, LLIF, 701 ppm), Cu (Cu, LLIF, 899 ppm) na spektrální čáře $K\alpha$. Načítací časy prvků činily pro Co, Ni, a Cu 10 s a pro S a Fe 30 s.

Pro zjištění koncentrací hlavních prvků v zrnech granátů v leštěných výbrusech z lokality T-7 byl použit elektronový mikroanalyzátor JEOL JXA-8230 s pěti vlnově disperzními spektrometry (WDS), energiově disperzním rtg-spektrometrem (EDS) a panchromatickým katodoluminiscenčním detektorem. Analýzy probíhaly za budícího napětí 15 kV s proudem na vzorku 10 nA. Průměr svazku byl 2 μ m. Na spektrálních čarách $K\alpha$ byly stanovovány následující prvky [standardy (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 163 ppm), Ti (rutil, PETL, 117 ppm), Al (korund, TAPL, 65 ppm), Cr (Cr₂O₃, LIFH, 194 ppm) Fe (hematit, LIF, 649 ppm), Mn (rodonit, LIFH, 193 ppm), Mg (periklas, TAP, 130 ppm), Ca (diopsid, PETJ, 168 ppm), Na (jadeit, TAPL, 63 ppm). Načítací časy byly pro Si, Al, Mg a Ca 10 s, pro Ti, Cr, Fe, Mn, Na činily 20 s. Čas načítání pozadí činil polovinu načítacího času píků; pozadí bylo načítáno na obou stranách píku. Pro výpočet obsahu

prvků bylo použito korekce $X-\phi$. K přepočtu chemických analýz na empirické vzorce a určení zastoupení koncových členů byla použita aplikace GTCalc (Locock, 2008).

Pro získání koncentrací hlavních prvků inkluzí ze zrn z lokality T-7 byl použit stejný přístroj jako pro stanovení jejich hostitelských zrn. Budící napětí bylo u všech silikátových minerálů a apatitu 15 kV a proud na vzorku 10 nA. Svazek byl u všech analýz fokusován.

Pro silikátové fáze ze skupiny amfibolů, pyroxenů a slíd byly na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány následující prvky [standards (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 137 ppm), Ti (rutil, PETL, 118 ppm), Al (korund, TAPL, 63 ppm), Cr (Cr_2O_3 , LIFH, 160 ppm), Fe (hematit, LIF, 657 ppm), Mn (rodonit, LIFH, 104 ppm), Mg (periklas, TAP, 137 ppm), Ca (diopsid, PETJ, 172 ppm), Sr (celestin, PETL, 136 ppm), Na (jadeit, TAPL, 66 ppm), K (sanidin, PETJ, 150 ppm), Cl (tugtupit, PETH, 47 ppm), F (fluorit, LDE1L, 193 ppm). Pro stanovení Ba (baryt, PETJ, 284 ppm) byla použita čára $L\alpha$. Načítací časy pro prvky Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, a Cl byly 20 s, pro Cr 30 s a pro Mn, Sr a Ba 60 s. K přepočtu chemických analýz amfibolů na empirické vzorce a určení zastoupení koncových členů byla použita aplikace WinAmptb (Yavuz & Döner, 2017).

Pro olivín a jeho rozpadové produkty byly na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány prvky [standards (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 128 ppm), Ti (rutil, PETL, 65 ppm), Al (korund, TAPL, 30 ppm), Fe (hematit, LIF, 510 ppm), Ni (Ni, LIFH, 121 ppm), Mn (rodonit, LIFH, 99 ppm), Mg (periklas, TAP, 117 ppm), Ca (diopsid, PETL, 40 ppm). Pro prvky Si a Mg byly zvoleny načítací časy 20 s, pro Fe 30 s a pro Ti, Al, Ni, Cr, Mn, Ca 60 s.

Pro minerály ze skupiny spinelu byly na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány prvky [standards (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 74 ppm), Ti (rutil, PETL, 73 ppm), Al (korund, TAPL, 72 ppm), Cr (Cr_2O_3 , LIF, 393 ppm), V (V_2O_5 , LIFH, 122 ppm), Fe (hematit, LIF, 575 ppm), Ni (Ni, LIFH, 138 ppm), Zn (willemit, LTAP, 1116 ppm), Mn (rodonit, LIF, 117 ppm), Mg (periklas, TAP, 96 ppm), Ca (diopsid, PETL, 45 ppm). U těchto fází byly načítací časy pro Al 20 s, pro prvky Si, Fe, Mg 30 s a pro Ti, Cr, V, Ni, Zn, Mn, a Ca 60 s.

Pro inkluze o složení odpovídající apatitu byly na spektrálních čarách $K\alpha$ stanovovány prvky [standards (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 127 ppm), Al (korund, TAPL, 49 ppm), Fe (hematit, LIF, 395 ppm), Mn (rodonit, LIF, 418 ppm), Mg (periklas, TAP, 88 ppm), Ca (apatit, PETJ, 196 ppm), Sr (celestin, PETL, 140 ppm), Na (jadeit, TAPL, 56 ppm), Cl (tugtupit, PETH, 54 ppm), F (fluorit, LDE1L, 191 ppm), P (apatit, PETJ, 304 ppm), S (baryt, PETL, 119 ppm), pro prvky: Ce (REE3, LIFH, 259 ppm),

La (REE3, LIFH, 286 ppm) byla použita čára *La*. Načítací časy u apatitů byly pro prvky Fe, Mn, Sr, La, Ce 60 s, pro Si, Al, Fe, Mg, Na a S 30 s, pro Cl, F, P 20s, a pro Ca 10s.

U karbonátů bylo budící napětí 15 kV a proud svazku 4 nA. U těchto minerálů byly na spektrálních čarách *K α* stanovovány prvky [standards (SPI Supplies/Structure Probe, Inc.), analytické krystaly a detekční limity jsou uvedeny v závorkách]: Si (diopsid, TAP, 151 ppm), Al (korund, TAPL, 57 ppm), Fe (hematit, LIFH, 236 ppm), Mn (rodonit, LIF, 253 ppm), Mg (periklas, TAP, 142 ppm), Ca (diopsid, PETJ, 211 ppm), Sr (celestin, PETL, 284 ppm), Na (jadeit, TAPL, 74 ppm), K (sanidin, PETL, 70 ppm), S (baryt, PETL, 199 ppm). Pro stanovení Ba (baryt, PETJ, 568 ppm) byla použita čára *La*. Načítací časy pro Ca byl 30 s a pro prvky: Si, Al, Fe, Mn, Mg, Sr, Na, K, a S 60 s.

3.4 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (LA-ICP-MS)

Obsahy vedlejších a stopových prvků v granátech a inkluzích, které to svou velikostí dovolily, byly stanoveny ve vzorcích ze všech lokalit mimo T-7 pomocí hmotového spektrometru (ICP-MS) Thermo Fisher Scientific Element 2 s indukčně vázaným plazmatem se systémem laserové ablace Analyte Excite Excimer laser s vlnovou délkou 193 nm, (Teledyne Cetac). Laser byl použit s nastavenou obnovovací frekvencí 7 Hz, průměrem svazku 50 μm , energií 3.42 J/cm² a rychlost ablace činila 1 $\mu\text{m/s}$.

U zrn granátů byly izotopy vybraných prvků měřeny ve dvou hmotnostních rozlišeních v závislosti na možné přítomnosti izobarických interferencí u daných izotopů. Ve středním rozlišení (MR) ($m/\Delta m = 4000$) byly měřeny izotopy: ²³Na, ³¹P, ⁴⁵Sc, ⁴⁷Ti, ⁵¹V, ⁵²Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶³Cu, ⁶⁶Zn, ⁶⁹Ga, a v nízkém rozlišení (LR) ($m/\Delta m = 300$) ⁷Li, ⁹Be, ¹¹B, ²⁹Si, ⁷²Ge, ⁷⁵As, ⁸⁵Rb, ⁸⁸Sr, ⁸⁹Y, ⁹¹Zr, ⁹³Nb, ¹¹¹Cd, ¹¹⁸Sn, ¹³⁷Ba, ¹³⁹La, ¹⁴⁰Ce, ¹⁴¹Pr, ¹⁴⁶Nd, ¹⁴⁷Sm, ¹⁵³Eu, ¹⁵⁷Gd, ¹⁵⁹Tb, ¹⁶³Dy, ¹⁶⁵Ho, ¹⁶⁶Er, ¹⁶⁹Tm, ¹⁷²Yt, ¹⁷⁵Lu, ¹⁷⁸Hf, ¹⁸¹Ta, ²⁰⁸Pb, ²⁰⁹Bi, ²³²Th, ²³⁸U. Inkluze byly měřeny pouze v nízkém rozlišení z důvodu malé velikosti. Externí kalibrace naměřených koncentrací prvků byly provedeny s použitím Standard Reference Material (National Institute of Standards and Technology v USA) NIST 610 podle Jochuma *et al.* (2011), NKT-1 (Hu *et al.*, 2011) a Basalt Hawaiian Volcanic Observatory (BHVO-2) (Raczek *et al.*, 2003) hodnoty měřených standardů jsou porovnány s tabelovanými hodnotami v Tabulce 13 a 15 v Příloze III. Interní kalibrace koncentrací ²⁹Si byla vztažena na obsah prvku získaný měřením pomocí elektronového mikroanalyzátoru. Detekční limity pro jednotlivé měřené prvky granátů z vrtů Tř-1 a T-31 jsou popsány v Tabulkách 1 a 2. Detekční limity prvků měřených pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrástřany jsou popsány v Tabulkách 3 a 4.

Tabulka 1: Měřené izotopy v nízkém rozlišení, detekční limity pro granáty z lokalit Tř-1 a T-31

Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)	Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)
B	11	2	Sm	147	0.02
Si*	29	400	Eu	153	0.01
Ge	74	0.2	Gd	157	0.02
Rb	85	0.3	Tb	159	0.01
Sr	88	0.06	Dy	163	0.01
Y	89	0.01	Ho	165	0.01
Zr	90	0.06	Er	166	0.01
Nb	93	0.01	Tm	169	0.01
Sn	118	0.2	Yb	172	0.02
Ba	137	0.1	Lu	175	0.01
La	139	0.01	Hf	178	0.01
Ce	140	0.01	Ta	181	0.01
Pr	141	0.01	Th	232	0.01
Nd	146	0.02	U	238	0.01
*Si byl použit jako standard					

Tabulka 2: Měřené izotopy ve středním rozlišení, jejich detekční limity pro granáty z lokalit Tř-1 a T-31

Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)	Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)
Na	23	22	Cr	52	1.0
Mg	24	9.5	Mn	55	1.0
Al	27	11	Fe	56	2.0
Si*	29	300	Co	59	2.0
P	31	5.0	Ni	60	0.2
Ca	43	200	Cu	65	8.0
Sc	45	0.2	Zn	66	1.0
Ti	47	3.0	Ga	69	1.0
V	51	0.2			
*Si byl použit jako standard					

Tabulka 3: Měřené izotopy v nízkém rozlišení, jejich detekční limity pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrástany

Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)	Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)
Li	7	0.36	Nd	146	0.016
Be	9	0.44	Sm	147	0.015
B	11	0.61	Eu	153	0.014
Si*	29	127	Gd	157	0.02
Ge	74	0.24	Tb	159	0.004
As	75	0.12	Dy	163	0.011
Rb	85	0.065	Ho	165	0.006
Sr	88	0.106	Er	166	0.007
Y	89	0.03	Tm	169	0.006
Zr	90	0.145	Yb	172	0.011
Nb	93	0.304	Lu	175	0.004
Cd	111	0.282	Hf	178	0.008
Sn	118	0.127	Ta	181	0.013
Ba	137	0.154	Pb	208	0.008
La	139	0.005	Bi	209	0.0028
Ce	140	0.004	Th	232	0.002
Pr	141	0.0027	U	238	0.0015
*Si byl použit jako standard					

Tabulka 4: Měřené izotopy ve středním rozlišení, jejich detekční limity pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrástany

Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)	Prvky	Nukleonové číslo	Detekční limit (ppm)
Na	23	3.9	Cr	52	1.1
Al	27	11.1	Mn	55	0.3
Si*	29	245	Fe	56	1.1
P	31	4.1	Co	59	0.1
Ca	43	121	Ni	60	3.0
Sc	45	0.2	Cu	63	0.1
Ti	47	2.3	Zn	66	0.9
V	51	0.2	Ga	69	0.1
*Si byl použit jako standard					

K normalizaci obsahů prvků na uhlíkatý chondrit (CI) a primitivní plášť (PM) byla použita data podle Palme & O'Neill, (2014), pro normalizaci na granát z primitivního lherzolitu J4 z lokality Jagersfontain byla použita data podle Jagoutz & Spettel publikovaná v práci Wolff-Boenisch (1994).

3.5 Ramanova mikrospektrometrie

Pro fázovou identifikaci jednotlivých hostitelských i v nich uzavřených fází i následné detailní studium některých minerálů byl použit Ramanův mikrospektrometr Spectroscopy & Imaging (S&I) MonoVista CRS+. Systém je založen na polarizačním mikroskopu Olympus BX 51 WI a spektrometru Princeton Instruments SpectraPro SP2750i s ohniskovou vzdáleností 750 mm a aperturou f/9.7. Pro sběr spekter byly využity mřížky s hustotou 150 vr./mm a 1200 vr./mm. Pro excitaci spekter byly použity lasery o vlnových délkách 488 nm, 532 nm a 765 nm. Nominální výkon laseru xxx mW byl zeslaben šedými filtry na 3 mW měřené na vzorku měřičem výkonu (Coherent LaserCheck). Laserový svazek byl kolimován na vzorek pomocí semiapochromatického objektivu Olympus LMPlan 50x/0.5, u inkluzí byly použity planachromatické objektivy Olympus MPlan 50x/0.75 a MPlan 100x/0.9. Pro každý vzorek bylo pořízeno přehledové spektrum s mřížkou 150 vr./mm v rozsahu od ~ 80 do $\sim 7300\text{ cm}^{-1}$. Dále byla pro každý vzorek pořízena 3 Ramanova spektra s mřížkou 1200 vr./mm v rozsahu od 80 do 1270 cm^{-1} . V přehledových spektrech zjištěná laserem vyvolaná fotoluminiscence byla v detailu studována pomocí laseru o vlnové délce 488 nm a mřížky 1200 vr./mm v oblasti od 600 do 820 nm. Spektra byla zaznamenávána CCD detektorem ANDOR iDus 416 s rozměrem senzoru 2000×256 pixelů (velikost pixelu $15\text{ }\mu\text{m}$). Parametry získaných spekter byly upřesňovány v programu Fityk (Wojdyr, 2010). S pomocí laseru o vlnové délce 488 byly měřeny také 3D mapy dvou inkluzí, kdy akvizice jednotlivých spekter probíhala s využitím mřížky 1200 vr./mm ve třech směrech s krokem $1.5\text{ }\mu\text{m}/1\text{s}$. Spektra inkluzí byla porovnávána s databází RRUFF (Lafuente, 2015) pomocí programu CrystalSleuth (Laetsch & Downs, 2006). K zpracování a vykreslení spekter byl použit program Spectragryph (Menges, 2018).

Veškerá dokumentace, příprava a analytika vzorků byla realizována v laboratořích Geologického ústavu Akademie věd České republiky, v.v.i., v Praze.

4. Výsledky

4.1 Optické vlastnosti

Zrna granátu z jílovců vrtu T-31 jsou obvykle zaoblená s nepravidelnými plochami lomu. Granáty převážně z arkózových pískovců až slepenců vrtu Tř-1 s výjimkou malých světlých zrn mají subangulární až angulární charakter. Na lokálně zachovaných krystalových plochách těchto granátů bylo pozorováno rýhování. Zrna z vrtu T-7 pocházející z granátonosných hornin jsou rozpraskána a pukliny jsou vyplněny sekundárními minerály. Okolo zrn v harzburgitu jsou vyvinuty reakční lemy tvořené opakními minerály v důsledku reakce granátu s okolní horninou a fluidy. Reakční lemy byly pozorovány i okolo granátů v lherzolitů, ale méně výrazné. Většina studovaných vzorků z T-7 pocházejících z lherzolitů je červená až oranžovočervená, zrna z pyroxenitu jsou fialová až fialovo-růžová a mají reakční lemy. Ještě více fialové jsou harzburgitové granáty z hloubky 322 m. Velikost zrn se liší jak mezi jednotlivých lokalitami, tak i v jejich rámci. Z vrtného jádra vrtu T-7 byly získány granáty o velikosti až 6 mm. Největších rozměrů dosahují granáty pyroxenitové, lherzolitové granáty dosahují až 5 mm, ale běžně se jejich velikost pohybuje mezi 2 – 3 mm. Zrna granátů z eklogitů dosahují běžně velikosti kolem 2 mm, největší zjištěné zrno bylo 6 mm velké a bylo rozpraskané. Některá popraskaná zrna jsou složena z několika částí, které jsou odděleny nově krystalizujícími minerály. Velikost granátů z granulitů je také variabilní, v rozmezí od 100 μm do 1.2 mm. Lokalita T-31 poskytla zrna granátů o velikosti v rozmezích 200 μm - 1 mm (zrna 3,8 a 9), ty jsou světlých odstínů růžové a fialové. Ostatní zrna (1, 2, 4, 5, a 6) reprezentují granáty sytějších odstínů červené, fialové a oranžové o velikosti 1 – 3.2 mm. V některých případech se jedná o jejich úlomky, které mají rozměr 1 - 2 mm. Tudiž zrna byla větší. Největší zrno (6) měří cca 3.25 mm v průměru. Na lokalitě Tř-1 byly nalezeny také dvě barevně a velikostně odlišné skupiny granátů. Ve světlých granátech byly pozorovány čočkovité inkluze ocelově šedé a hnědé, a dosahují až 100 μm . Inkluze velkých rozměrů byly objeveny i v zrnech z pyroxenitu z vrtu T-7, ve kterých dosahují inkluze až 800 μm , tyto inkluze jsou zelené barvy se spoustou malých opaktních minerálů uvnitř nich.

Častěji se jedná o inkluze rozměrů 10 – 30 μm , které se koncentrují někdy hlavně po okraji zrna. Podobné inkluze byly pozorovány i v lherzolitových granátech z tohoto vrtu.

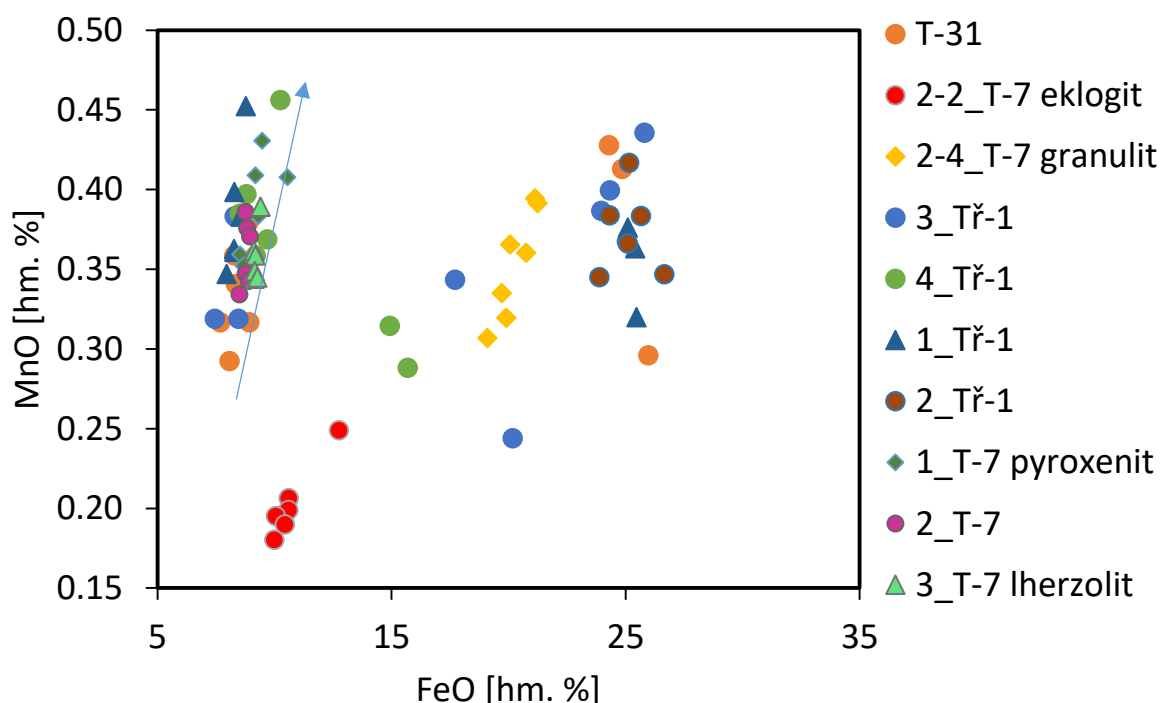
Ve vrtech Tř-1 a T-31 byla pro další studium vybrána zrna oranžového, růžového, červeného až fialového odstínu sytých barev a také granáty o světlých odstínech oranžové, růžové a žluté, někdy šedé, tato skupina se liší i velikostí. Obě barevně odlišné skupiny se vyskytují v 3 studovaných metrážích vrtu Tř-1 i ve vrtu T-31.

Popis vzhledu granátů z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrást'any, byl prezentován v mé bakalářské práci (Pišová, 2018).

4.2 Chemické složení granátů

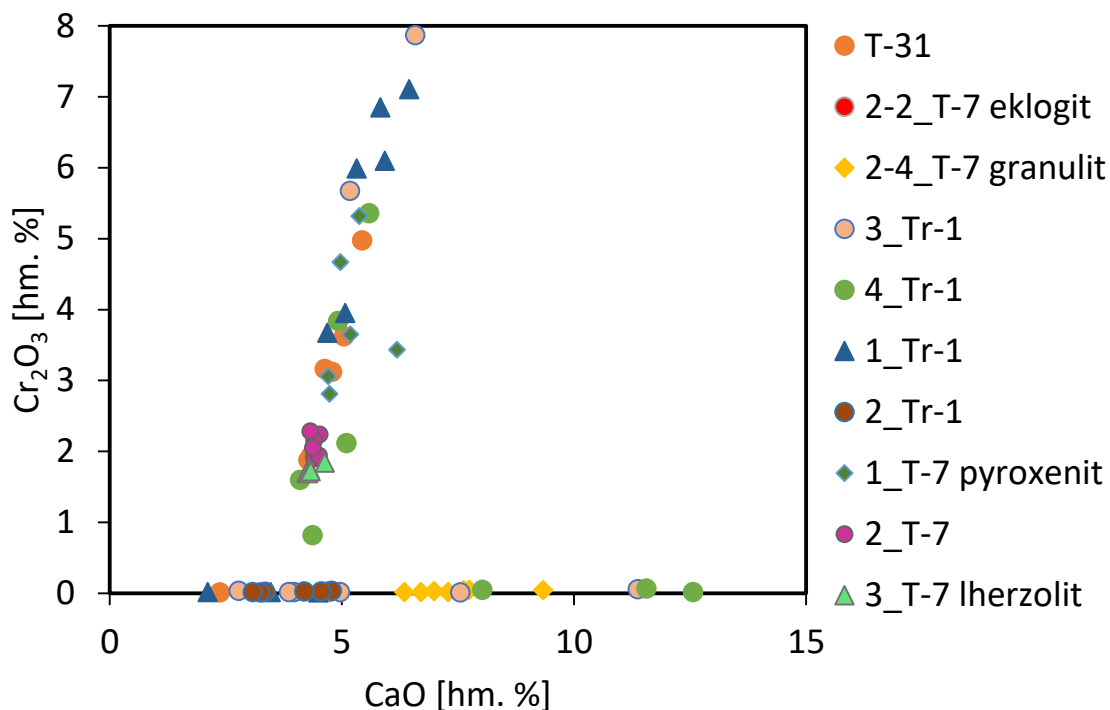
4.2.1 Makroprvky

Elektronovým mikroanalyzátozem (EPMA) bylo provedeno pro každé zrno mezi 13 a 25 bodovými analýzami. Zrna z lokalit T-31 a Tř-1 jsou homogenní, u některých zrn z lokalit T-7 byla zjištěna zonalita. Odlišnosti ve složení granátů z jednotlivých lokalit jsou značné a ilustrují je Obrázky 2-4. Obrázek 2 ukazuje závislost obsahu MnO na koncentraci FeO a identifikuje dvě dobře odlišitelné skupiny. Lherzolitové a pyroxenitové granáty obsahují obecně méně FeO a pozitivní korelace mezi Mn a Fe je těsnější než u granátů z eklogitů a granulitů a dalších zrn z lokalit Tř-1 a T-31. Zrna z lokality Tř-1, která jsou světlých odstínů, obsahují více FeO (23 – 27 hm. %) než granulitové granáty z vrtnu T-7 (19– 21 hm. %). Eklogitové granáty z T-7 obsahují okolo 10 hm. % FeO.



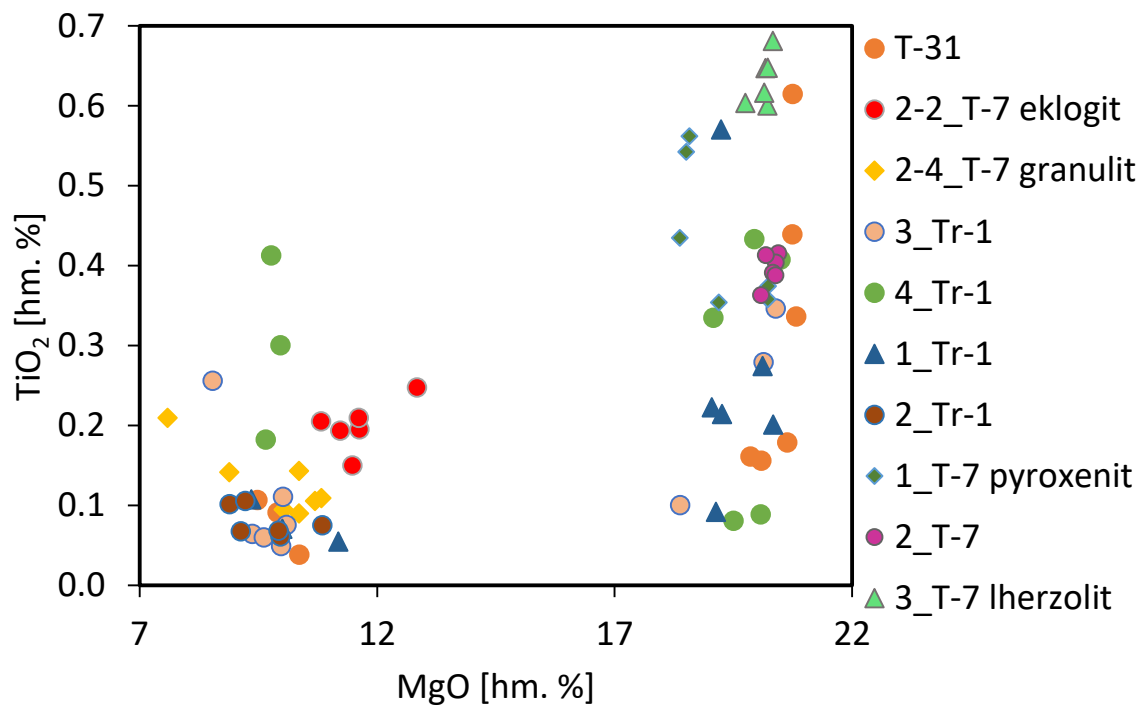
Obrázek 2: Prvková variabilita zrn v rámci lokalit i mezi nimi

Dvě jasné oddělené skupiny jsou definovány také v grafu Cr_2O_3 vs. CaO (Obrázek 3). I zde lherzolitové a pyroxenitové granáty spolu se zrny granátů sytých odstínů fialové, červené až oranžové barvy (s 1 – 8 hm. % Cr_2O_3) vykazují silnou pozitivní korelaci, zatímco druhá skupina je charakterizována extrémně nízkým obsahem chrómu, který je často pod detekčním limitem EPMA. Zrna z lokality Tř-1 obsahují většinou do 5 % CaO , zatímco zrna z granulitu obsahují 5 – 10 hm. % CaO .



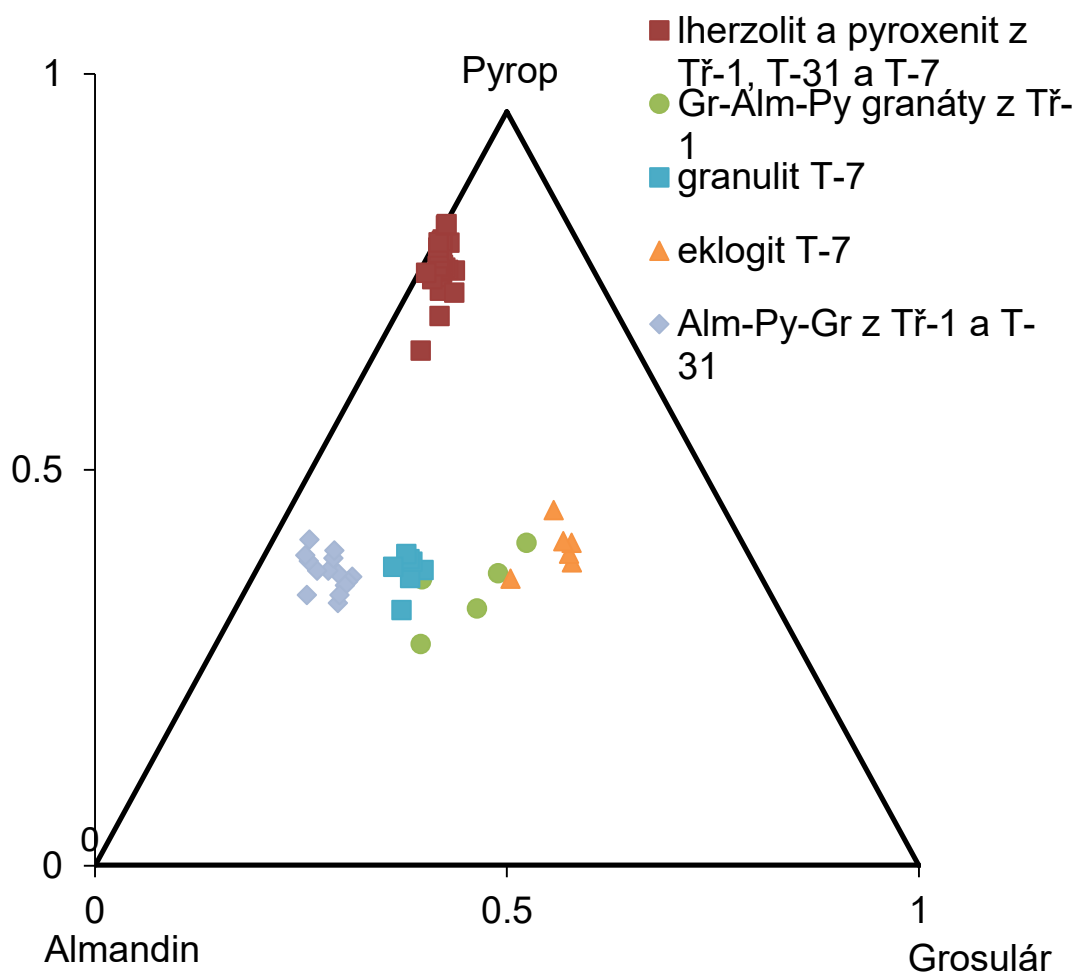
Obrázek 3: Prvková variabilita zrn v rámci lokalit i mezi nimi

Rovněž v grafu TiO₂ vs. MgO jsou obě skupiny granátů zřetelně odlišeny. Velká variabilita v obsahu TiO₂ v obou skupinách granátů. Obsah MgO se v první skupině pohybuje mezi 7.5- 12.8 hm. % MgO, obsah TiO₂ mezi 0.05 – 0.41 hm. %. Náleží sem granáty z vrtu Tř-1 z hloubek 427.5 m a 330 m a 3 zrna z 317 m, dále jsou zastoupena zrna částí plášťového xenolitu z eklogitu a granulitu (Obrázek 4). Druhou skupinu tvoří granáty hořčíkem bohatší, obsahující 18.4 – 20.8 hm. % MgO a obsah TiO₂ se pohybuje v rozmezí 0.1 – 0.7 hm. %. Do této skupiny patří granáty z pyroxenitu a lherzolitů vrtu T-7 a také zrna sytého odstínu oranžové, červené až fialové. Velká variabilita byla zjištěna i mezi obsahy SiO₂ a Al₂O₃, opět jsou pozorovatelné dva trendy. Skupiny granátů následující oba z trendů, jsou shodné jako u rozvrstvení granátů na Obrázku 4.



Obrázek 4: Prvková variabilita zrn v rámci lokalit i mezi nimi

Analýzy granátů byly přepočítány na koncové členy a jejich průměrné hodnoty vyneseny do ternárního diagramu pyrop - almandin - grosulár. Tento diagram pomohl rozčlenit granáty do 5 skupin, které jsou znázorněny na Obrázku 5.



Obrázek 5: Variabilita granátů, znázorněná pomocí přepočtených koncových členů Pyrop, almandin a grosulár.

Na základě výše znázorněných a popsaných grafů byly granáty z lokalit Tř-1 a T-31 rozděleny do třech skupin:

(1) Granáty bohaté almandinovou a grosulárovou komponentou si jsou ve vzorcích z vrtů Tř-1 a T-31 podobné. Vyznačují se poměrně nízkým obsahem MgO v rozsahu 8-11 hm. % a vysokým obsahem FeO v rozmezí 23 až 27 hm. %. Vysoká variabilita byla zaznamenána pro CaO a MnO. Obsahy Cr_2O_3 a TiO_2 jsou pod detekčním limitem. Jednotlivá zrna jsou z pohledu obsahu hlavních prvků homogenní. Zastoupení hlavních komponent je následující: almandin 49-53 mol. %, pyrop 38-40 mol. %, grosulár 3.8 - 6.5 mol. % a spesartin 0.4 - 0.9 mol. %.

Chemické složení ukazuje na přítomnost homovalentní substituce na pozici X: $\text{Mg}^{2+} \text{Mn}^{2+}$ a Ca^{2+} . Heterovalentní na pozici X: $2\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Y}^{3+} + \text{Na}^+$, tato substituce je zastoupena minoritně. Homovalentní substituce na pozici Y: $\text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$, $2\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{V}^{3+}$ a heterovalentní substituce na pozici Y: $2\text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Si}^{4+} + \text{Mg}^{2+}$.

(2) V granátech bohatých na pyropovou a almandinovou složku se obsah MgO pohybuje mezi 17 a 21 hm. % a obsah FeO mezi 7 a 11 hm. %. V granátech z vrtu Tř-1 je vyšší variabilita v obsazích Cr_2O_3 , CaO a Al_2O_3 než ve vrtu T-31. Rozsahy obsahů těchto prvků v granátech z těchto dvou vrtů jsou následující: Al_2O_3 16.50 - 22.25 hm. % (Tř-1) resp. 18.79 - 21.62 hm. % (T-31); Cr_2O_3 1.48 - 8.24 hm. % resp. 1.7 - 5.2 hm. % a CaO 3.97 - 6.72 hm. % resp. 4.18 - 5.51 hm. %. Zastoupení koncových členů v granátech vrtů T-31 a Tř-1 vypočtené podle Lococka (2008) odpovídá 59 - 75.73 mol. % pyropové, 5.85 - 19.52 mol. % almandinové, 4.14 - 17.75 mol. % uvarovitové, 0 - 7.12 mol. % knorringitové, 0 - 4.85 mol. % grosulárové a 0 - 4.89 mol. % andraditové komponenty. Zrna s obsahem uvarovitové komponenty nad 10 mol. % převažují a neobsahují andraditovou komponentu a obsah grosulárové se pohybuje do 1 mol. %. Granáty 3_Tr-1_8, 4_Tr-1_1 a 4_Tr-1_6, které mají uvarovitové komponenty mezi 4 - 6.5 mol. %, neobsahují knorringitovou komponentu. Detaily zastoupení vypočtených koncových členů jsou shrnuty v Tabulce 9 v Příloze II.

Analýzy pomocí elektronového mikroanalyzátoru potvrdily, podobně jako u skupiny (1), že granáty jsou s ohledem na obsah hlavních prvků chemicky homogenní. V granátech ze skupiny (2) lze sledovat homovalentní substituce na pozici X: $\text{Mn}^{2+} - \text{Fe}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$, a heterovalentní substituce na pozici Y: $2\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Si}^{4+} + \text{Mg}^{2+}$ a $\text{Ti}^{4+}(\text{Y}) \leftrightarrow \text{Cr}^{3+}(\text{Y}) + \text{Na}^+(\text{X})$.

(3) Granáty grosulár – almandin – pyropového složení se vyskytují jen v materiálech z vrtu Tř-1. Jedná se o 5 zrn z hloubek 330 m (2) a 317 m (3). V nich obsah železa dosahuje 14.93 – 20.17 hm. % FeO, hořčíku 8.53 – 10 hm. % MgO a vápníku 7.5 – 11.5 hm. % CaO, manganu 0.24 - 0.82 hm. % MnO a sodíku 0.05 – 0.07 hm. % Na_2O . Koncentrace chrómu jsou velmi nízké a pohybují se v rozmezí 60 – 290 ppm Cr (stanoveno LA-ICP-MS). Substituce u této skupiny granátů jsou jak homovalentní povahy v pozici X: $\text{Mg}^{2+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+}$, tak heterovalentní povahy $\text{Si}^{4+}(\text{T}) + \text{Ca}^{2+}(\text{X}) + \text{Na}^+(\text{X}) \leftrightarrow \text{Al}^{3+}(\text{T}) + \text{Fe}^{2+}(\text{X})$.

Granáty odebrané z petrograficky určeného pyroxenitu z výbrusu 1_T-7 jsou rozpraskány, okolní část horniny vykazuje známky přeměny. Zrna granátu mají reakční lemy. Jejich složení odpovídá plášťovému původu. Většina zrn vykazuje homogenní složení napříč zrnem, ale zrno B a E vykazují prvkovou zonalitu. Zrno B vykazuje největší variabilitu obsahu MnO v rozsahu 0.35 – 0.56 hm. %, MgO 18.18 – 21.39 hm. % a TiO_2 0.43 – 0.54 hm. %. V zrnu E byla zaznamenána nejvýznamnější zonalita u TiO_2 , který se pohybuje v rozsahu hodnot 0.50 – 0.62 hm. %, a MnO v rozsahu 0.34 – 0.42 hm. %. Mezi zrny ve výbrusu byla zaznamenána významná variabilita všech hlavních prvků. Nejvýznamnější variabilita byla zaznamenána u Cr_2O_3 , kde se koncentrace pohybuje v rozsahu 2.65 – 5.76 hm. %, znatelná je také u MgO, kde se naměřené hodnoty pohybují mezi 17.09 – 20.43 hm. %.

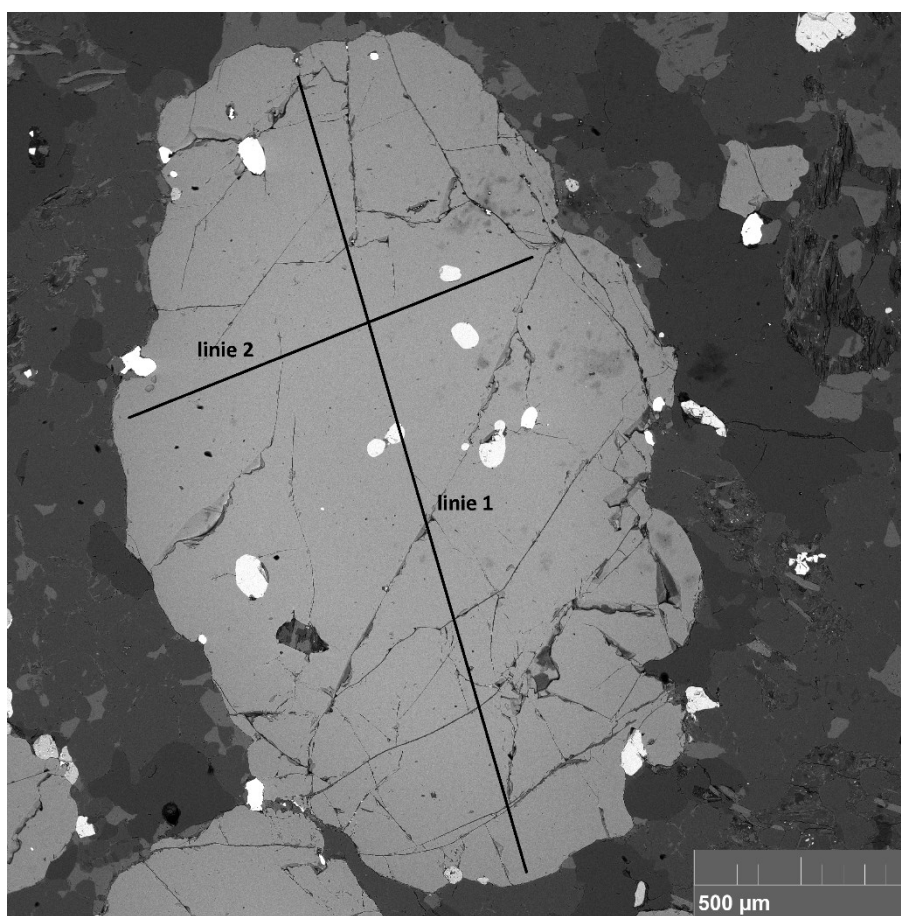
% a u FeO mezi 8.29 – 11.25 hm. %. CaO se pohybuje mezi 4.54 – 6.46 hm. %. V pyroxenitových granátech je na základě výpočtů podle Lococka (2008) majoritně zastoupen pyrop z 57 – 72 %, almandin z 13 – 21 % a 7 – 12 % uvarovit. Dále je zastoupen z 0 – 5 % andradit a grosulár z 0.3 – 4.5 %. Z dalších koncových členů jsou minoritně zastoupeny schorlomit, a další, jejichž hodnoty jsou popsány v Tabulce 9 v Příloze II. Byly zjištěny homovalentní substituce na pozici X : Mg^{2+} - Fe^{2+} - Mn^{2+} ; $Al^{3+} \leftrightarrow Cr^{3+}$ v pozici Y .

Druhý výbrus pocházející ze stejné hloubky vrtu T-7 se od prvního velmi liší, variabilita chemického složení mezi zrny je u prvků Cr, Ca, Mg a Fe nízká, a obsahy prvků jsou velmi podobné. Složení těchto granátů se podobá lherzolitovým granátům z výbrusu 3. Vysoká variabilita byla zaznamenána opět v obsazích MnO a TiO₂, MnO se pohybuje mezi 0.28 – 0.43 hm. % a TiO₂ mezi 0.21 – 0.47 hm. %. Oproti pyroxenitovým granátům jsou granáty ochuzeny o Cr₂O₃, které se pohybuje v mezi 1.54 – 2.42 hm. %. Naopak eklogitové granáty jsou ještě méně chromité.

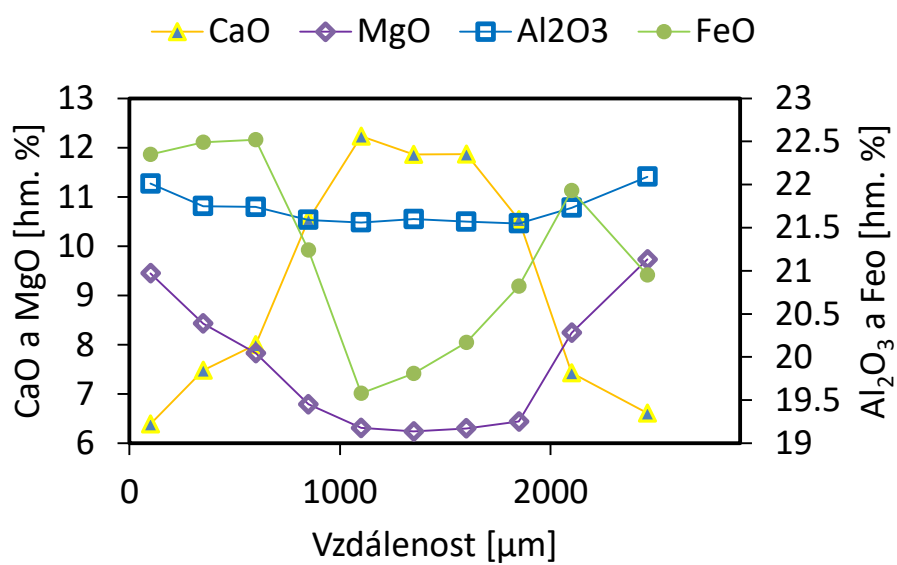
Výbrus 3_T-7 vykazuje velmi slabou variabilitu v koncentracích hlavních prvků. Např. obsah Cr₂O₃ se pohybuje mezi 1.58 – 1.97 hm. %. Vyšší variabilita byla zaznamenána v obsazích TiO₂ u zrn 3_T-7_I a 3_T-7_D a to 0.45 – 0.70 hm. % u zrna I a 0.38 – 0.75 hm. % u zrna D. Tato zrna jsou homogenní.

Granulitové granáty z vrtu T-7, z hloubky 412.5 m jsou oproti pyrop-almandinových granátům chromem velmi chudé, až sterilní. Oproti tomu vykazují vyšší obsahy FeO (14.1 – 23 hm. %) a CaO (5.8-12.23 hm. %). Obsah FeO je na úkor MgO komponenty, která se pohybuje mezi 7.87 – 11.20 hm. %. U granátu 2.4_T-7_A (Obrázek 6) byla zaznamenána silná zonalita napříč zrnem. Ta se vyznačovala vyššími obsahy Ti, Cr a Ca v jádře a nižšími obsahy MgO a FeO (Obrázek 7-8). Naopak okraj zrna je bohatší na MgO a FeO a chudší o TiO₂, CaO a Cr₂O₃. Podle Lococka (2008) bylo spočítáno zastoupení koncových členů. Majoritně je zastoupen z 37.5 % - 47.5 almandin, z 23.6 – 41.6 % pyrop a z 13.8 – 31.6 % grosulár.

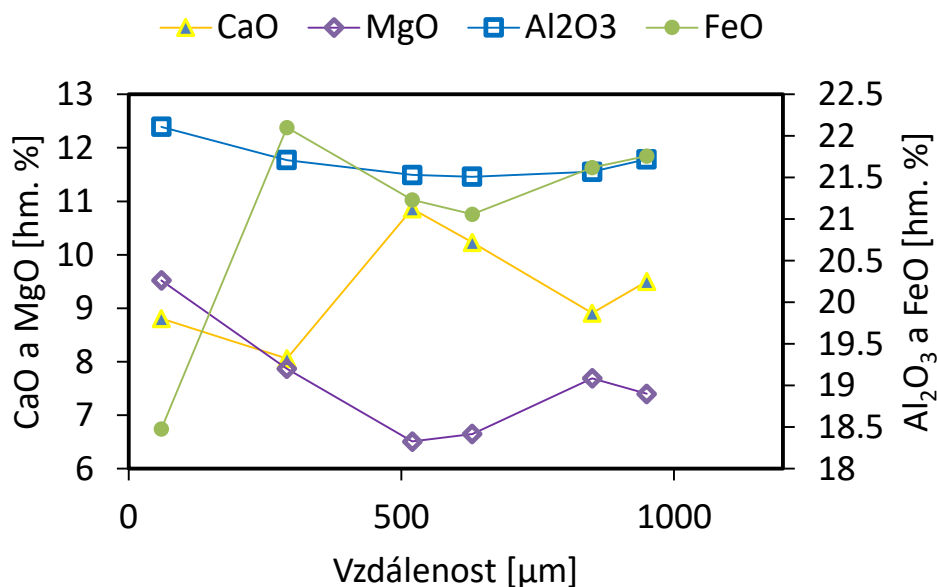
Mezi těmito granáty byly zjištěny homovalentní substituce mezi Fe, Mg a Ca na pozici X , heterovalentní substituce mezi $Ti^{4+}(Y) \leftrightarrow Al^{3+}(Y) + Na^{+}(X)$ Tato substituce je ale spíše minoritní.



Obrázek 6: Zonální zrno 2-4_T-7_A zobrazené ve zpětně odražených elektronech s vyznačením linií, ve kterých byly měřeny jednotlivé body. V zrnu jsou patrné blíže neurčené inkluze minerálů.



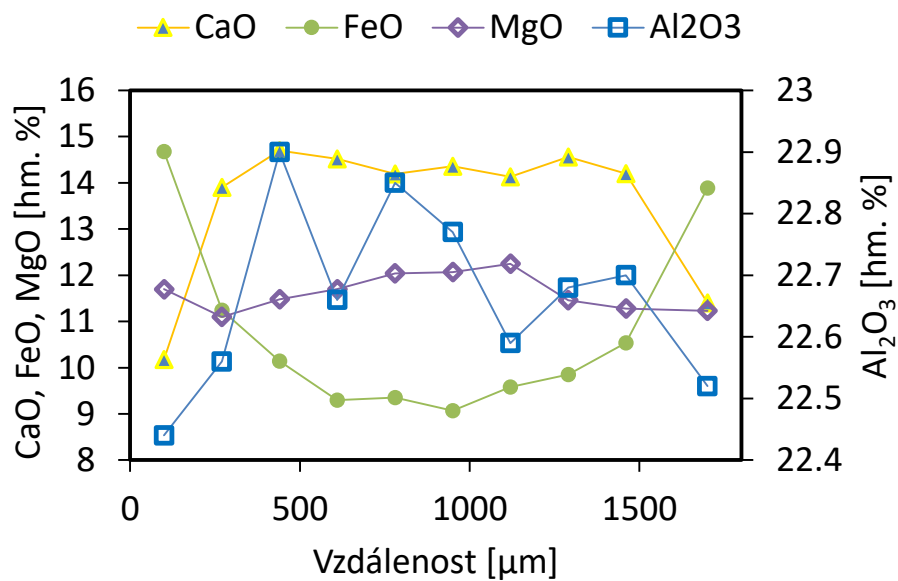
Obrázek 7: Prvková zonalita granátu 2-4_T-7_A z granulitu podél linie 1 z Obr. 6



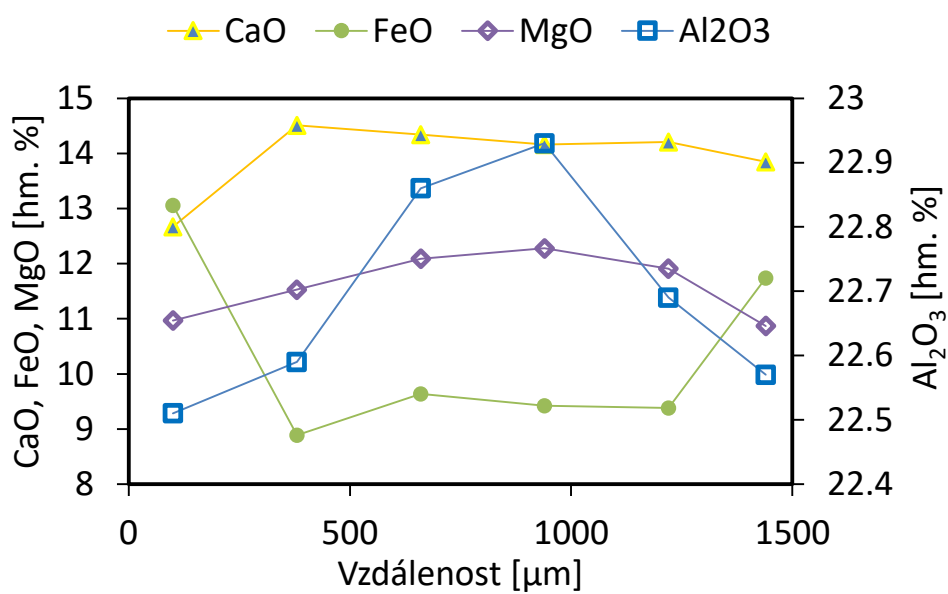
Obrázek 8: Prvková zonalita granátu 2-4_T-7_A z granulitu podél linie 2 z Obr. 6

Eklogitové granáty odebrané z petrologicky určené horniny, z hloubky 404.3 m vrtu T-7, jsou oproti granulitovým v obsazích CaO bohatší a o MnO, FeO chudší. Významná variabilita prvků byla zaznamenána u Fe, Ca, Mg a Mn napříč výbrusem i jednotlivými zrny. U zrn byla pozorována také zonalita, která je znázorněna pomocí grafů na Obrázcích A-F. Zonalita granátů se ale u jednotlivých zrn liší. 3 (A, B a D) z 6 studovaných zrn ukazují zonalitu v obsahu FeO v rozsahu 9 – 13 % a zbylé 3 (C, E, K) od 9 – 15 %. Spolu s ním koreluje zonalita CaO, u zrn A, B a D se pohybuje 9.32 – 16.17 hm % CaO a u zrn C, E a K se obsah CaO pohybuje mezi 11.10 – 15.59 hm. %. Variabilita i zonalita se odráží i v zastoupení koncových členů, podle Lococka (2008) jsou granáty majoritně zastoupeny pyropem z 38.2 – 44.5 %, grosulárem z 23.9 – 41.1 % a almandinem z 17.4 – 32.6 %. Příklady zonality eklogitových zrn jsou znázorněny na Obrázcích 9 - 12.

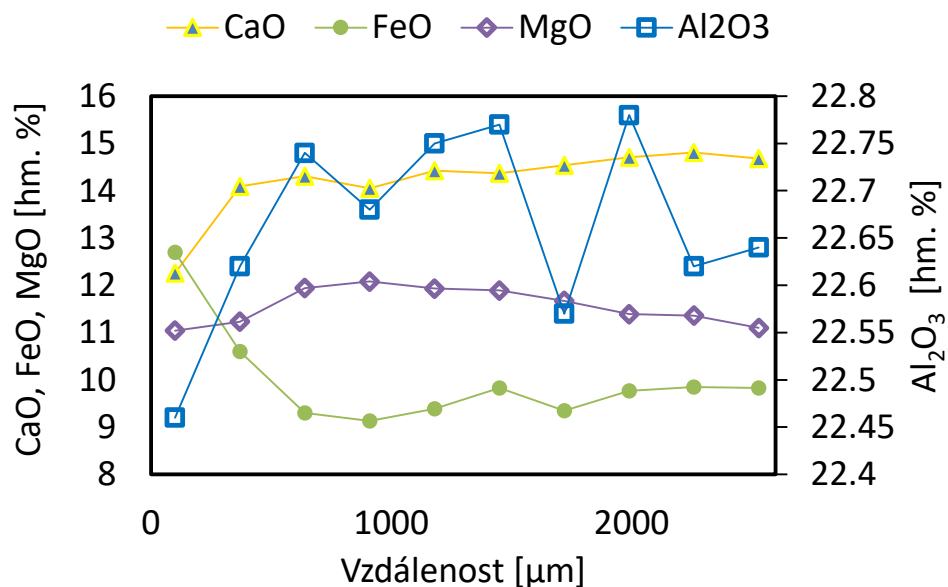
I mezi těmito granáty byly zaznamenány substituce homovalentní na pozici X: Mn^{2+} - Fe^{2+} - Mg^{2+} - Ca^{2+} .



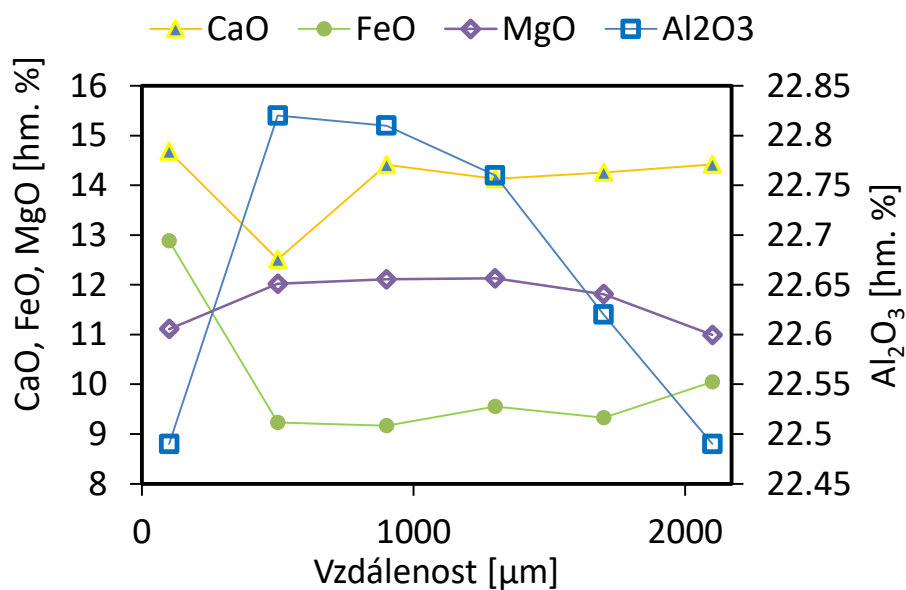
Obrázek 9: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_B_1. linie



Obrázek 10: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_B_2. linie



Obrázek 11: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_C_1. linie



Obrázek 12: Prvková zonalita granátu z eklogitu 2-2_T-7_C_2. linie

Průměry a směrodatné odchylky pro jednotlivá zrna jsou shrnuty v Tabulce 9 v Příloze II a hodnoty minim a maxim zrn v Tabulce 10 v Příloze II. V Tabulce 11 v Příloze II jsou znázorněny také empirické vzorce granátů.

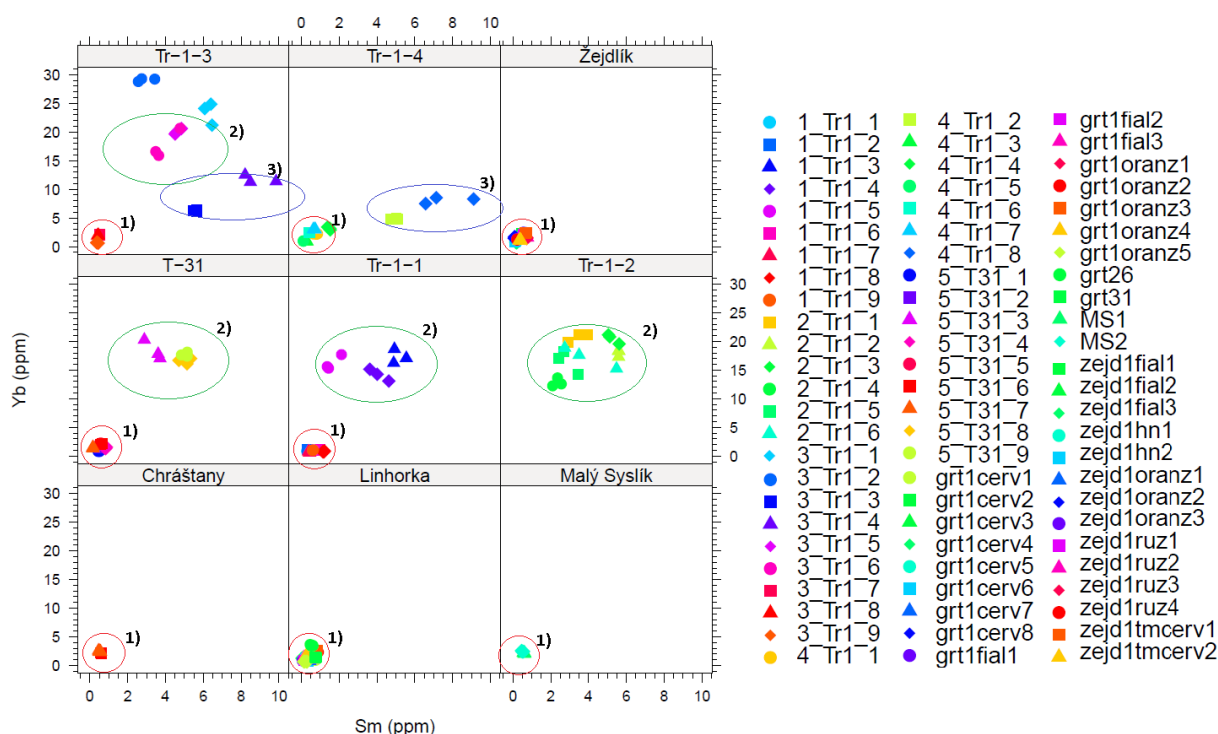
Výsledky chemického složení makroprvků pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslák a Chrástany již byly prezentovány v předchozí práci.

4.2.2 Stopové prvky

Stopové prvky v granátech byly stanoveny ve vzorcích z lokalit Linhorka, Žejdlík, Chrástany, Malý Syslík a vrtů Tř-1 a T-31. Zrna byla analyzována jak ve středu, tak směrem k okraji.

Nejvyšší variabilita na základě relativní směrodatné odchylky byla zjištěna pro $Zn > Ce > P > Y > Sr > REE$. Naopak nejnižší variabilita byla zaznamenána u prvků $Sn < Nb < Na < Ti$ a Cr. Granáty s vyšším obsahem Mg obsahují řádově více Sc, V, Co a Ni než granáty s nižším obsahem Mg, které obsahují více Zn a Y.

V granátech napříč skupinami i lokalitami byla zjištěna zonalita i v obsazích sodíku. Také mezi Sm a Yb byla zjištěna silná variabilita (Obrázek 13) v jejich zastoupení i koncentracích. Nejvyšší variabilita byla zaznamenána v hloubce 330 m Tř-1. Byly identifikovány výše zmíněné 3 skupiny a několik zrn z neidentifikovaných skupin. Pyrop-almandinová zrna tvoří skupinu s nízkými koncentracemi obou prvků, o podobných koncentracích viz Obrázek 13.



Obrázek 13: Variabilita koncentrací Sm a Yb na jednotlivých lokalitách a mezi nimi s vyznačením skupin korelujících s definovanými skupinami v kap. 4.2.1, v hloubce vrtu 330 m dva granáty nerespektují tyto skupiny, může se jednat o odchýlené hodnoty, nebo granáty nesouvisející s těmito třemi skupinami.

U granátů z lokalit Žejdlík a Linhorka spadající do skupiny (1) existuje korelace mezi obsahem fosforu a barevností: s poklesem obsahu P se jejich barva mění od červené po fialovou, zvyšující se obsah P byl pozorován u oranžových granátů. Zvláštní chování granátů bylo zaznamenáno v koncentracích Co a Ni.

Kobalt a nikl, prvky které za normálních okolností v granátech vykazují silnou korelaci, zde pozitivně korelují jen u granátů (1) z lokalit Žejdlík, Malý Syslík a Chrást'any. To může být dáno homogenitou granátů, kdy korelace v malém rozsahu chemického složení nelze stanovit.

V granátech (2) existuje pozitivní korelace Sc – Cr a V – Cr, tyto třímocné prvky mají tendenci vstupovat do struktury, nejde ale o vzájemnou korelaci. Kladné korelace byly zaznamenány také mezi Zr a Hf. Čtyřmocné prvky Sn – Zr, stejně tak Ti – Zr nebo Ti – Sn nevykazují korelaci, patrně vstupují do různých strukturních pozic.

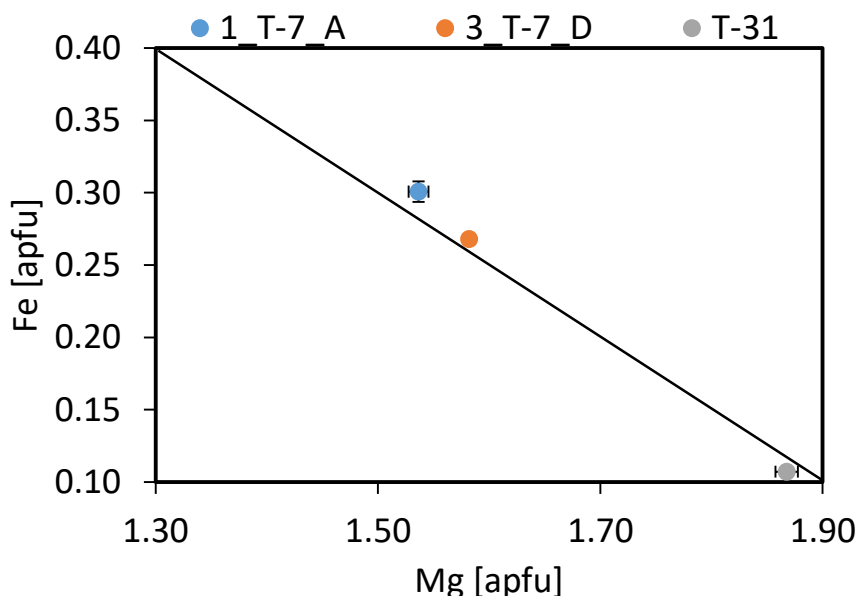
Hodnoty pro některé prvky byly u většiny analýz pod detekčním limitem: Na, Rb, Sr, Ba, Cu, Cd, Pb, granáty byly o tyto hodnoty očištěny a zbylé prvky jsou znázorněny v Tabulkách 12 a 14 v Příloze III.

4.3 Inkluze

Inkluze byly nalezeny pomocí elektronového mikroskopu ve vzorcích ze studovaných lokalit Linhorka, Malý Syslík, Chrást'any, Žejdlík, Chrást'any Tr-1, T-31 i T-7. Jejich přibližné chemické složení bylo stanoveno semikvantitativně SEM/EDS. Pokud to jejich velikost dovozovala, bylo chemické složení inkluzí určeno kvantitativně pomocí EPMA.

Nejčastěji se jedná o polyfázové inkluze sestávající se z 3 a více fází (ačkoliv se ve vzorcích vzácně vyskytují i inkluze jen dvoufázové), nicméně byly nalezeny i inkluze monofázové.

Monofázové inkluze v granátech lherzolitového typu jsou představovány např. jehličkami TiO_2 o velikosti 0.5–2 μm v kratším směru a až 20 μm dlouhými. Byly zaznamenány ve vrtu Tř-1 v zrnech 4_Tr-1_4 a 4_Tr-1_7. Významnými monofázovými inkluzemi jsou také olivíny, které chemicky odpovídají z 84–90 % forsteritu (Obrázek 14). Jejich velikost se pohybuje většinou mezi 10 – 20 μm . Byly nalezeny v granátech z lokality Žejdlík a z vrtů T-31 a T-7 (hloubky 256 a 282 m). Hostitelské granáty těchto inkluzí jsou bohaté pyropovou složkou. Další monofázovou inkluzí nalezenou v materiálu z vrtu Tř-1 tvoří minerál chemicky odpovídající Ca-Na amfibolu – pargasitu. Tvar inkluze je krystalograficky omezený s velikostí cca 20 μm . V almandinových granátech se jedná o monofázové inkluze rutilu, křemene, zirkonu, monazitu a pyrotinu.



Obrázek 14: Mg/Fe diagram znázorňující zastoupení forsteritu a faylitu v inkluzích olivínu z jednotlivých vrtů. V případě T-7 se jedná o 1_T-7_A – pyroxenit a 3_T-7_D – lherzolit. V případě T-31 je zrno pyropem bohaté.

Většina nalezených inkluzí je polyfázových. Jejich tvar je variabilní, jednotlivé fáze v nich jsou navzájem ostře oddělené. Nejběžněji je jedním z minerálů v inkluzích pargasit, a spolu s ním se mohou vyskytovat magnezit, dolomit (Obrázcích 68, 69, 70, 71 a 74 v Příloze IV), minerály ze skupiny spinelu, flogopit a někdy také apatit nebo enstatit. Velikost inkluzí, ve kterých vystupuje pargasit se pohybuje od 2 – 30 μm .

Mezi polyfázovými inkluzemi byly nalezeny také inkluze obsahující vedle rutilu nebo křemene zirkon. Vzácně se objevují inkluze monazitu v asociaci s rutilem a kyanitu v asociaci s křemenem a rutilem, inkluze mají různou velikost od 10 μm do 100 μm . Inkluze tohoto charakteru byly nalezeny v granátech světlé barvy s vyšším poměrem Fe/Mg.

4.3.1 Tř-1

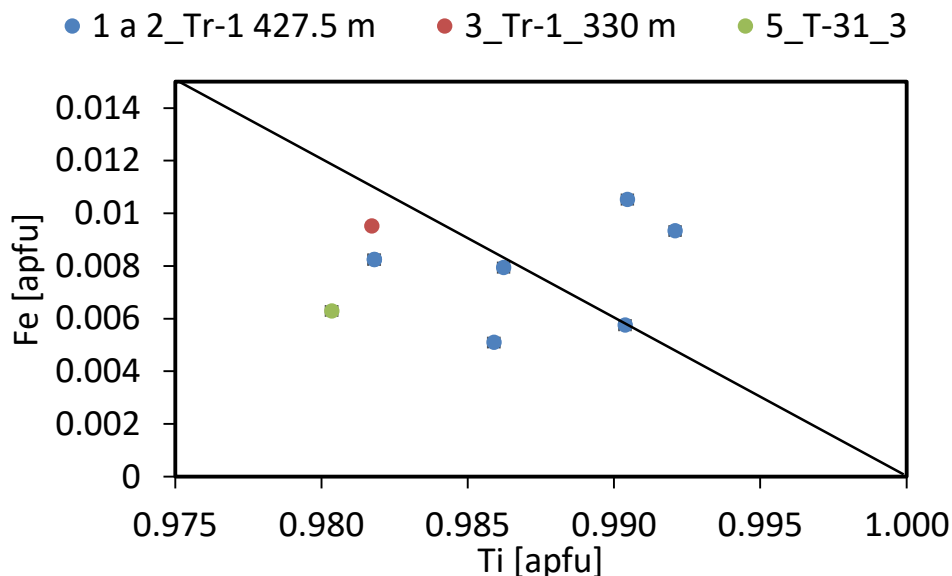
Ve vrtech Tř-1 a T-31 se inkluze vyskytují jak v (1) pyrop-almandinových granátech tak v almandinem bohatých granátech. Almandinové, byly dále rozděleny do dvou suit: (2) almandin-pyropové a (3) grosulár-almandinové.

Granáty (1) obsahují inkluze, kde je častým minerálem amfibol, který se často vyskytuje v asociaci s apatitem, spinelem a magnezitem, nebo v asociaci s apatitem a dolomitem. Tyto inkluze jsou často polyfázové o velikosti 10 – 15 μm . Byly také nalezeny inkluze sulfidické odpovídající FeNiS. Inkluze jeví známky přeměny, jsou tektonicky porušeny a ostatní fáze již nejsou původní.

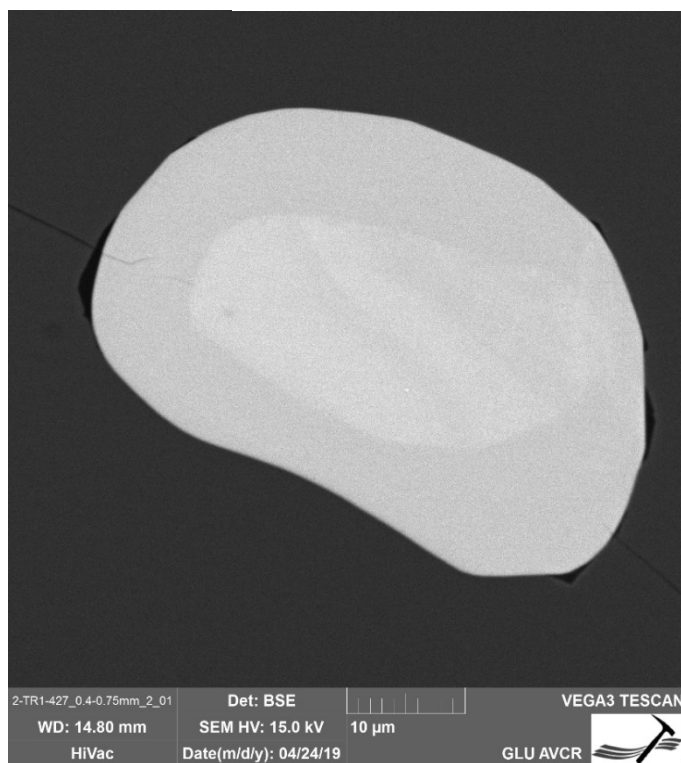
Oproti tomu v granátech (2) byly nalezeny polyfázové inkluze, které obsahují asociaci minerálů křemen + rutil výjimečně v doprovodu kyanitu nebo slídy. Nepravidelná zrna rutilu nebo křemene tvoří také monofázové inkluze. V hloubkách 427,5 m a 317 m byly objeveny monominerální zirkony. Velmi časté jsou také inkluze pyrotinu (Obrázky 72 a 73 v Příloze IV) v zrnech ze stejných hloubek. V hloubce 317 m je zajímavá minerální asociace pyrotinu s Ba bohatou slídou a (Ca-Na) živcem. Tato asociace nebyla zatím nalezena. V hloubce 427,5 m byla nalezena mimo jiné inkluze také velké zrno apatitu v doprovodu pyrotinu. Jiná inkluze se skládá z pyrotinu, chalkopyritu a pentlanditu, tyto fáze přechází do sebe a tvoří tenké lamely. Většina výše zmíněných inkluzí překračuje velikost 40 μm .

Rutily nalezené v řezech granátů vyskytující se v almandin-grosulár-pyropových granátech jsou čočkovitého tvaru o průměru 30 – 60 μm (Obrázek 72 v Příloze IV).

Rutily se na této lokalitě od sebe liší obsahy FeO, ZrO_2 , Nb_2O_5 a Ta_2O_5 . Obsah TiO_2 se pohybuje v úzkém rozmezí 97 – 98 hm. % (Obrázek 15). V hloubce 427.5 m byly v jednom zrně nalezeny 2 polyfázové inkluze rutilu v asociaci s křemenem (1_Tr-1_3_01) resp. s pyrotinem (1_Tr_1_3_03). Inkluze mají podobné obsahy ZrO_2 a Nb_2O_5 . Ve stejné hloubce se vyskytuje další polyfázová inkluze s 1.01-1.03 hm. % Nb_2O_5 . To je vyšší obsah, než byl stanoven pro ostatní inkluze rutilu, zde nalezené. Byla nalezena také inkluze rutilu v asociaci se zirkonem, inkluze 2_Tr-1_5_01 je mírně zonální, obsahuje 0.835 hm. % Nb_2O_5 , 0.53 – 0.65 hm. % FeO a 0.085 – 0.114 hm. % ZrO_2 . Zonalita může být způsobena interakcí zirkonu a rutilu. Zirkon je o velikosti 30 μm , sférického tvaru a se znatelnými zónami růstu obsahuje 64.29 hm. % ZrO_2 , 32.41 hm. % SiO_2 , 1.716 hm. % HfO_2 . V této hloubce byla nalezena i jedna monofázová inkluze rutilu, která je s vyššími obsahy niobu a tantalu: obsahuje 1.06 – 1.08 hm. % Nb_2O_5 , Ta se pohybuje těsně nad DL. V hloubce 330 m byla nalezena inkluze 3_Tr-1_6_02 podobná inkluzi 1_Tr-1_3_01 z hloubky 427.5 m, která obsahuje 0.94 hm. % Nb_2O_5 .



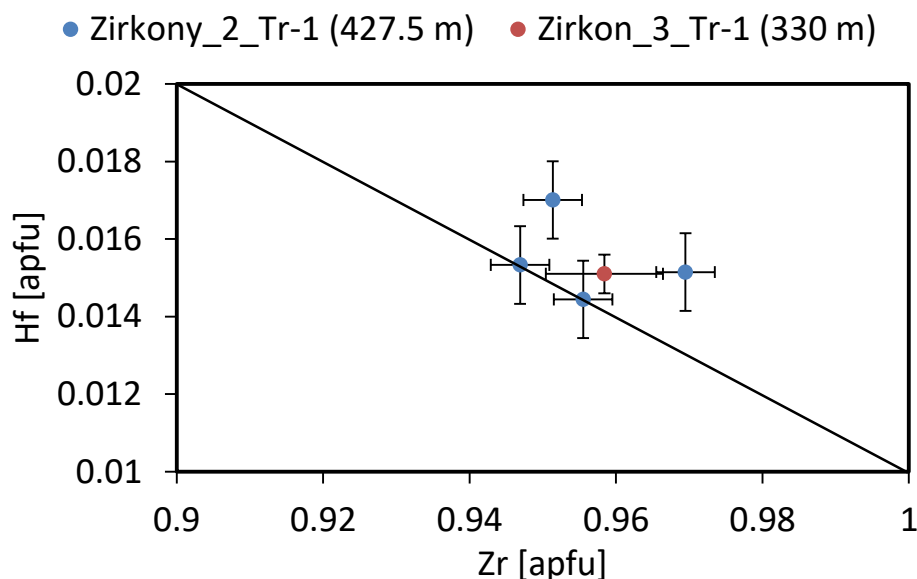
Obrázek 15: Variabilita zastoupení Fe a Ti na kationtové pozici rutilu z lokalit T-31 a Tr-1



Obrázek 16: Inkluze Zirkonu v BSE

V hloubce 427.5 m byly nalezeny inkluze zirkonů v zrnech granátu inkluze o velikosti 17 – 40 μm . Dvě, z těchto inkluzí vykazují zonalitu. Zirkon 2_Tr-1_2_01, který je jedním z nich, vykazuje zonalitu hlavně v obsahu Hf 1.7 – 2.3 hm. % HfO_2 , přičemž je zóna bohatší Hf ve středu zrna. Zonalita byla pozorována i v BSE (Obrázek 16) Další z inkluzí v této hloubce byla nalezena ve zrně 4 o velikosti cca 17 μm , která se vyskytuje uprostřed radiálních prasklin, šířících se do okolí. Vzhledem k velikosti a nejasnosti zón zirkonu byla provedena jen jedna analýza, kterou byly zjištěny

obsahy: 64 hm. % ZrO_2 a 1.8 hm. % HfO_2 . V hloubce 330 m byla nalezena jen jedna inkluze zirkonu 3_Tr-1_6_05 a to ve zrně 3_Tr-1_6, která má okolo sebe opět patrné radiální praskliny, zároveň povrch granátu je okolo inkluze částečně vyláman, a tvořen fází, která složením odpovídá slídku. Inkluze obsahuje 64 – 65.3 hm. % ZrO_2 , a 1.7 – 1.8 hm. % HfO_2 . Pro všechny zirkony byly vyneseny poměry Zr/Hf zastoupení na pozici A (Obrázek 17).



Obrázek 17: Přepočítané koncentrace Zr a Hf pro zirkony uzavřené v granátech z vrtu Tř-1

Křemen se v inkluzích vyskytuje nejčastěji v asociaci s rutilem, v jednom případě s flogopitem a kyanitem (Obrázek 73 v Příloze IV). Velikost křemene v jednotlivých inkluzích se pohybuje od 2 do 50 μm . Byl nalezen v zrnech granátu z hloubky 427.5 a 317 m.

Byl nalezen také apatit v zrně 3 z Tř-1 427.5 m hloubky, který svou velikostí dovozoval změřením nejen hlavních a vedlejších prvků ale i stopových prvků na LA-ICP-MS. Při měření se ukázal být Fluorem bohatý. Zrno obsahuje 38.9 – 39.5 hm. % CaO, 3.6 – 4.1 hm. % F, 2134 ppm Sr, 138 ppm Y, 814 ppm La, 2194 ppm Ce, 1462 ppm Nd a 273 ppm Sm.

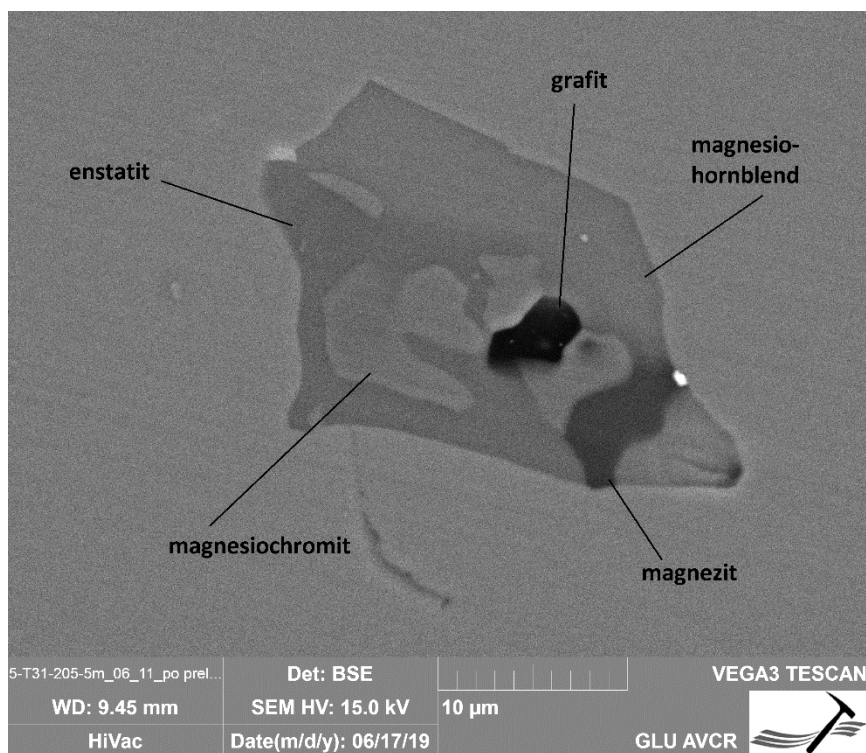
Byla nalezena dvě zrna Ce monazitu uzavřené v zrně 6 z 3_Tr-1, o velikosti $\sim 30 \times 20 \mu\text{m}$ o složení 25.3 – 27.8 Ce, 12.2 – 12.9 hm. % La, 9 – 10 hm. % Nd a 4 – 6.25 hm. % Th. Monazity obsahují také 1.1 – 1.4 hm. % Sm a ~ 1000 ppm Y. Tyto inkluze byly zastiženy společně se zirkony, kolem kterých jsou radiální praskliny a rutilem.

Granáty (3) obsahují inkluze malé, podobně velké, jako lherzolitové granáty okolo 5 – 15 μm . Inkluze obsahují většinou K, Mg obsahující slídy, které jsou složením blízké fengitu, někdy v doprovodu s křemenem nebo apatitem. Byly nalezeny také jehličkovité inkluze rutilu. V některých případech byly nalezeny části inkluzí vyplněné jemnozrnnými plátky chemickým složením odpovídající klinochlóru. Tyto granáty byly nalezeny pouze v hloubkách 317 m a 330 m.

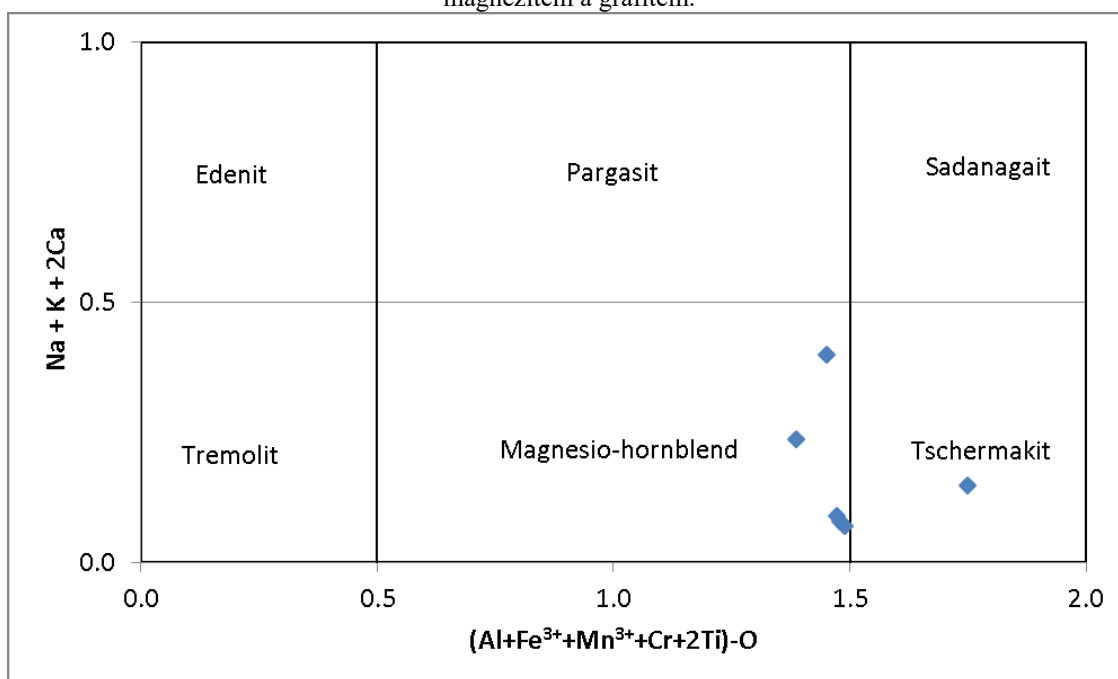
4.3.2 T-31

Většina zrn z hloubky 205.5 m obsahuje méně inkluzí než zrna z lokality Tř-1. Vyskytly se ale výjimky. V pyrop-almandinových granátech byly nalezeny polyfázové inkluze obsahující amfibol, minerál ze skupiny spinelu, Ba slídu a magnezit. Další inkluze jsou tvořeny amfiboly, magnezitem a apatitem nebo pyrothinem. Většina inkluzí je ale přeměněných na klinochlór.

Kromě převážně polyfázových, byla nalezena monofázová inkluze olivínu 93.3 % Fo a 5 % Fa. V jedné z inkluzí byl pozorován přechod enstatitu o složení 35.68 hm. % MgO a 4.15 hm. % FeO na magneziohornblend, který obsahuje 18.5 hm. % MgO, 10.73 hm. % CaO na magneziohornblend. Rozhraní obou minerálů je neostře (Obrázek 18). Variabilita chemického složení amfibolů jsou patrné v klasifikačním diagramu podle Hawthorne *et al.* (2012) viz Obrázek 19.



Obrázek 18: Inkluze s postupným přechodem enstatitu do magneziohornblendu v asociaci s magnesiochromitem, magnezitem a grafitem.



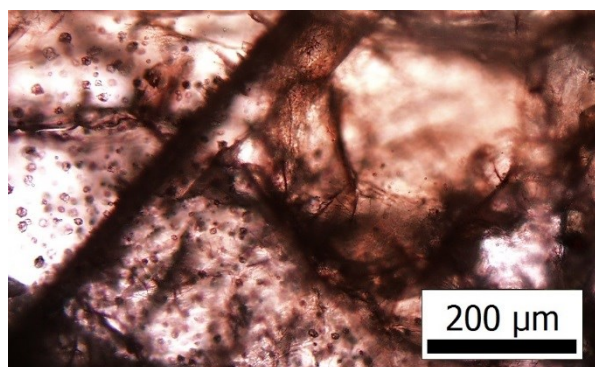
Obrázek 19: Klasifikace inkluzí amfibolů ze zrn granátů podle Hawthorne *et al.* (2012).

V almandin-pyropových zrnech byla nalezena odlišná asociace uzavřených fází. Nejčastěji se jednalo o polyfázové inkluze křemene s rutilem. V jednom případně byl nalezen rutil v asociaci s barnatým flogopitem, ZnMg spinelidem a apatitem. Minerál ze skupiny spinelidů, který je ze 42.9 % tvořen gahnitovou a z 55.6 % magnesioferritovou komponentou. Zrna rutilu byla někdy nalezená samostatně. Z menších inkluzí byly nalezeny fáze, které pravděpodobně odpovídají živci a slídě, ovšem vzhledem k velikosti cca 2 μm jejich chemismus nelze kvantifikovat.

Byly nalezeny i malé inkluze, které by mohly představovat inkluze živců. Jedná se o asociaci křemen, rutil a plagioklas, jak je vidět na Obrázcích X a Y.

4.3.3 T-7

Ve vrtu T-7 je zastoupeno 5 petrologicky klasifikovaných hlavních horninových typů. Jednotlivé inkluze jsou popsány na základě složení hostitelských granátů.

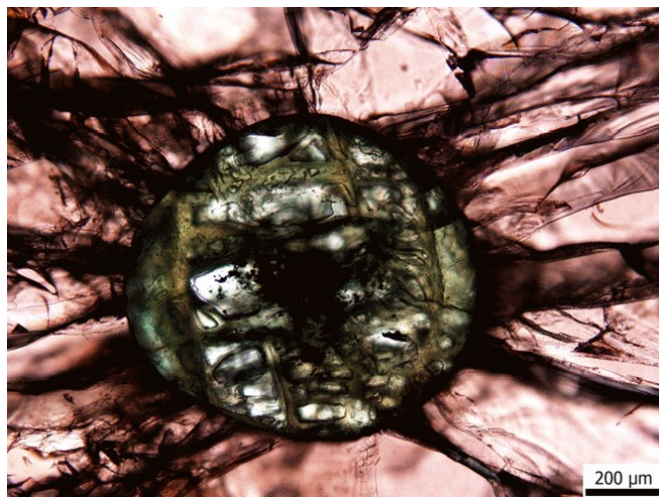


Obrázek 20: Polyfázové inkluze v okrajové části zrna 1_T-7_E z pyroxenitu. Inkluze jsou tvořeny amfiboly v asociaci s magnetitem, spinelem a v některých případech apatitem nebo flogopitem.

V zrnech granátu z pyroxenitu (4) z vrtu T-7 jse vykytují zrna obsahující v rovině řezu desítky až stovky inkluzí také zrna obsahující jen 3 inkluze. Inkluze jsou nejčastěji polyfázové, obvykle polygonální o velikosti 5-10 μm (Obrázek 20). Jednotlivé fáze inkluzí mají většinou ostré ohrazení. Chemicky odpovídají amfibolu, magnetitu, apatitu, minerálu ze skupiny spinelu a v některých případech asociaci doplňuje fáze obsahující Th, U anebo REE nebo pentlandit či

pyrhotin. Částými inkluzemi byly také barnaté slídy s magnetitem nebo amfibolem. Inkluze magnetitu obsahují 83 -93 mol. % Mg, 2 – 4 mol. % Ca, jak je znázorněno na Obrázku 23. Části inkluzí tvořené apatitem, nebyly obvykle tak velké, aby mohlo být stanoveno jejich chemické složení pomocí EPMA. Jedna z monofázových inkluzí o velikosti 7 mikronů je tvořena apatitem v řezu přibližně kolmém na osu c. Apatit vykazuje chemickou zonalitu. Nejvyšší variabilita byla zaznamenána u Sr a Cl: rozsahy jejich obsahů jsou 1.33 - 5.01 hm. % SrO a 1.91 – 4.25 hm. % Cl. Obsahy REE odpovídají 1.05 – 1.34 hm. % Ce_2O_3 a La 0.58 – 0.94 hm. % La_2O_3 . Složení spinelidů v inkluzích v pyroxenitových granátech široce kolísá, od zrn s 56 mol. % spinelu a 44 mol. % chromitu až po 79 % mol. spinelu a 21 mol. % chromitu. Spinelidy se nachází v asociaci s amfibolem, magnetitem a dalšími fázemi, které vzhledem k jejich malé velikosti nebylo možno identifikovat. Inkluze olivínu jsou větších rozměrů a většinou vykazují pokročilou alteraci. Jedna z inkluzí olivínu je sférického tvaru o průměru cca 800 μm , původní olivín protkaný sítí žilek minerálů ze skupiny serpentinu složením odpovídá 91 mol. % forsteritu. Alterace olivínu zvyšuje

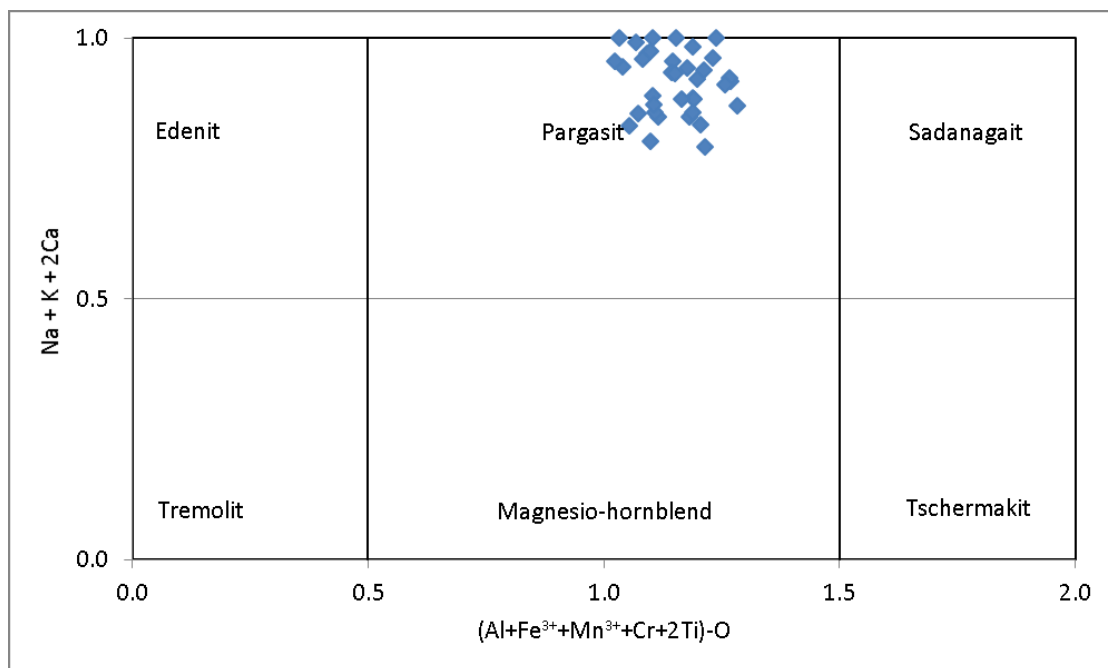
obsah Al_2O_3 a snižuje obsah MgO . V některých alterovaných olivínových inkluzích se vyskytuje velké množství malých zrněk magnetitu. Jako sekundární výplň puklin byly identifikovány baryt, kalcit a sulfidy arsenu. Další obrázky inkluzí jsou prezentovány v Obrázku 69 v Příloze IV.



Obrázek 21: Inkluze sférického tvaru T-7_1_A_1 se světlejšími zbytky olivínu a a částmi přeměněného serpentinu. Je viditelné křehké porušení granátu v jejím okolí.

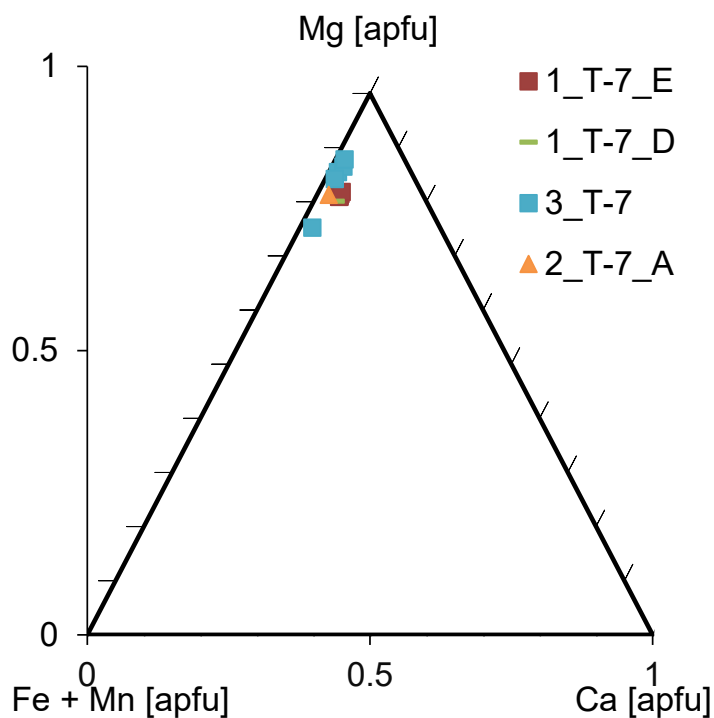
V lherzolitových granátech, které jsou podobné skupině 1 z vrtu Tř-1 se vyskytuje mnoho malých inkluzí, jejichž velikost nepřesahuje $10\text{ }\mu\text{m}$. Tyto inkluze jsou nejčastěji polyfázového charakteru a nejčastěji je v nich zastoupen pargasit v asociaci s magnetitem a flogopitem. Druhý typ asociace obsahuje místo flogopitu apatit. 1. asociace je často doplněna o fázi ThP s obsahem REE nebo fázi PbS či CaW.

V serpentinizaci postiženém lherzolitův minerální asociace inkluzí zahrnují pargasit, apatit, spinelidy a magnetit. Variabilita minerálního zastoupení jednotlivých inkluzí a jejich vzhledu je ilustrována na Obrázcích 68, 70 a 71 v Příloze IV. Naprostá většina amfibolů odpovídá v klasifikaci podle Hawthorne *et al.* (2012) pargasitu (Obrázek 22). Nicméně ve vzácných případech byla zachycena složení odpovídající buď cummingtonitu nebo katoforitu.



Obrázek 22: Klasifikace inkluzí amfibolu ze zrn granátu z lokality T-7 podle Hawthorne et al. (2012)

Složení magnezitu v inkluzích je variabilní a ilustruje ho (Obrázek 23). V analyzovatelných zrnech minerálů ze skupiny spinelu převládá spinelová (86 – 87 mol. %) a chromitová (11 – 13 mol. %) komponenta.



Obrázek 23: Fe + Mn – Mg - Ca ternární diagram podle (Graham *et al.*, 2006) se znázorněním variability složení magnezitu.

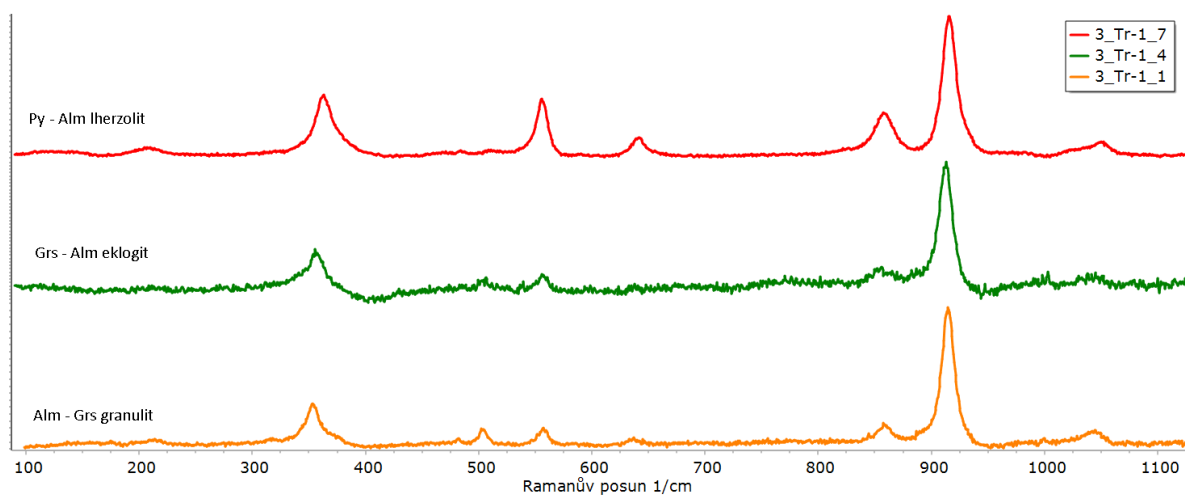
Pro granáty z lokalit Linhorka, Žejdlík, Chrástany a Malý Syslík byly inkluze popsány (Píšová, 2018), kde byly také prezentovány jejich empirické vzorce.

Úplný přehled asociací minerálů v inkluzích a četnosti výskytu v rámci jednotlivých lokalit, je uveden v Tabulce 17 v Příloze VII.

4.4 Ramanova spektra

4.4.1 Granáty

Hlavní pásy v Ramanových spektrech granátů leží na pozicích cca 361 – 365 cm^{-1} , 556-559 cm^{-1} a 915 – 919 cm^{-1} . Další pásy mají výrazně nižší intenzity. Obrázek 24 ukazuje Ramanova spektra granátů z hloubky 330 m vrtu Tř-1. Hlavní pás granátu je lokalizován invariantně na pozici 913 – 915 cm^{-1} . Největší rozdíl v pozici pásu granátu mezi spektry byl zjištěn v oblasti Ramanových posunů 353 – 363 cm^{-1} . U pásů s Ramanovými posuny 855 – 858 cm^{-1} , 913 – 915 cm^{-1} a 1044 – 1051 cm^{-1} jsou rozdíly v pozici méně významné.



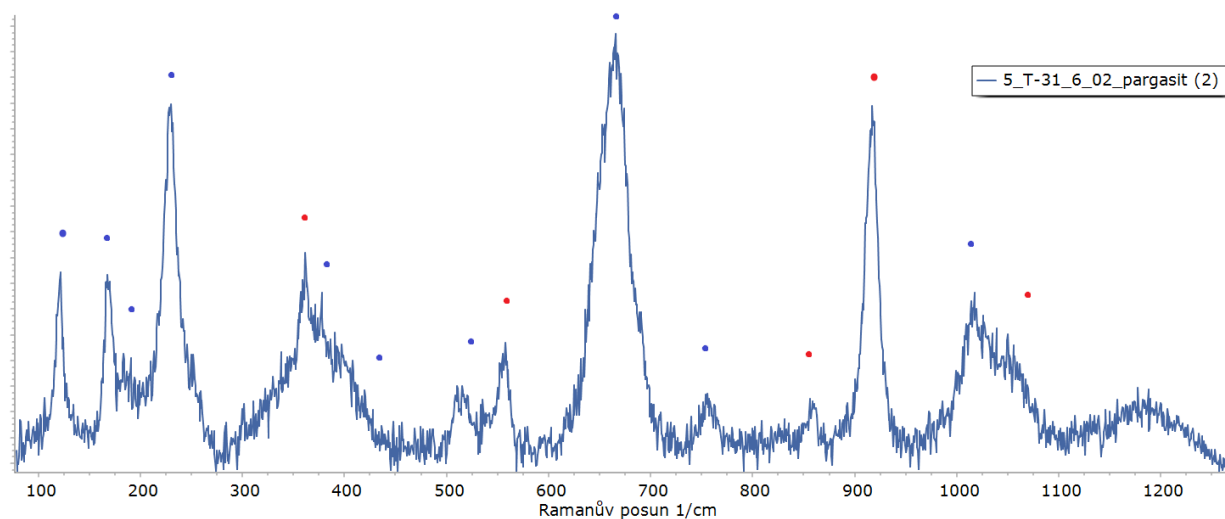
Obrázek 24: Spektra granátů podle jejich složení

4.4.2 Inkluze

Ramanovým spektrometrem byly analyzovány také jednotlivé minerály v uzavřeninách granátů. Identifikace minerálů inkluzí byly provedena programem CrystalSleuth (Laetsch & Downs, 2006) s databází RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015)

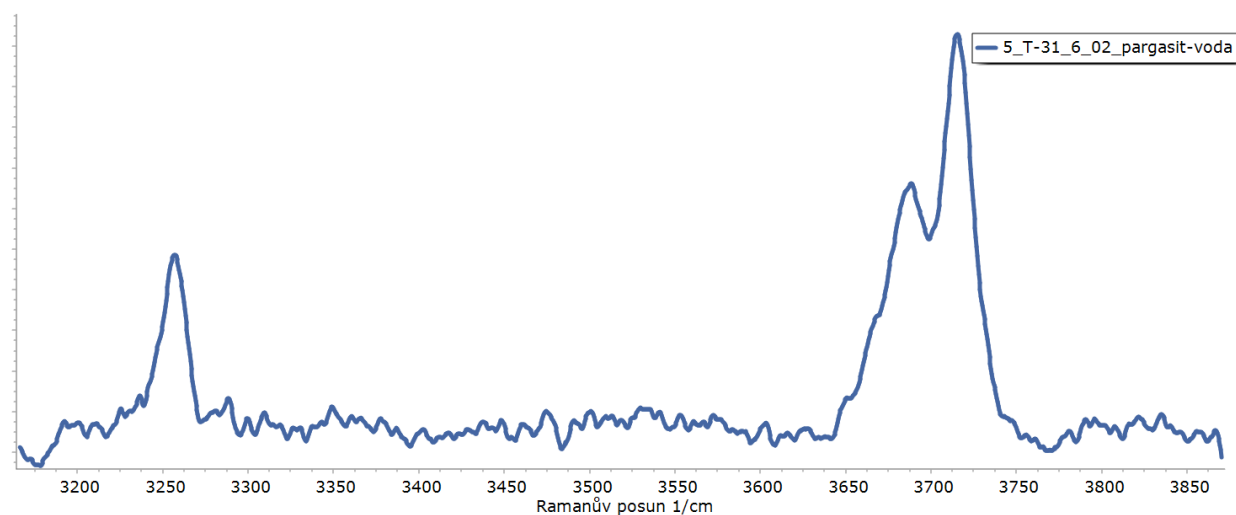
4.4.2.1 Polyfázové inkluze amfibolů s karbonáty a spinelidy

Spektra amfibolů odpovídají pargasitu. Nejintenzivnější pásy leží v pozicích 228 - 229 cm^{-1} , 377 - 384 cm^{-1} , 662 - 665 cm^{-1} a 1014 - 1016 cm^{-1} (Obrázek 25).



Obrázek 25: Spektrum pargasitu s pásy hostitelského granátu; Pásy pargasitu jsou vyznačeny modrými tečkami, zatímco pásy granátu červenými.

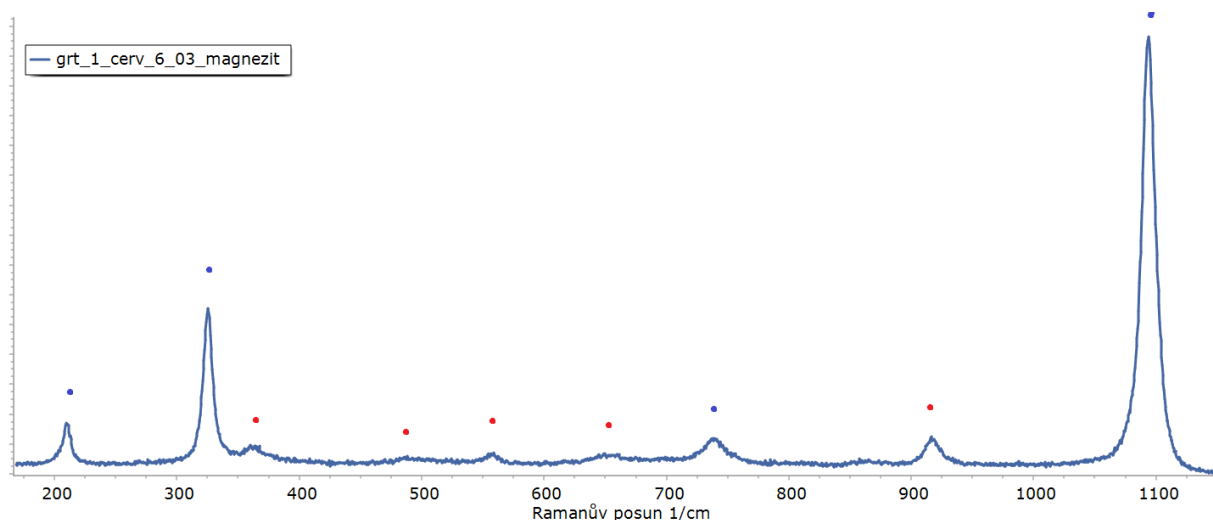
U tohoto pargasitu byly nalezeny pásy odpovídající OH skupině (Obrázek 26). Tyto pásy byly naměřeny v inkluzi obsahující pargasit, magnezit a spinel. Inkluze byla nalezena v zrnu z vrtu T-31 poblíž Měrunic. Hlavní pásy v oblasti $3200 - 3800 \text{ cm}^{-1}$ byly zjištěny v ~ 3260 , ~ 3686 a $\sim 3715 \text{ cm}^{-1}$.



Obrázek 26: Ramanovo spektrum pargasitu v oblasti s výskytem pásů náležejícím OH skupině

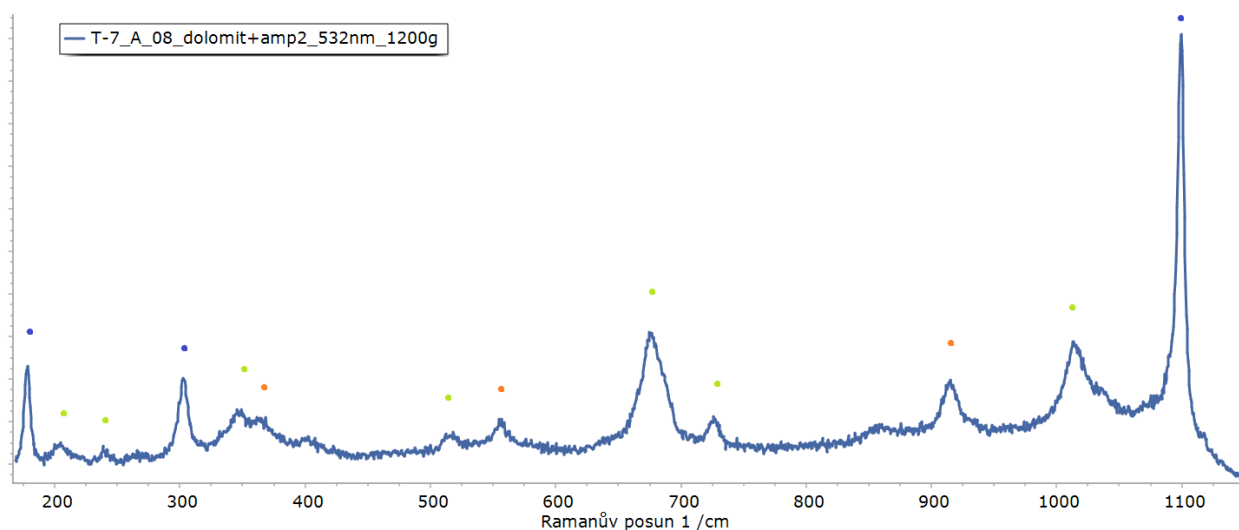
Karbonáty byly nalezeny společně s pargasity a spinelidy v uzavřeninách granátů. I zde je jako u granátů a dalších skupin amfibolů možné pozorovat, posuny pásů z důvodu změny složení. V oblasti $1080 - 1100 \text{ cm}^{-1}$ se pohybuje hlavní pás. Byla nalezena zrna odpovídající jak magnezitu, tak dolomitu. Oba minerály se liší pozicí pásů v nižších hodnotách Ramanova posunu.

Nejintenzivnější pásy ve spektru magnezitu leží na pozicích v 213 cm^{-1} , 330 cm^{-1} , 278 cm^{-1} a 1098 cm^{-1} . Typické spektrum magnezitu je uvedeno na Obrázku 27.



Obrázek 27: Spektrum magnezitu (modré tečky) s pásy hostitelského granátu (červené tečky) z lokality Linhorka.

Nejintenzivnější pásy dolomitu se nacházejí na pozicích v 177 cm^{-1} , 300 cm^{-1} , 724 cm^{-1} a 1096 cm^{-1} (Obrázek 28).

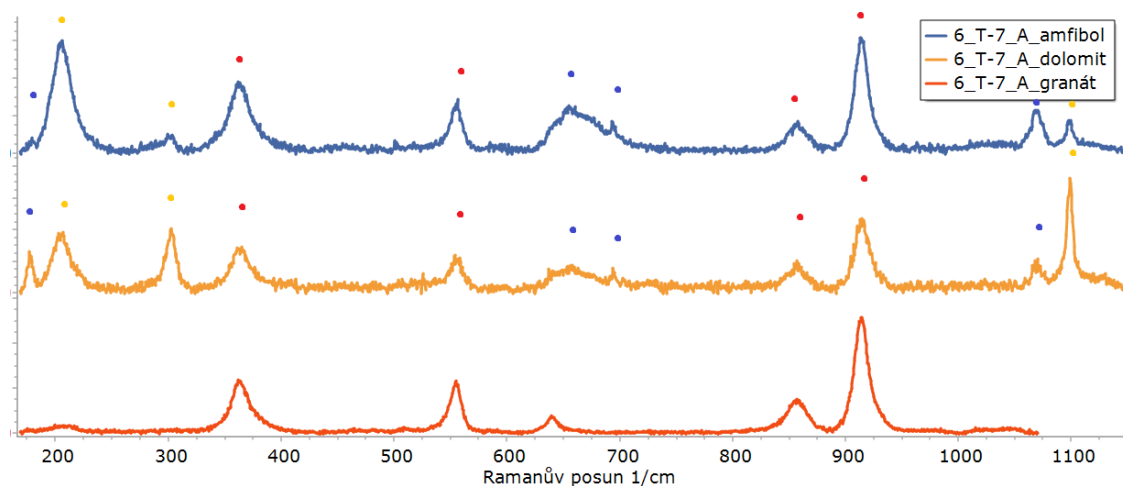


Obrázek 28: Spektrum dolomitu (modré tečky) s pásy pargasitu (zelené tečky) a granátu (červené tečky) z lokality T-7.

Harzburgitové granáty byly studovány výhradně pomocí Ramanovy spektroskopie, která poskytla také možnost studia inkluzí.

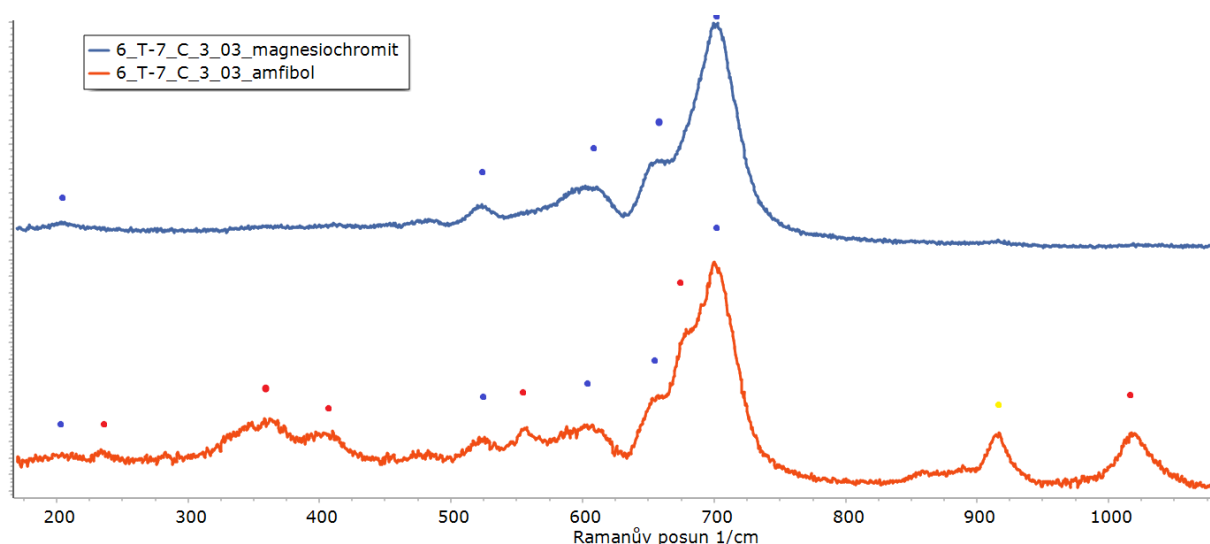
V zrně A byly identifikovány inkluze odpovídající amfibolu v asociaci s dolomitem a minerálem ze skupiny spinelu. Hlavní pás amfibolu leží v 655.3 cm^{-1} , ve spektru byly změřeny i pásy dolomitu

s hlavním pásem v 1099 cm^{-1} a jeho dalšími pásy v 177 cm^{-1} a 300 cm^{-1} . Ve spektru se nachází také hlavní pás granátu v 914 cm^{-1} . Spektra jednotlivých minerálů jsou zobrazena na Obrázku 29.



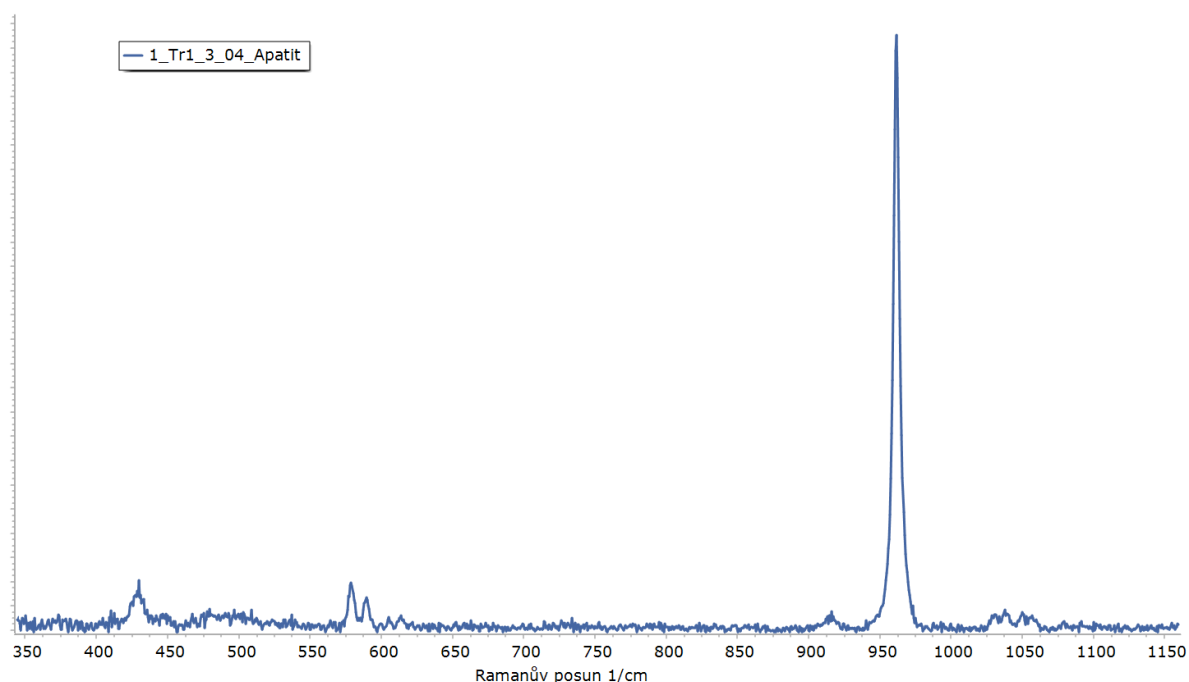
Obrázek 29: Inkluze amfibolu (modré tečky) v asociaci s dolomitem (žluté tečky), spektra obsahují i pásy granátu (červené tečky).

Ze spinelidů, které se podařilo spolehlivě určit i pomocí Ramanových spekter bylo změřeno spektrum magnesiochromitu v zrně C. Hlavní pás magnesiochromitu leží na pozici 701 cm^{-1} , další pásy leží na pozicích 602 cm^{-1} , 522 cm^{-1} a 204 cm^{-1} . Jedná se o inkluzi, nalezenou v harzburgitu z vrtu T-7. Obrázek 30 ukazuje spektrum magnesiochromitu v porovnání se spektrem amfibolu, který je téměř přehlušen spektrem magnesiochromitu. To ilustruje fakt, že vibrace ve struktuře spinelidů jsou výraznější než znázorněného amfibolu, přitom velikost amfibolu je větší než magnesiochromitu. Ale není známa hloubka inkluze pod rovinou řezu, to by mohlo být příčinou vzniklé situace. Velikost inkluze se pohybuje okolo $12\text{ }\mu\text{m}$.



Obrázek 30: Inkluze magnesiochromitu v asociaci s amfibolem. Horní spektru patří magnesiochromitu. Spodní spektrum je ukázkou spektra amfibolu s magnesiochromitem (modré tečky) a granátem (červené tečky).

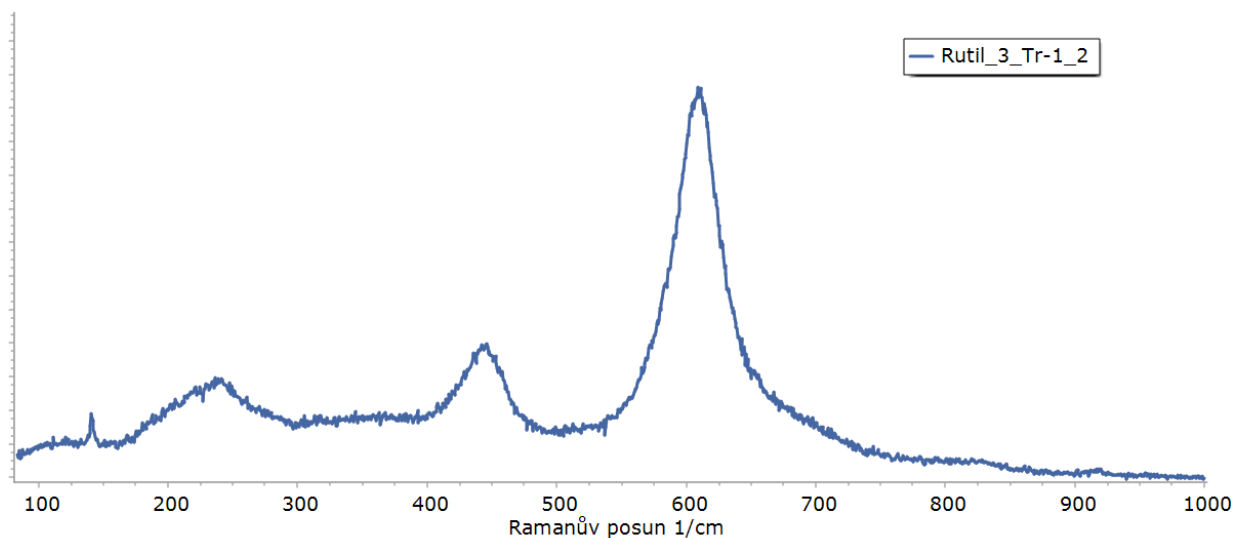
Podařilo se také změřit spektrum apatitu (Obrázek 31). Apatit vykazuje nejintenzivnější pás v oblasti 962 cm^{-1} , další pásy leží v 1057 cm^{-1} , 1050 cm^{-1} , 1037 cm^{-1} , 1030 cm^{-1} , 614 cm^{-1} , 605 cm^{-1} , 589 cm^{-1} , 580 cm^{-1} , 448 cm^{-1} a 429 cm^{-1} .



Obrázek 31: Ramanovo spektrum inkluze apatitu

Pomocí Ramanova mikrospektrometru byly identifikovány ještě další inkluze, které jinou metodou nemohly být studovány z hlediska jejich pozice pod povrchem výbrusu nebo nábrusu. Pomocí této metody byla nalezena zrna křemene i rutilu.

Inkluze, které byly nalezeny pomocí SEM a chemicky odpovídají TiO_2 , byly pomocí Ramanových spekter mineralogicky určeny jako rutil (Obrázek 32). Rutil má dva hlavní pásy, u kterých se mění intenzita v závislosti na orientaci. Hlavní pásy leží v 447 cm^{-1} a 612 cm^{-1} . Méně intenzivní pásy leží v oblasti Ramanova spektra 230 cm^{-1} a 144 cm^{-1} . Poslední ze zmíněných pásů náleží anatasu.

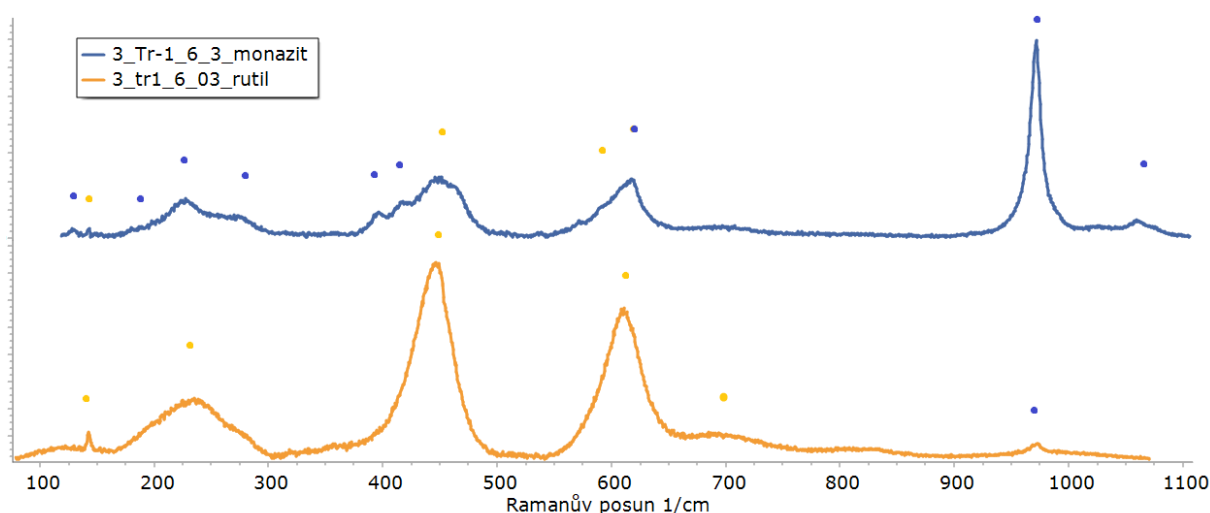


Obrázek 32: Ramanovo spektrum rutilu

Amfiboly v granátech

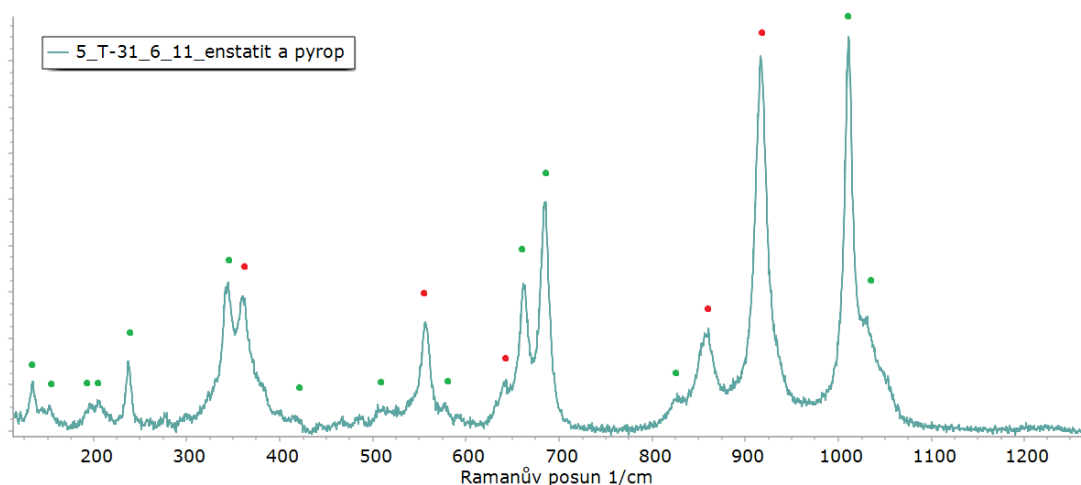
Byly nalezeny inkluze pargasitu, které mají hlavní pás na pozici 665 cm^{-1} a v jednom případě byly změřeny i pásy na 2916 cm^{-1} a 3043 cm^{-1} , odpovídající vibracím OH skupiny. Amfiboly byly pomocí Ramanových spekter identifikovány na lokalitách Linhorka, Žejdlík, Chrást'any, T-7, Tř-1 a T-31

Bylo naměřeno spektrum inkluze monazitu (Obrázek 33) z almandin- pyropového granátu z lokality Tř-1. Při měření bylo zjištěno, že inkluze není monofázová, ale pod povrchem je její další část, která byla identifikována jako rutil. Hlavní pás monazitu se nachází v 970.8 cm^{-1} Ramanova spektra, další pásy jsou na pozicích 395 cm^{-1} a 417 cm^{-1} . Rutil má v tomto případě hlavní pás v 444.8 cm^{-1} , Další významný pás ve v pozici 610 cm^{-1} Méně významné pásy s větší pološířkou se vyskytují na pozicích 233 cm^{-1} a 690 cm^{-1} . U rutilu při měření 3D mapy bylo zjištěno, že je čočkovitého tvaru a že dochází k polarizaci hlavního pásu Ramanova spektra při pohybu v rámci zrna, při stejné pozici analyzátoru a polarizátoru.



Obrázek 33: Ramanova spektra monazitu a rutilu

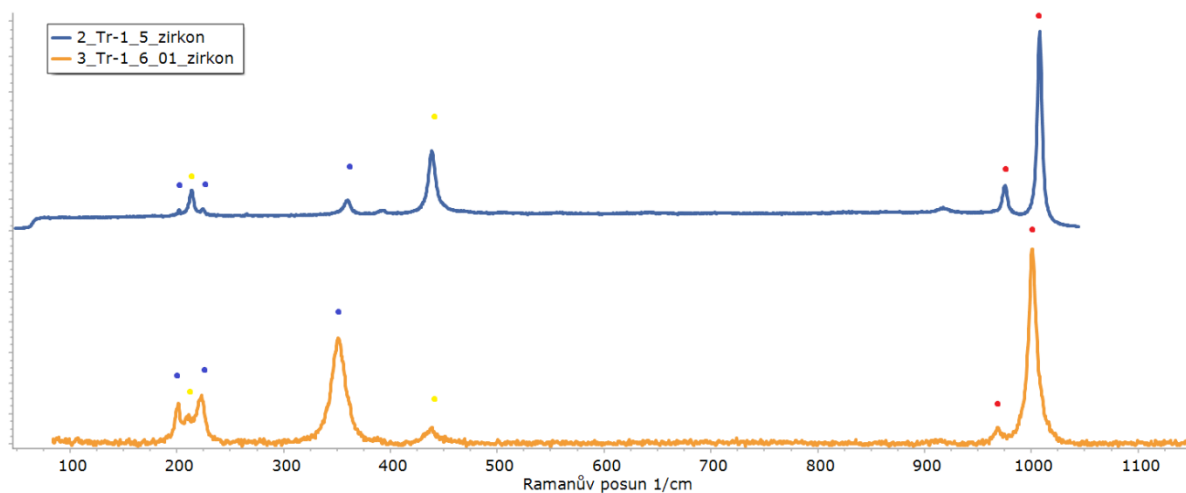
Pomocí Ramanových spekter byl potvrzen výskyt enstatitu, a to ve dvou inkluzích v jednom zrně granátu. Inkluze enstatitu (Obrázek 34) je malá a nepodařilo se spektrum naměřit čisté bez přítomnosti granátu. Při identifikaci, bylo zjištěno, že se jedná o ortoenstatit. Ortoenstatit má hlavní pás v 1011 cm^{-1} , další významné pásy se pohybují v 662 cm^{-1} a 685 cm^{-1} a 344 cm^{-1} .



Obrázek 34: Ramanovo spektrum ortoenstatitu (zelené tečky) a granátu (červené tečky) s vyznačením pásů.

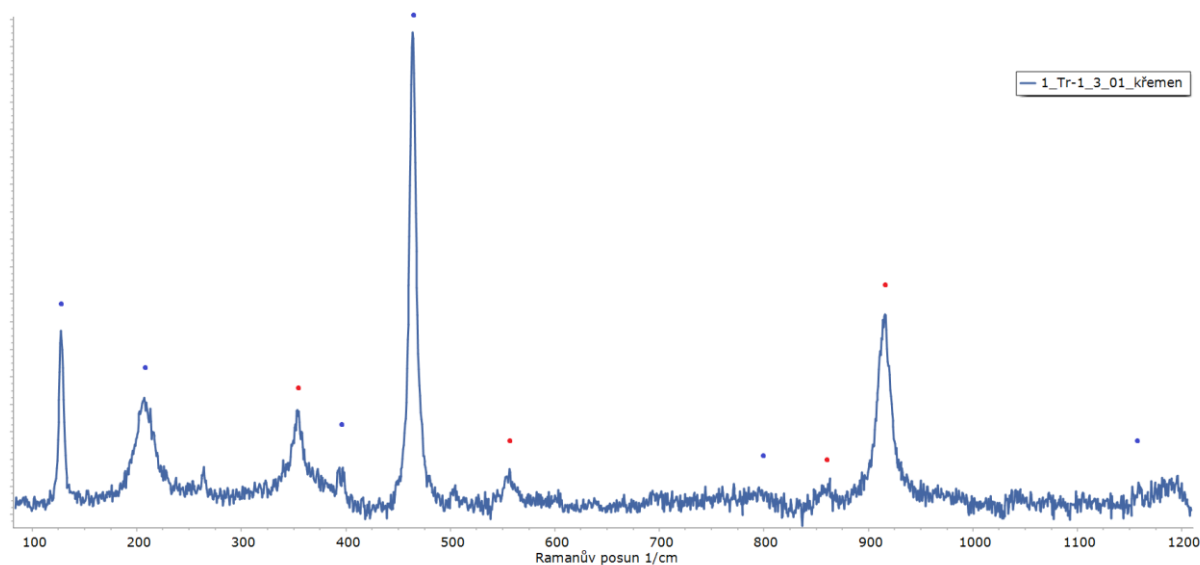
Byla získána Ramanova spektra zirkonu (Obrázek 35). Hlavní pás se nachází v 1000.9 cm^{-1} , další pásy se nachází v nižších oblastech Ramanova spektra a to v 223 cm^{-1} , 351 cm^{-1} a 434 cm^{-1} .

Při porovnávání naměřených spekter zirkonu bylo zjištěno, že zirkon ze zrna 2_Tr-1_5 je postaven k detektoru v orientaci, kdy mezi jednotlivými spektry bylo pozorované částečné vymizení pásů v 350 cm^{-1} a také v 202 cm^{-1} a 223 cm^{-1} . Naopak pásy na pozicích 439 cm^{-1} a 213 cm^{-1} jsou intenzivnější.



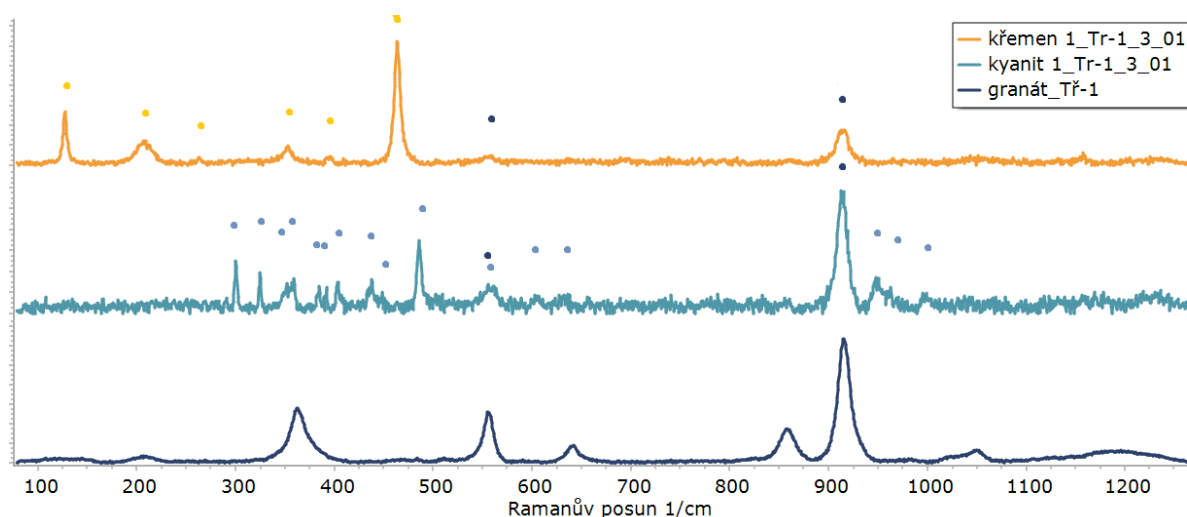
Obrázek 35: spektra zirkonů, která demonstrují vůči sobě silnou polarizaci; pásy, které jsou potlačeny v jednom ze dvou spekter, jsou vyznačeny žlutými a modrými tečkami; hostitelský granát červenými tečkami.

Nalezené hmoty SiO_2 , pro které byla změřena Ramanova spektra, byly určeny jako křemen podle nejintenzivnějších pásů. Ty leží v 463 cm^{-1} , 205 cm^{-1} a 127 cm^{-1} . Další pásy jsou nezřetelné (Obrázek 36).



Obrázek 36: Spektrum křemene s vyznačením pásů modrými tečkami a s vyznačením pásů spektra hostitelského granátu červenými tečkami.

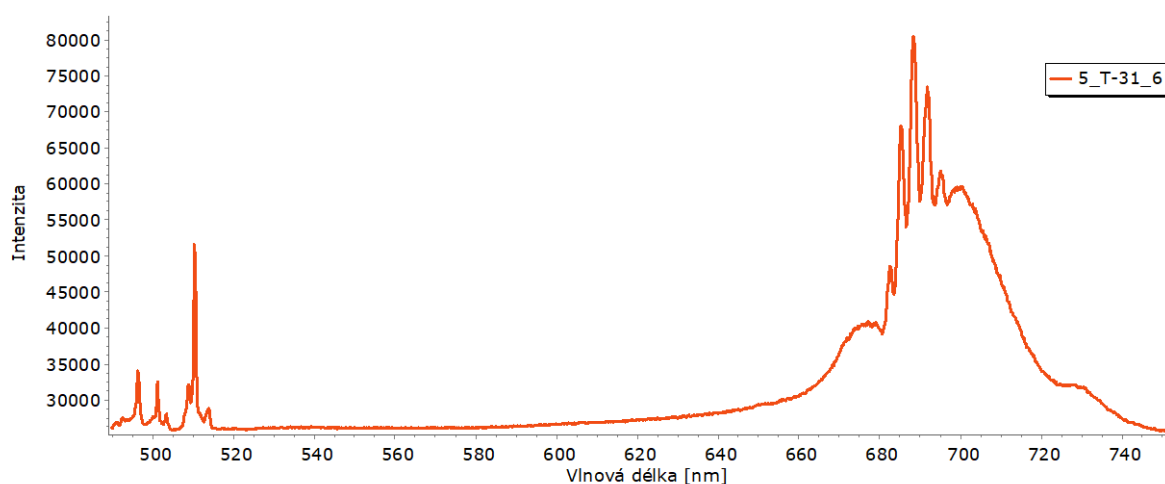
Pomocí Ramanova mikrospektrometru byla zanalyzována inkluze složením odpovídající SiO_2 a Al_2SiO_5 , tyto fáze byly spektroskopicky určeny jako křemen a kyanit (Obrázek 37). Hlavní pás křemene se nachází na pozici 464 cm^{-1} , další významný pás je pozorován v 127 cm^{-1} . U spektra kyanitu je hlavní pás na pozici 486 cm^{-1} . Granát má hlavní pás v oblasti $913 - 915 \text{ cm}^{-1}$.



Obrázek 37: Ramanova spektra inkluze křemene (oranžové tečky) a kyanitu (modrozelené tečky) v porovnání se spektrem granátu (tmavěmodré tečky).

4.5 Fotoluminiscenční spektra

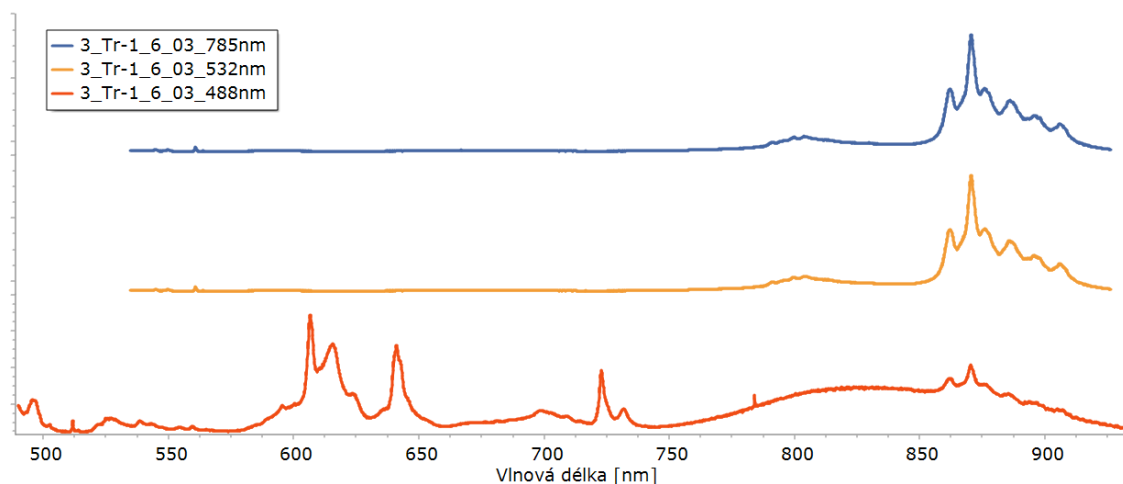
Fotoluminiscenční spektra granátů senzitivně reagují na obsah chrómu. Granáty, které obsahují nad 1.3 hm. % Cr_2O_3 vykazují silnou fotoluminiscenci v oblasti 610 nm – 800 nm, jak je vidět na Obrázku 38. Fotoluminiscenční spektra granátů, které jsou almandinové a jejich odstín je světlý, jsou s velmi vysokou úrovní pozadí v oblasti 500 – 750 nm sotva patrná. V pyropových granátech je fotoluminiscence reprezentována 5 úzkými maximy v ~ 683 nm, ~ 686 nm, ~ 689 nm, ~ 692 nm, ~ 696 nm, obklopenými širšími pásy v ~ 677 nm, ~ 705 nm a ~ 731 nm. Byly také zaznamenány změny v intenzitě fotoluminiscence.



Obrázek 38: fotoluminiscence chromitého granátu.

U monazitu byla kromě Ramanových spekter (Obr 39) pořízena také fotoluminiscenční spektra při excitačních vlnových délkách 488 nm, 532 nm a 785 nm. Byla pozorována silná fotoluminiscence v oblasti od 540 nm do 720 nm. Fotoluminiscenční píky leží v oblastech 545 nm, 560 – 580 nm,

605 nm, 615 nm, 650 nm, a 720 nm. Mezi fotoluminiscenčními spektry je pozorovatelné, že ve 3 excitačních vlnových délkách 532 nm a 785 nm jsou potlačeny pásy v oblasti 500 – 780 nm.



Obrázek 39: Fotoluminiscence monazitu ve 3 excitačních vlnových délkách.

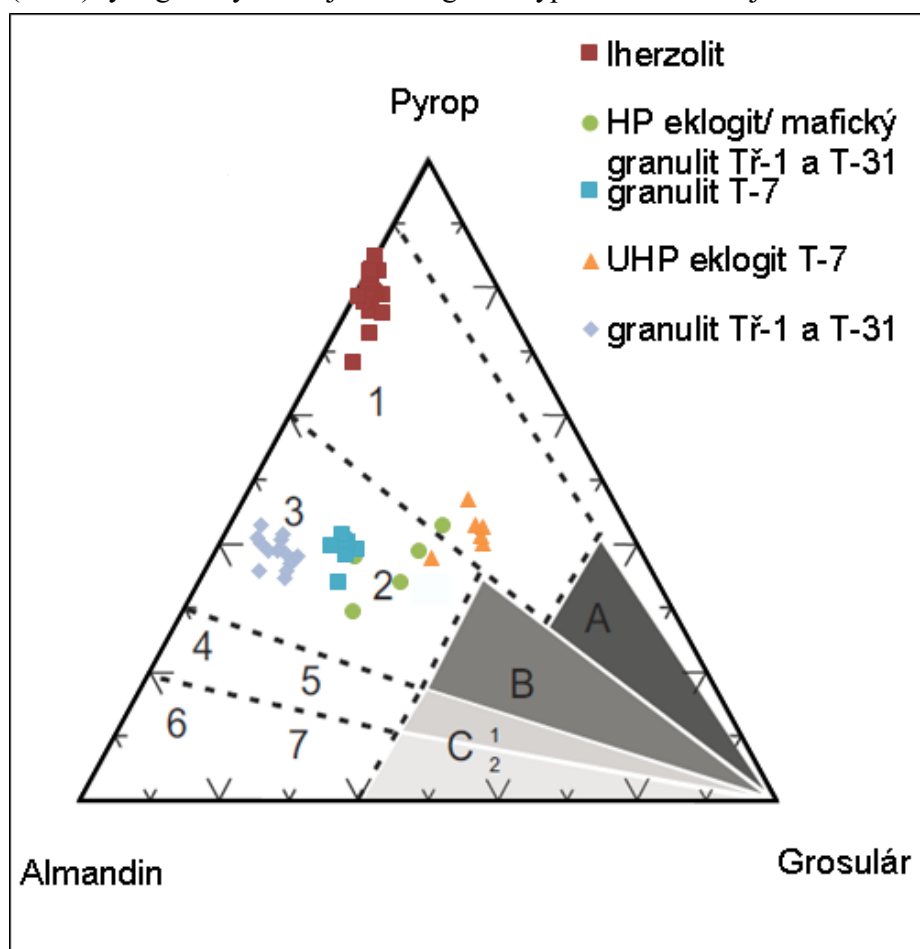
Fotoluminiscence byla zjištěna i u spektra kyanitu. Je soustředěna do oblasti vlnové délky mezi 680 až 730 nm. Nejintenzivnější pás je v oblasti 705 nm (Obrázek 59, Kapitola 5.5).

5. Diskuze

5.1 Klasifikace a provenience granátů

Podle klasifikace Grütterera *et al.* (2004) spadají všechny studované granáty do lherzolitového (**G9**), eklogitového (**G3**) a pyroxeniticko-websteritového pole zahrnující Ca chudé eklogitové granáty (**G4**). Pole G3 a G4 je rozděleno fázovým rozhraním grafit-diamant (Graphite Diamond Constrain = GDC)(Gurney, 1984; Grütter, 2006) na 2 části, podle stability grafitu G3/G4 a diamantu G3D/G4D. Klasifikace Schulzeho (2003) se shoduje s tou od Grütterera *et al.*(2004) u většiny (17 z 18 zrn) lherzolitových, eklogitových (G3) i megakrystových (**G1**) zrn. Ale pyroxeniticko - websteritové granáty *sensu* Grütter *et al.* (2004) z lokality Tř-1 mají podle klasifikace Schulzeho (2003) korový původ.

Granáty, které byly klasifikací Grütterera *et al.* (2004) určeny jako pyroxeniticko - websteritové granáty zahrnující eklogitové s nízkým obsahem vápníku, pokud jsou korové (Schulze 2003) nemohou být podle Grütterera *et al.* (2004) klasifikovány, jelikož, klasifikace je definovaná pro granáty lherzolitové, harzburgitové, pyroxenitové, wehrlitové, eklogitové a megakrystové. Schulze (2003) tyto granáty značí jako eklogitové typu A. Složením jsou ale bližší granulitovým granátům



Obrázek 40: Zastoupení koncových členů granátu podle Aubrechta *et al.* (2009) z lokalit Tř-1, T-31 a T-7, s přihlédnutím ke klasifikaci (Schulze, 2003).

(Smit *et al.*, 2000; Jedlička & Faryad, 2017 a další).

Klasifikace podle Aubrechta *et al.* (2009) rozděluje granáty z lokalit Tř-1, T-31 a T-7 do 5 skupin. Granáty pyropovou složkou bohaté byly klasifikovány jako peridotitové, granáty z Tř-1 a T-31, které byly Schulzem (2003) klasifikovány jako korové a zároveň eklogitové typu A padají do pole

HP felzického granulitu, granáty z Tř-1, které byly klasifikovány jako eklogitové G3(G3D) padají do pole HP eklogitů. Granulitové granáty z T-7 byly klasifikovány jako HP granulitové a eklogitové granáty jako UHP eklogitové (Obrázek 40). Tato klasifikace je vhodná na rozlišení metamorfních podmínek vzniku granátů. Nedokáže rozlišit lherzolitové granáty od pyroxenitových, ale je vhodná pro eklogitové a granulitové.

Nejvíce granátů s granulitovým původem (*sensu* Aubrecht *et al.*, 2009) bylo nalezeno v arkózovém pískovci z jádra vrtu Tř-1 o hloubce 427 m ve frakci 0.4 – 1.05 mm. V hloubce 330 m vrtu Tř – 1 byly všechny granáty klasifikovány jako plášťové, granulitové a lherzolitové a v 317 m hloubce byly zastíženy vrtem taktéž plášťové granáty klasifikované (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) jako lherzolitové (G9), chromem chudé eklogitové (G3)/ HP eklogitové nebo HP granulitové a jeden granát jako granulitový (felzického typu) (Aubrecht *et al.*, 2009). Shrnutí klasifikací je uvedeno v Tabulce 5.

Tabulka 5: Shrnutí výsledků klasifikace granátů podle Grütter *et al.* (2004) a Aubrechta *et al.* (2009).

Vzorky	T-31		1_Tř-1		2_Tř-1		3_Tř-1		4_Tř-1		Tř-1
(Grütter <i>et al.</i> , 2004)	vzorky	celkem	vzorky	celkem	vzorky	celkem	vzorky	celkem	vzorky	celkem	celkem
Lherzolitové	1,2,4,5,7	5	1,2,7,8,9	5			7,8,9	3	1,3,5,6	4	12
a)	3,8,9	3	3,4,5	3	1 - 6	6	1,2,5,6	4	7	1	14
Megakrystové	6	1									0
Peridotitové (++ TiO ₂)			6	1							1
Eklogitové							3,4	2	2,4,8	3	5
(Aubrecht <i>et al.</i> , 2009)	vzorky	celkem	vzorky	celkem	vzorky	celkem	vzorky	celkem	vzorky	celkem	celkem
Peridotitové	1,2,4,5,6,7	6	1,2,6,7,8,9	6			7,8,9	3	1,3,5,6	4	13
HP granulitové (f)	3,8,9	3	3,4,5	3	1 - 6	6	1,2,5,6	4	7	1	14
HP eklogitové / granulitové (m)							3,4	2	2,4,8	3	5
Celkem		9		9		6		9		8	41
Poznámky:	a) pyroxenitové, websteritové a eklogitové -vápníkem chudé, (f) felzický, (m) mafický, HP vysokotlak										

Část jádra z vrtu T-31 z hloubky 205.5 m ukazuje, že většina přinesených granátů v době sedimentace je lherzolitových (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) a granulitových (Aubrecht *et al.*, 2009). Dvě zrna jsou podle Grütter *et al.* (2004) megakrystového původu, podle Schulzeho (2003), je jedno z těchto zrn lherzolitové.

Granáty nalezené v hloubce 317 m vrtu Tř-1 byly přineseny z různých zdrojů, což podporuje chemismus granátů, výskyt inkluzí a jejich vzhled. Majoritně je zastoupena almandinová komponenta a granáty vykazují krystalizaci nebo metasomatózu při teplotách okolo 800 °C. Tyto granáty jsou obohaceny o Ba a Sr, což by mohlo být důsledkem krystalizace v subdukčních podmínkách, kde z korových hornin jsou generována těmito prvky bohatá fluida, zatímco v plášti tyto prvky jsou řádově v menším množství (Medaris *et al.*, 2015). To je podpořeno Schulzeho

klasifikací (2003) podle které, byly určeny jako korové. Druhá skupina granátů je reprezentována převážně pyropovými granáty.

Do peridotitového pole s vyšším obsahem TiO_2 značícím Ti metasomatózu (**G11**) (Grütter *et al.*, 2004) padá jen jeden granát. Obsahuje 0.28 – 0.64 hm. % TiO_2 , což je vyšší koncentrace oproti lherzolitovým a eklogitovým zrnům. Vysoká variabilita byla pozorována i u ostatních prvků, obsah Cr_2O_3 se pohybuje mezi 4.70 – 6.45 hm. % a obsah CaO mezi 5.06 – 5.87 hm. %. Obsah MnO se pohybuje v rozmezí 0.33 – 0.53 hm. %. Koncentrace SiO_2 a MgO jsou podobné lherzolitovým granátům. Z koncových členů je majoritně zastoupen podle výpočtu programem Lococka (2008) z 59.6 – 68 % pyrop, z 10.6 – 17.1 % almandin, z 11 – 13 % uvarovit a až ze 7 % knorringit. Prvková variabilita zrna je v souladu s klasifikací, protože zonalita může být produktem metasomatózy.

Na lokalitě T-7 byly pomocí klasifikací (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) určeny granáty z pyroxenitu jako lherzolitové a padají do pole (G9), až na jedno zrno, které vychází jako megakrystové (G1) podle Grütter *et al.* (2004) i Schulzeho (2003). Lherzolitové granáty byly určeny jako megakrystové (G1), tyto granáty obsahují ~ 2 % Cr_2O_3 .

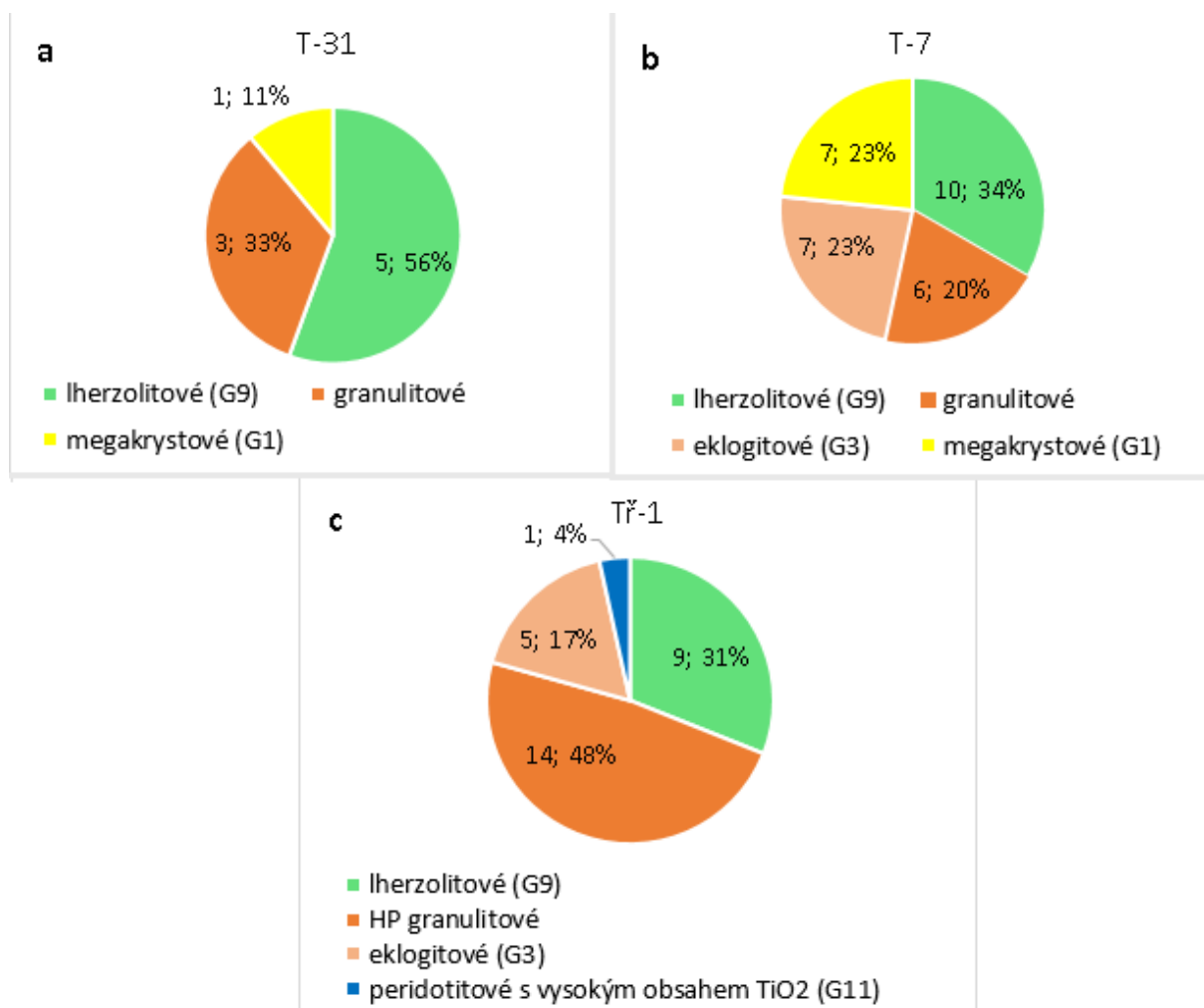
Byly studovány také části jader pocházející z granulitu (2-4_T-7) a eklogitu (2-2_T-7). Granáty ve výbrusu z granulitu byly klasifikacemi (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) určeny jako eklogitové (G3) a Schulzem jako plášťové. Tyto granáty obsahují přitom o 8 % méně FeO a zároveň méně CaO než granáty z eklogitu 2-2_T-7, které byly taktéž klasifikovány jako eklogitové (G3). Určení granátů pocházejících z granulitů jako eklogitové umožňuje vznesení otázky nad jejich původem, mafický granulit, má podobné zastoupení, eklogit se v jádře vyskytuje necelých 10 m od místa odběru granulitu. Klasifikace (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) jsou určeny pro granáty z ultrabazických a diamantonosných hornin. Což znamená, že pro granulitové granáty nemusí být použitelný.

Tyto eklogitové granáty mají podle Schulzeho (2003) plášťový původ, zatímco granáty (G3) z lokalit Tř-1 a T-31 mají převážně původ korový (Schulze 2003). To značí odlišnost mezi jednotlivými typy granulitu.

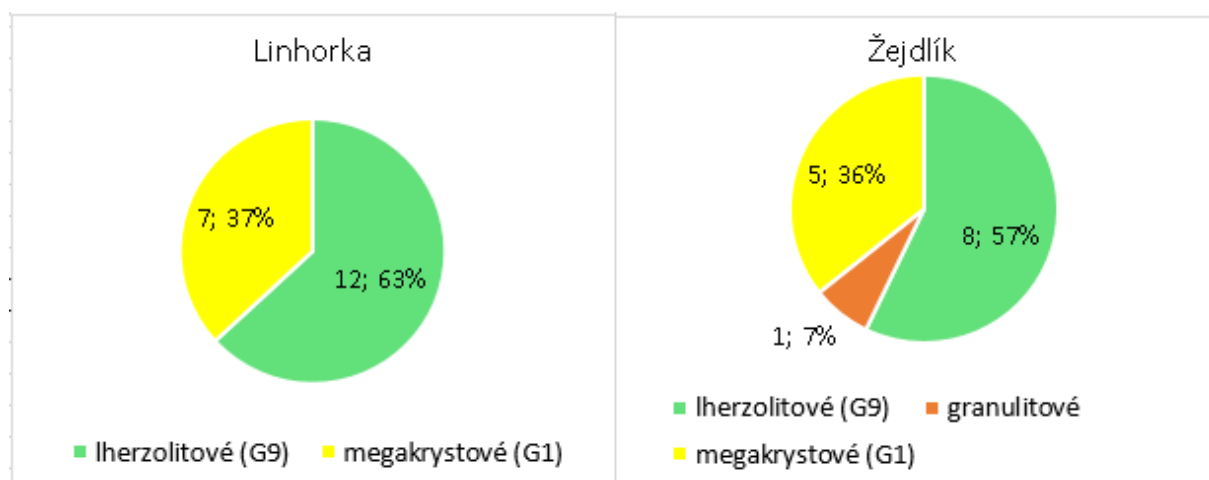
Výsledky klasifikace pro všechny lokality jsou znázorněny v Tabulce 16 v Příloze V.

Oproti lokalitám Linhorka, Žejdlík, Chrástřany, kde je dominantní původ lherzolitový, na lokalitě Tř-1 jsou granáty granulitové zastoupeny podobně jako lherzolitové, je zde ale patrný i podíl eklogitových granátů.

Na Obrázku 41 jsou znázorněny výsledky klasifikace na jednotlivých studovaných lokalitách v porovnání s Linhorkou a Žejdlíkem (Obrázek 42) (Píšová, 2018)



Obrázek 41: Výsledky klasifikací Schulzeho (2003), Grütterer *et al.* (2004) a Aubrecht *et al.* (2009) pro lokality a) T-31 b) T-7 a c) Tř-1.

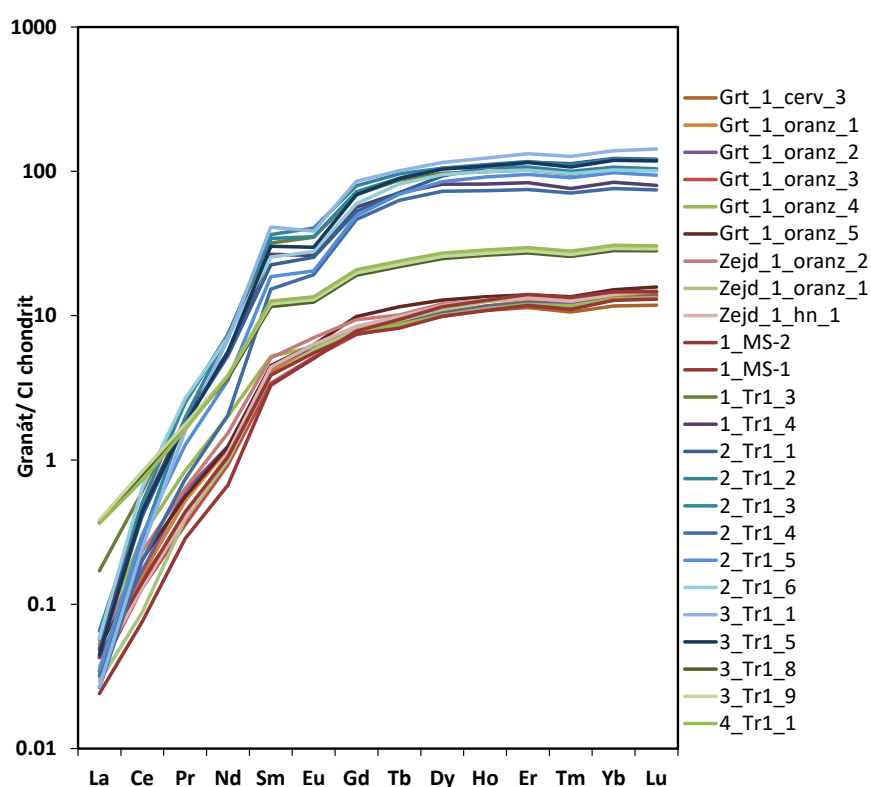


Obrázek 42: Výsledky klasifikací Schulzeho (2003), Grütterer *et al.* (2004) a Aubrecht *et al.* (2009) pro lokality Linhorka a Žejdlík.

5.2 Stopové prvky granátů

Naměřené hodnoty stopových prvků byly normalizovány na 3 známé rezervoáry, uhlíkatý chondrit (CI) (Palme & O'Neill, 2014), primitivní plášť (PM) (Palme & O'Neill, 2014), a granát J-4 (Jagoutz & Spettel v Wolff-Boenisch (1994).

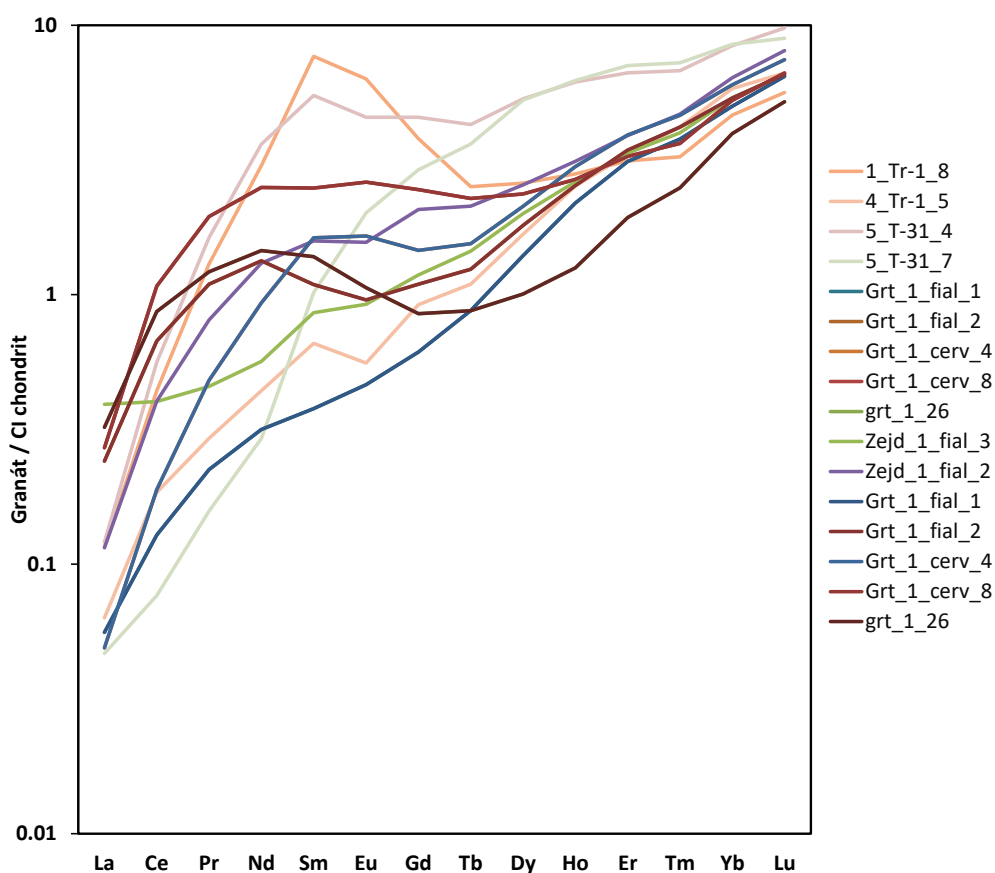
Granáty při normalizaci na uhlíkatý chondrit skupiny CI (Palme & O'Neill, 2014) vykazují navzájem se lišící profily prvky vzácných zemin. V 95% případů je ale znatelné ochuzení o lehké prvky vzácných zemin (LREE) a nabohacení o těžké prvky vzácných zemin (HREE). Většina granátů z lokalit Linhorka, Žejdlík, Tř-1 a T-31 a všechny vzorky z lokalit Malý Sysel a Chrást'any vykazují při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014) lherzolitové profily REE. Tyto vzorky se liší mírou nabohacení o HREE, a průběhem křivky v oblasti europa. Vzorky z lokalit Tř-1 a T-31, které byly podle obsahu hlavních a vedlejších prvků klasifikovány jako eklogitové (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) vykazují větší nabohacení o MREE a HREE, než granáty, které byly určeny jako lherzolitové (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004). Tyto granáty také vykazují zápornou Eu anomálii (Obrázek 43).



Obrázek 43: Lherzolitové profily granátů při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014)

Fialové až tmavě červené granáty z lokality Linhorka při normalizaci na chondrit vykazují profily prvky vzácných zemin odlišující se průběhem v oblastech MREE a HREE od lherzolitových granátů s normálním profilem (Stachel *et al.*, 1998), 3 z nich: grt_1_fial_2, grt_1_cerv_4 a grt_1_26 vykazují lehce sinusoidální křivky, gadolinium a terbiu se blíží hodnotám chondritu. To by

vzhledem k původu mohlo svědčit o jejich ochuzení; Stachelem *et al.* (1998) byly takovéto profily klasifikovány jako harzburgitové, ale na druhou stranu takovéto profily REE byly pozorovány i mezi vzorky pocházejícími z lherzolitů (Stachel *et al.*, 1998; Gregoire *et al.*, 2003; Shchukina *et al.*, 2015). Sinusoidální profil má také grt_1_fial_1, ovšem oproti CI (Palme & O'Neill, 2014) vykazuje obohacení o všechny LREE a také HREE, hodnoty stoupají výrazněji od dysprosia. Ostatní červené granáty vykazují ochuzení o LREE a obohacení o HREE oproti CI (Palme & O'Neill, 2014). Tyto červené granáty ale vykazují výrazně nižší obohacení o HREE a nemají typické lherzolitové profily, nýbrž jejich křivky stále stoupají až k luteciu, jak je vidět na Obrázku 44.

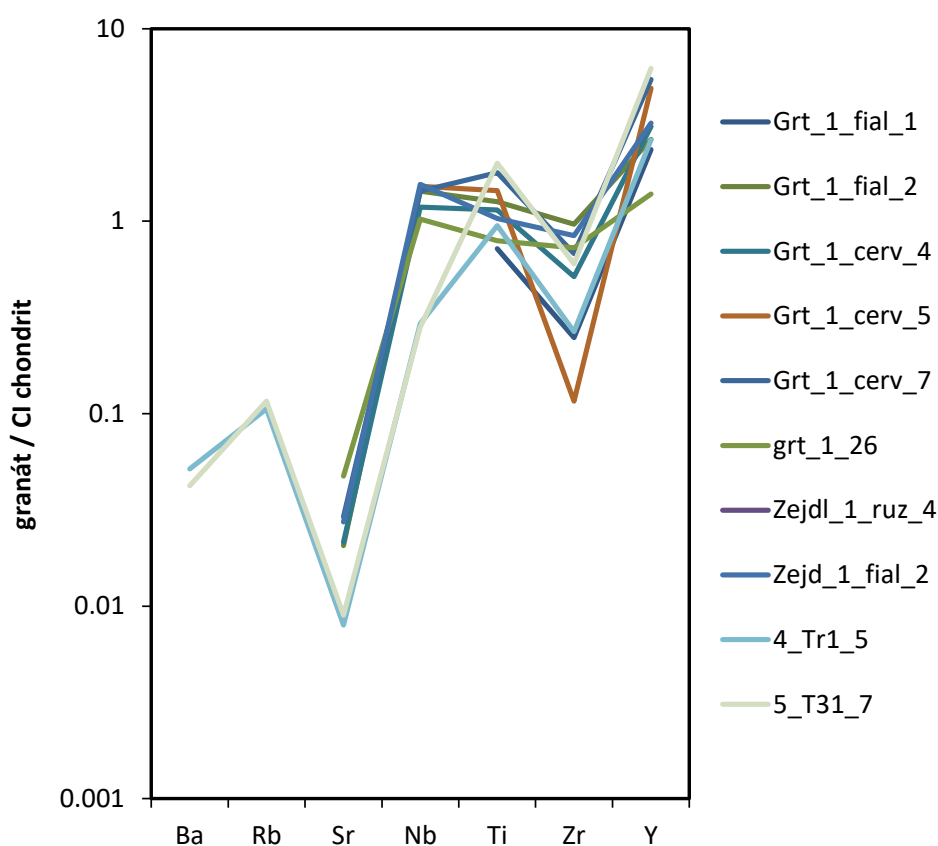


Obrázek 44: Granáty se sinusoidálními profily REE při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014)

Granáty oranžového až červeného odstínu vykazují typické profily REE při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014) podobné profilům granátů z diamantových inkluzí z lherzolitu z lokality Birim (Ghana), kde některé granáty popsané Stachelem *et al.* (2004) vykazují také plochý průběh MREE - HREE.

Granáty fialové a výjimečně fialovo růžové barvy s vyšším obsahem chrómu, vykazují téměř lineární profily REE od Ce po Lu při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014) (Stachel *et al.*, 2004).

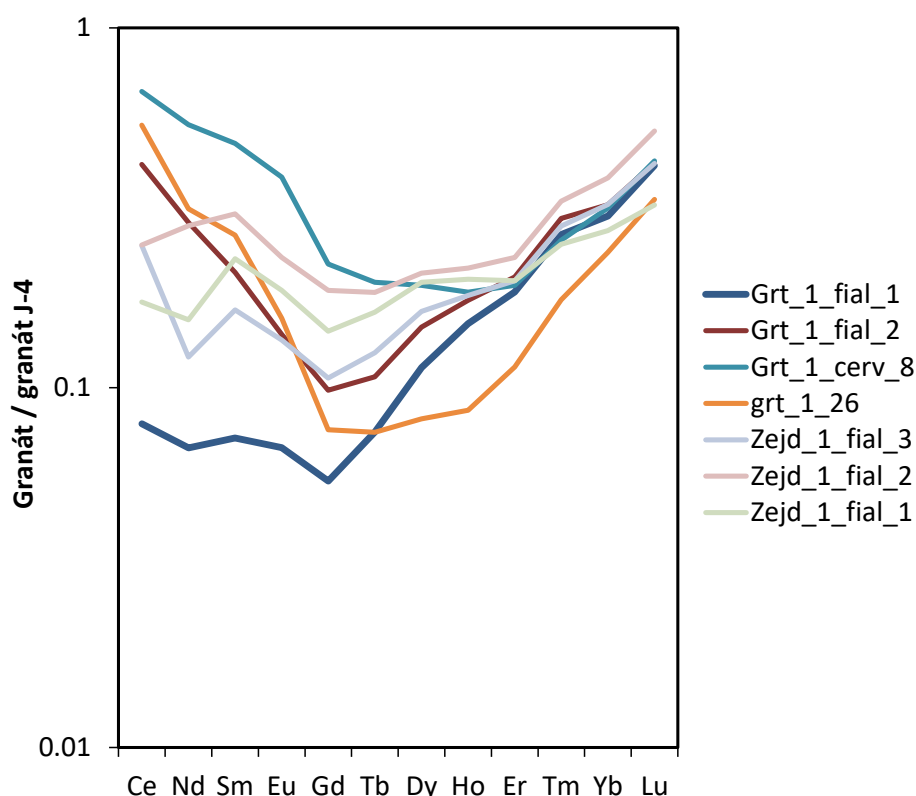
U HFSE prvků (Ba, Rb, Sr, Nb, Ti, Zr, Y) a LILE prvků (Rb, Sr, Ba) je po normalizaci na CI zřetelná záporná Sr a Nb anomálie u většiny vzorků z lokalit Tř-1 a T-31, s výjimkou mezi nimi tvoří 4_Tr-1_7 a 4_Tr-1_4, kde je tato anomálie méně výrazná. Všechny vzorky jsou ale oproti rezervoáru CI o prvky Ba, Rb mírně ochuzeny a o Sr, Nb výrazně ochuzeny. Stroncium a Rb se pohybují poblíž detekčních limitů. Jen 14 vzorků, tvořících 28 %, má průběh křivky mezi prvky Rb a Nb téměř lineární. Ve většině granátů je hodnota po normalizaci u zirkonia oproti CI nabohacena, u granátů určených jako lherzolitové (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004) se pohybuje mezi 2 -30, zatímco v granátech určených jako eklogitové mezi 50 - 150. U menšiny vzorků byla zaznamenána záporná Zr anomálie, jak je pozorovatelné na Obrázku 45. Tato anomálie je zaznamenána u vzorků, které v této oblasti vykazují mírné nabohacení i ochuzení oproti rezervoáru CI, týká se 6 zrn ze všech studovaných metráží vrtu Tř-1 i jednoho zrna z lokality T-31 (7), tvoří ale minoritní část zrn. Na lokalitě Linhorka tuto anomálii vykazuje 8 zrn a podobně jsou na tom vzorky z Žejdlíku, kde byla tato anomálie zaznamenána u 5 zrn. Ytrium je ve všech případech oproti rezervoáru CI nabohaceno, ovšem míra tohoto nabohacení se liší: polovina vzorků z Tř-1 vykazuje velmi silné obohacení o Y, zatímco druhá polovina, která Y obsahuje v jednotkách ppm, vykazuje jen velmi mírné obohacení o tento prvek.



Obrázek 45: HFSE prvky normalizované na CI (Palme & O'Neill, 2014) pro uvedená zrna

Výsledky normalizace na (PM) (Palme & O'Neill, 2014) vykazují podobné průběhy normalizovaných obsahů prvků jako při normalizaci na CI (Palme & O'Neill, 2014). Při normalizaci koncentrací REE na granát J4 (Jagoutz & Spettel v Wolff-Boenisch (1994) vychází většina granátů podobně jako při normalizaci na PM a CI (Palme & O'Neill, 2014) s výrazně ochuzenými LREE a od Sm vykazují REE lineární průběh a kopírují složení granátu J4 až po Lu.

Fialové granáty jsou oproti granátu J-4 celkově ochuzeny o REE, přičemž nejvíce ochuzené jsou MREE a od středu ke krajům se ochuzení snižuje (Obrázek 46). Tento profil je nejblíže harzburgitovým granátům, čemuž by odpovídalo také chování při normalizaci na chondrit CI.



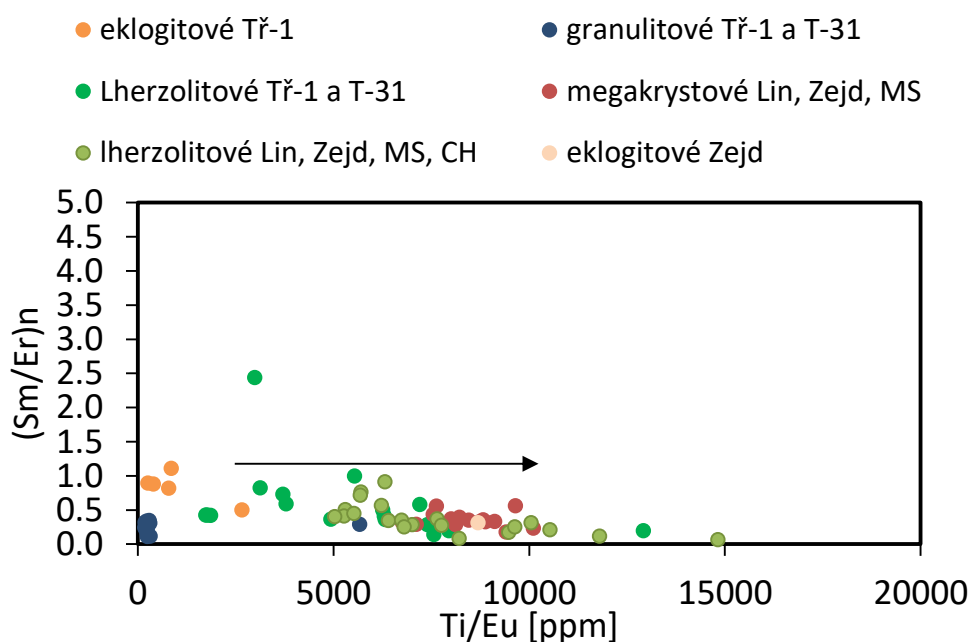
Obrázek 46: Fialové a červené granáty při normalizaci na granát J-4 (Jagoutz & Spettel v Wolff-Boenisch, 1994)

Granáty byly zkoumány z hlediska možné metasomatózy fluidy. Podle známých klasifikačních schémat Zr/Y (Griffin, 1999; Kahoui *et al.*, 2012), která byla upravena na základě naměřených hodnot lze rozdělit granáty do 3 skupin:

- (1) chromité granáty fialového a červeného odstínu z lokalit Linhorka, Žejdík a Tř-1, které jsou výrazně ochuzeny o Y i Zr. Tyto granáty byly Grütterem *et al.*, (2004) určeny jako lherzolitové. Obsahy Zr se pohybují od 0.4 – 16 ppm a obsahy Y od 3 – 8 ppm.
- (2) granáty, které obsahují méně než 20 ppm Y a Zr stoupá lineárně. Tyto granáty tvoří skupinu, která byla Grütterem *et al.* (2004) určena jako megakrystová, jedná se o granáty oranžového odstínu

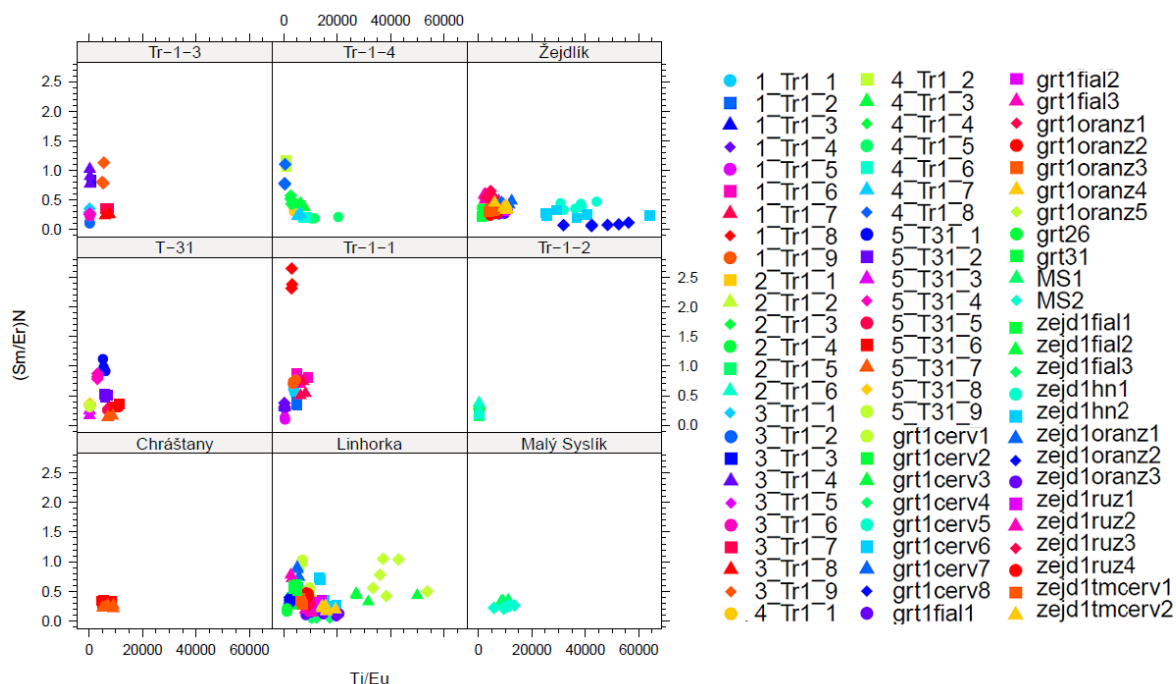
z lokality Linhorka a granátů z lokalit Tř-1 a T-31, tyto granáty vykazují známky poškození metasomatózou tavením.

(3) granáty ytriem bohatší než granáty (1) a (2), Y stoupá k hodnotám prvních stovek ppm, ale některé granáty vykazují stejný poměr Zr/Y jako skupina 2. Tyto granáty byly určeny Grütterem *et al.* (2004) jako eklogitové. Podle diagramu Aubrechta *et al.*, (2009) ale spadá většina z nich do granulitového pole. Zde by mohly představovat neochuzený plášť za předpokladu, že by se jednalo o granáty plášťového původu, čemuž ale nenapovídá složení inkluzí ani složení samotných granátů, jelikož neobsahují chrom a jsou i Ni, Co výrazně chudší než granáty červených a fialových odstínů. Právě Ni a Co jsou prvky, které se v plášti vyskytují ve větší míře než v kůře. Granáty jsou tedy spíše korového původu a jejich vysoké obsahy Y jsou důsledkem metasomatických procesů v kůře nebo v subdukční zóně. Tomu by odpovídaly i inkluze, které často představují minerály, které jsou akcesoriemi korových hornin, a jejich tvar je většinou bez známek krystalových ploch. To by mohlo být následkem rozpouštění minerálních fází před jejich uzavřením do hostitelských zrn. Počínající metasomatózu fluidy podporuje také diagram $(\text{Sm}/\text{Er})_n$ vs. Ti/Eu . Shlukování hodnot $(\text{Sm}/\text{Er})_n < 1$ a zvyšující se poměr Ti/Eu v granátech (Obrázek 47), vypovídá o metasomatóze silikátovou taveninou. Tento mechanismus byl objeven Shchukinou *et al.* (2015) při studiu lherzolitových a megakrystových granátů kimberlitové trubky V. Grib (Shchukina *et al.*, 2015).



Obrázek 47: Indikace pro silikátovou metasomatózu plášťových granátů podle Shchukiny *et al.*, (2015)

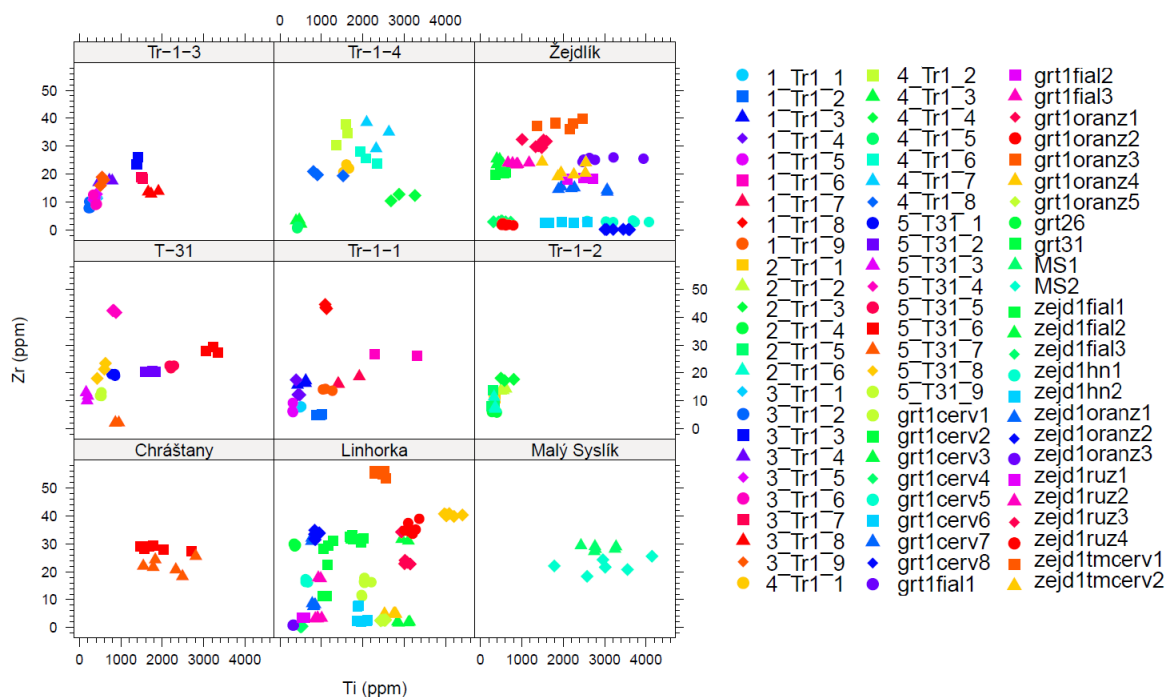
Na Obrázku 48 jsou vyneseny hodnoty pro jednotlivé analýzy všech zrn v trellis grafu.



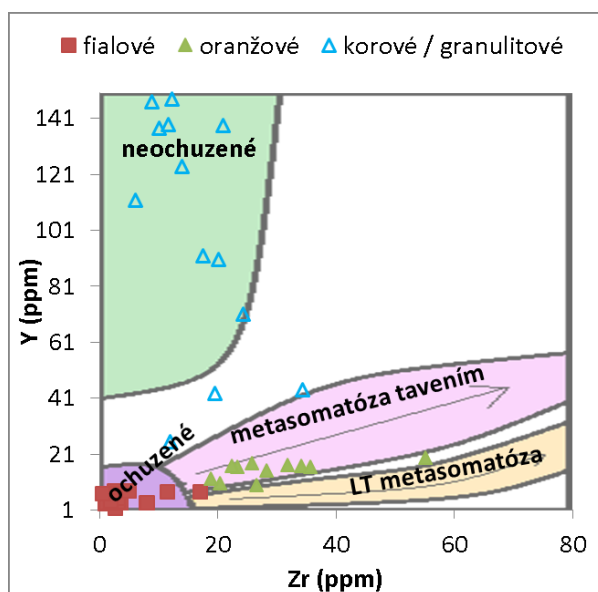
Obrázek 48: Trellis graf zobrazující variabilitu Ti/Eu naproti normalizovaným hodnotám (Sm/Er)N pro jednotlivé analýzy zrn granátů ze studovaných lokalit.

Koncentrace titanu rostou při metasomatóze fluidy, jak je známo z prací Griffina (1999), Kahoui *et al.* (2012) a dalších. Granáty oranžových odstínů z lokalit Linhorka, Žejdlík, Chrástany, Malý Syslík a některé vzorky z vrtů T-31 a Tř-1 vykazují metasomatózu fluidy, která zapříčinila postupnou změnu složení granátů, projevující se částečnou zonalitou, která je patrná z trellis grafu Ti/Zr na Obrázku 49, ve kterém jsou vyneseny jednotlivé analýzy zrn.

Granulitové granáty z Tř-1 a T-31 (Aubrecht *et al.*, 2009) tvoří skupinu s nízkým poměrem Zr/Ti. Granáty na lokalitě Linhorka vykazují mezi sebou významnou variabilitu, a granáty na lokalitě Žejdlík tvoří 3 skupiny. Obrázek 50 ukazuje typy granátů rozlišené v grafu Zr/Y podle Griffina (1999)



Obrázek 49: Trellis graf zobrazující variabilitu mezi Ti a Zr pro jednotlivé analýzy zrn granátů ze studovaných lokalit



Obrázek 50: Rozdělení granátů na základě znaků metasomatózy pro vzorky z lokalit Tř-1 a T-31 podle Griffina (1999)

5.3 Inkluze

V granátech z vrtu Tr-1, které byly postupem podle Aubrechta *et al.* (2009) klasifikovány jako HP granulitové, se vyskytující inkluze oválných elipsoidních a čočkovitých tvarů. V inkluzích se vyskytují rutil, zirkon, apatit, křemen a monazit. Podobné inkluze (rutil, křemen, apatit, grafit a

minerály ze skupiny karbonátů) byly nalezeny Kotkovou *et al.* (2011) v granulitech zastižených vrty v Českém středohoří. Jedličkou & Faryadem (2017) byly v granátech z felzických granulitů popsány inkluze, v kterých na rozdíl od zrn granátu z Tř-1 byl nalezen ještě fengit a plagioklas jako součást inkluzí s křemenem. Inkluze křemene a rutilu čočkovitých tvarů byly popsány také v pelitickém granulitu z Rajapalaiyam z granulitového bloku Madurai v Indii (Tsunogae & Santosh, 2006), v porovnání s asociací na této lokalitě ale nebyly nalezeny žádné inkluze složením ani strukturou odpovídající safirínu, který je indikátorem UHT podmínek. Nalezené inkluze v granátech na lokalitě Tř-1 a T-31 jsou podobné také asociaci popsané Harley & Nandakumar (2014) v granulitech z Kerala Khondalite Belt v Indii. V centrální části Krušných hor v UHP felzických granulitech (830°C, 1.9 GPa) byly v granátech nalezeny kulaté a oválné inkluze zirkonu, občas v asociaci s rutilem a vzácně s monazitem (Tichomirova *et al.*, 2018).

V granátech určených klasifikací Aubrechta *et al.* (2009) jako HT eklogitové, které jsou bohaté grosulár – almandin – pyropovými složkami, byly ve dvou zrnech zjištěny jehličky rutilu o velikosti 2 µm. Tyto jehličky jsou přítomny ve středu i na okraji zrn a mohly vzniknout odmísením z granátu (Ague & Eckert, 2012). Takovéto inkluze by mohly být indikátorem, že granáty prošly UHP podmínkami (Ye *et al.*, 2000; Ague & Eckert, 2012; Ruiz-Cruz & Galdeano, 2013). V zrnech byly nalezeny také inkluze SiO₂ v asociaci s draselnou slídou, živci a apatitem. Jsou malých rozměrů, většinou 3 – 7 µm veliké. Chemismus jednotlivých fází v nich z tohoto důvodu nemohl být kvantitativně určen. Jehličky rutilu, i polyfázové inkluze fengitu v asociaci s křemenem byly v eklogitových granátech popsány Jedličkou (2013). Nalezené inkluze se částečně shodují s asociací rutil, křemen, zirkon a apatit z Holsnøyského eklogitu v západním Norsku (Zhong *et al.*, 2019), ve studovaných vzorcích nebyly ale nalezeny žádné zirkony. Z eklogitových xenolitů v kimberlitu z Jakutska byly popsány inkluze rutilu, ilmenitu, apatitu a křemene / coesitu, které vznikly v granátech při dekompresi a chladnutí a tvoří exsoluční texturu (Alifirova *et al.*, 2015). Transformace coesitu na křemen je přisuzována výnosu horniny z hloubky 130 – 150 km do 60- 65 km. Hornina má ale původ v mnohem větší hloubce: 210 – 260 km (Alifirova *et al.*, 2015). Pro přechod coesitu na křemen definovali teploty ~ 800°C a tlaky ~ 3 GPa (Alifirova *et al.*, 2015). V eklogitech na kontaktu moldanubika a moravosilezika byly Faryadem *et al.* (2013) popsány monominerální inkluze omfacitu, apatitu, rutilu, amfibolu, biotitu, chloritu a kalcitu. Mezi polyfázovými inkluzemi byly popsány draselné živce s plagioklasem, amfiboly s paragonitem a karbonáty, amfiboly s kalcitem a také amfiboly s plagioklasem a diopsidem (Faryad *et al.*, 2013)

Inkluze v lherzolitových zrnech jsou většinou menších rozměrů než v granátech eklogitových, tj. pod 10 mikronů, a jejich počet v zrnech je větší. Jsou často polyminerální a vyskytují se často ve

shlucích. Jedná se zejména o amfibol v asociaci s apatitem, spinelem, magnezitem a Ba slídami. Tyto inkluze byly pravděpodobně zachyceny během růstu granátových zrn. Shluky inkluzí jsou často orientovány do linií. Podobné vlastnosti popisují Frezzotti & Ferrando (2015). Inkluze se vyskytují zejména v okrajových částech granátu, byly ale nalezeny i ve středu granátů. To by mohlo být důsledkem metasomatózy fluidy uvolněných z korových hornin při jejich vznosu při variské orogenezi (Medaris *et al.*, 2015). Podobné inkluze byly z Českého středohoří popsány Seifertem a Vránou (2003). Polyfázové inkluze z pyropových granátů v Českém středohoří popsali také Gilg *et al.* (2015), ale skládající se z pyroxenů v asociaci s magnezitem, flogopitem, apatitem a grafitem, což je asociace odlišná oproti mnou nalezeným inkluzím. Na lokalitě Linhorka byly v inkluzích o velikosti 5 – 20 μm majoritně zastoupeny amfiboly v asociaci s magnezitem, nebo magnesiochromitem, či apatitem, ale často inkluze obsahují všechny tyto fáze zároveň (Píšová, 2018). Podle složení byly amfiboly klasifikovány většinou jako pargasity.

V lherzolitových granátech byly nalezeny inkluze spinelidů o složení odpovídajícím 86 – 87 mol. % spinelové a 11 – 13 mol. % chromitové komponentě, zatímco v pyroxenitových byly nalezeny inkluze, které odpovídají z 50 – 57 % chromitové a ze 41 – 45 % spinelové komponentě. Podobné složení inkluzí popisují Faryad *et al.* (2013) v granátech z peridotitů na okraji moldanubika. V nich byly olivíny a pyroxeny obvykle nahrazeny serpentinem (Faryad *et al.*, 2013). Tato přeměna byla pozorována i u olivínů z vrtu T-7.

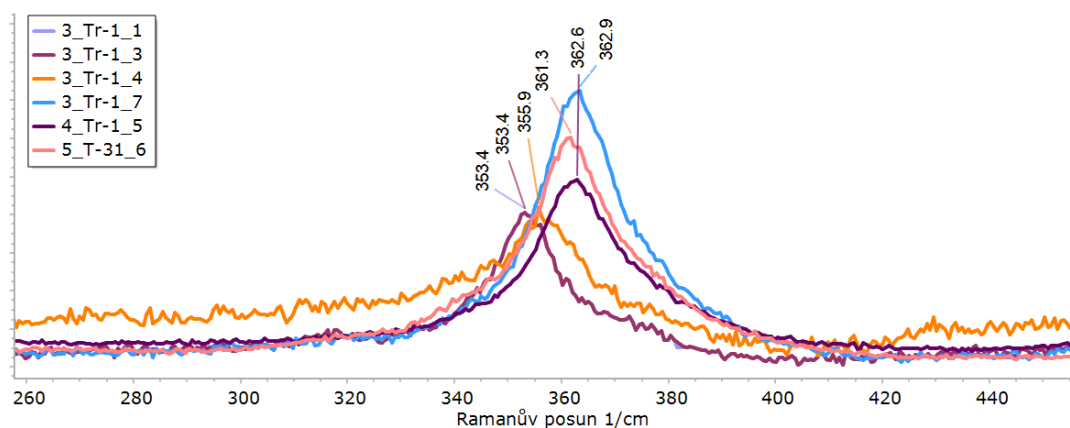
Polyfázové inkluze v pyroxenitu jsou podobné inkluzím v lherzolitových zrnech z lokalit Linhorka a Žejdlík (Píšová, 2018). Granáty nalezené na lokalitách Linhorka a Žejdlík tedy pochází z podobných xenolitů zastižených ve vrtu T-7.

Ve vrtu T-31 u Měrunic byly nalezeny inkluze skládající se hlavně z tchermakitu nebo magneziohornblendu, s nimiž v asociaci byl zaznamenán enstatit. Běžnější byl ale magnezit, apatit a spinel. Na této lokalitě byl v lherzolitovém granátu nalezen i olivín o složení odpovídajícím z 94.6 mol. % Fo. Asociace hořečnatých amfibolů s pyroxeny nebyla nejběžnější asociací na lokalitách Linhorka, Žejdlík (Píšová, 2018) ani na lokalitě T-7. Jak je ale všeobecně známo (při exhumaci plášťových xenolitů může dojít k metasomatóze (Janak *et al.* 2006; Scambelluri *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2016; a další), nebo retrográdní metamorfóze (Faryad *et al.*, 2013), a pyroxeny se mohou přeměnit na amfiboly (Savelyeva & Suslov, 2014).

5.4 Ramanova spektroskopie

5.4.1 Granáty

Jednotlivé pozice pásů v naměřených depolarizovaných Ramanových spektrech granátů s různým složením jsou posunuty oproti v literatuře uváděným hodnotám pro koncové členy. Translace dodekaedrů v pyropových granátech jsou odpovědné za vznik pásů ve spektrální oblasti cca 117 – 223 cm^{-1} (Hofmeister & Chopelas, 1991). Tyto pásy nebyly v případě almandin – grosulárových granátů mnou pozorovány. V oblasti 75 – 200 cm^{-1} se obecně předpokládá vliv translací dodekaedrů, zatímco v oblasti 200 – 222 cm^{-1} je předpokládán vliv translace $(\text{SiO}_4)^{4-}$ o symetrii E_g . Další pásy ve vlnočtech 310 – 382 cm^{-1} by měly patřit rotacím tetraedru $(\text{SiO}_4)^{4-}$. V pyropových granátech se v této oblasti vyskytuje jeden z hlavních pásů v 364 cm^{-1} (Hofmeister & Chopelas, 1991; Geiger & Kolesov, 1998), s přibývajícím Fe ve struktuře se posouvá pás do 353 cm^{-1} . Bylo potvrzeno, že s rostoucím obsahem FeO a klesajícím MgO v pozici X a v závislosti na tom se měnícím zastoupením koncových členů, se posouvá pás patřící rotaci tetraedrů $(\text{SiO}_4)^{4-}$ do nižších vlnočtů (Hofmeister & Chopelas, 1991; & Geiger, 1998) (Obrázek 51).



Obrázek 51: Část Ramanových spekter 6ti granátů v oblasti 260 - 445 cm^{-1}

Pásy, které neodpovídají v literatuře definovaným módům, patrně odpovídají kombinačním pásům nebo jiným spektrálním artefaktům.

Pásy vibrací ν_2 a ν_4 se vyskytují ve vyšších hodnotách Ramanova posunu v porovnání např. s prací Hofmeister & Chopelas (1991). Také u vibrací valenčního charakteru ν_1 a ν_3 byl zaznamenán významný posun oproti výsledkům Hofmeistera & Chopelase (1991) i Kolesova & Geigera (1998). Důvodem jsou zjištěné prvkové substituce. Případné pásy v důsledku přítomnosti OH skupiny v oblasti 3600 cm^{-1} (Arredondo *et al.*, 2002; Thomas *et al.*, 2008) nebyly zaznamenány. Analýza spekter je shrnuta v Tabulce 6. a Ramanova spektra prezentovaná na Obrázcích 75 – 80 v Příloze VI

Tabulka 6: Pozice pásů Ramanových spekter granátu a jejich interpretace podle údajů Hofmeistera & Chopelase (1991) a Kolesova & Geigera (1998).

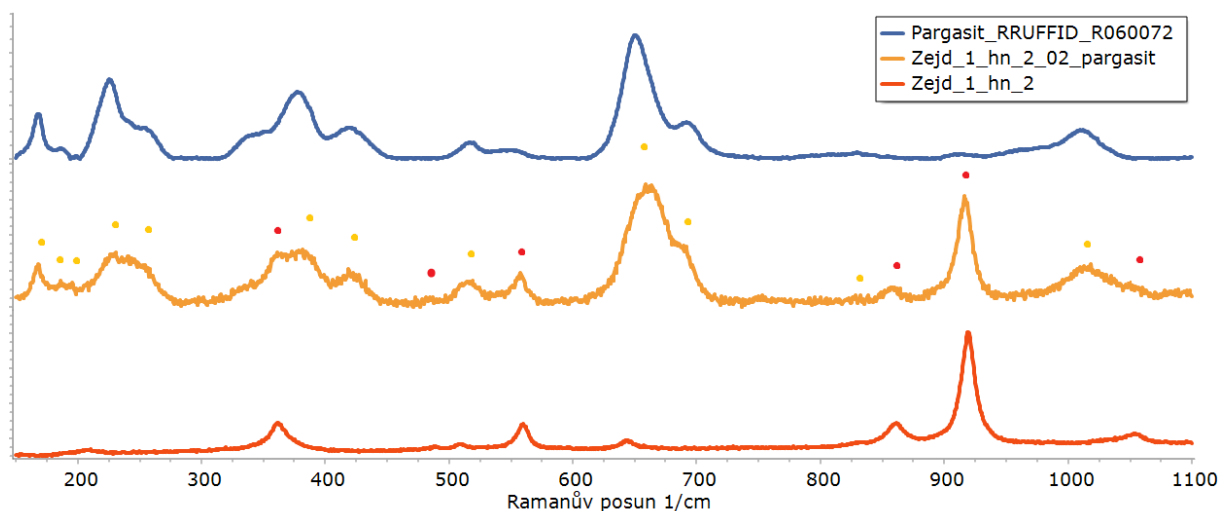
Zrna	Symetrie	Vibrace	3_Tr1_1	3_Tr1_3	3_Tr1_4	4_Tr1_5	5_T31_6	6_T-7_A
T(X ²⁺)	F _{2g}					117	108	
							129	
						141	143	
						178	192	
T(SiO ₄) ⁴⁻	E _g		212		212	208	209	199
R(SiO ₄) ⁴⁻	F _{2g}		318					
			336		336	339	340	
R(SiO ₄) ⁴⁻	A _{1g}		353	357	357	363	362	362
			374	381	379	384	381	
			392					
(Si-O) _{bend}	F _{2g}	v ₂	482	482		483	485	
(Si-O) _{bend}	F _{2g}	v ₄	504	506	505	509	508	510
(Si-O) _{bend}	E _g	v ₂				532		
(Si-O) _{bend}	A _{1g}	v ₂	557	555	557	555	557	555
(Si-O) _{bend}	F _{2g}	v ₄						
(Si-O) _{bend}	F _{2g}	v ₄	637	638		640	643	639
							829	
			859	850	862	858	860	857
(Si-O) _{str.}	F _{2g}	v ₃		883		880	903	
(Si-O) _{str.}	A _{1g}	v ₁	915	908	912	915	917	915
						922	931	
(Si-O) _{str.}							958	
(Si-O) _{str.}	E _g	v ₃			979		978	
						1027	1028	1015
(Si-O) _{str.}	F _{2g}	v ₃	1043	1036	1042	1049	1050	1040
Průměrný obsah CaO (hm. %)			4.96	11.37	7.54	5.58	4.28	-
Pyrop			35.99	32.40	38.15	68.63	72.28	-
Almandin			48.12	34.74	39.12	10.84	15.18	-
Grosulár			11.37	27.82	17.39	0.00	1.25	-

5.4.2 Inkluze

Amfiboly

Amfiboly, které umožňovaly identifikaci, byly potvrzeny jako pargasity, ukázkové spektrum je znázorněno na Obrázku 52.

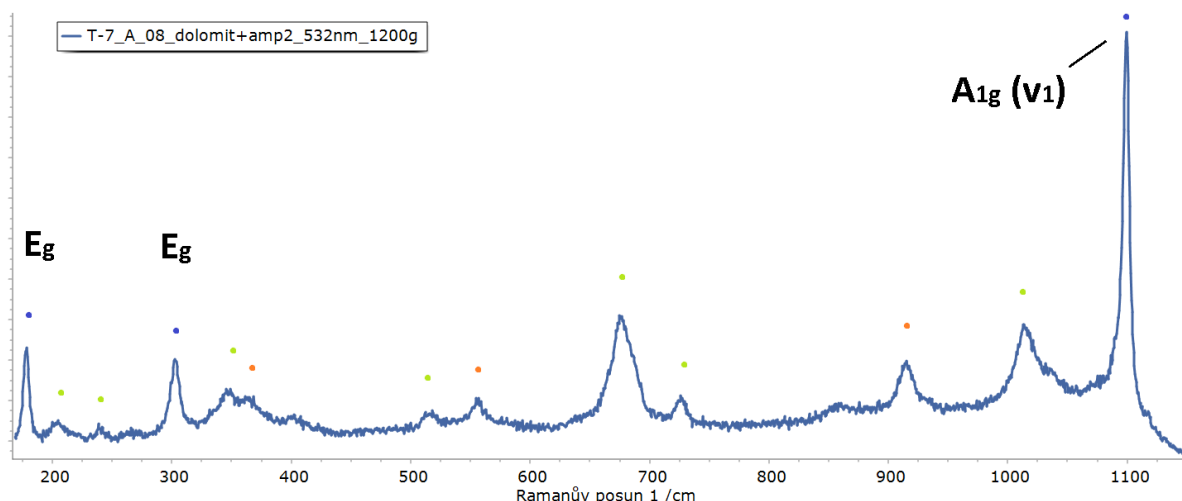
Hlavní pás leží na pozici 664 cm^{-1} , tento pás náleží vibračním tetraedru. V harzburgitových granátech byly zkoumány inkluze jen pomocí Ramanových spekter. Podle databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015) odpovídá hlavní pás amfibolu v 655.3 cm^{-1} spíše pargasitu, ale pás v 350 cm^{-1} odpovídá katoforitu.



Obrázek 52: Inkluze pargasitu s vyznačenými pásy (oranžové tečky) a pásy granátu (červené tečky) porovnané se spektrem z databáze RRUFF.

Karbonáty

Spektra karbonátů byla většinou určena pomocí databáze RRUFF jako magnezit nebo dolomit. Jednotlivým pásům ve spektrech dolomitu (Obrázek 53) byly přiřazeny vibrace podle Gilleta *et al.* (1993). U některých pásů magnezitu dochází v důsledku substitucí dalších prvků za Mg k posunu pozic oproti publikovaným datům. Hlavní pás patří vibraci ν_1 o symetrii A_{1g} patřící skupině CO_3 .

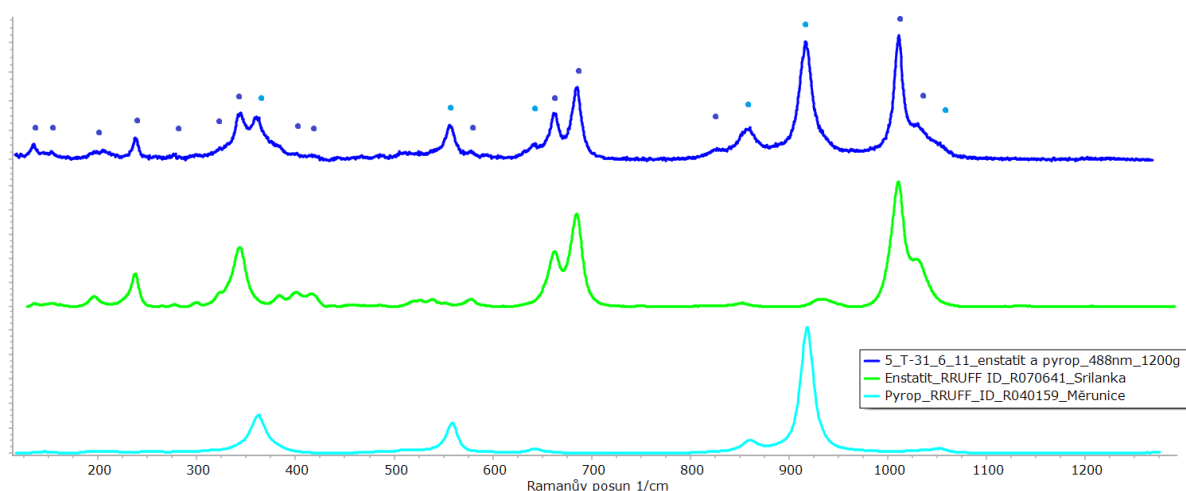


Obrázek 53: Vibrace dolomitu (modře označené pásy) s přítomností spektrálních pásů amfibolu (zelené tečky) a granátu (červené tečky).

Enstatit

Spektrum pyroxenu bylo pomocí RRUFF databáze určeno jako ortoenstatit. Tabulka 7 interpretuje jednotlivé pásy v kontextu dat v literatuře (Wang, 1999; Chopelas, 1999; Lin, 2003; Stalder *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2013; Stagnarone *et al.*, 2016). Z teoreticky možných 120 aktivních vibrací bylo identifikováno jen 15. Většina z nich je o symetrii A_{1g} patřící vibracím tetraedrů, které jsou dobře patrné i při depolarizaci spektra (Stagnarone *et al.*, 2016).

Celé Ramanovo spektrum ortoenstatitu je porovnané se spektrem z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015) i se spektrem hostitelského granátu v Obrázku 54.



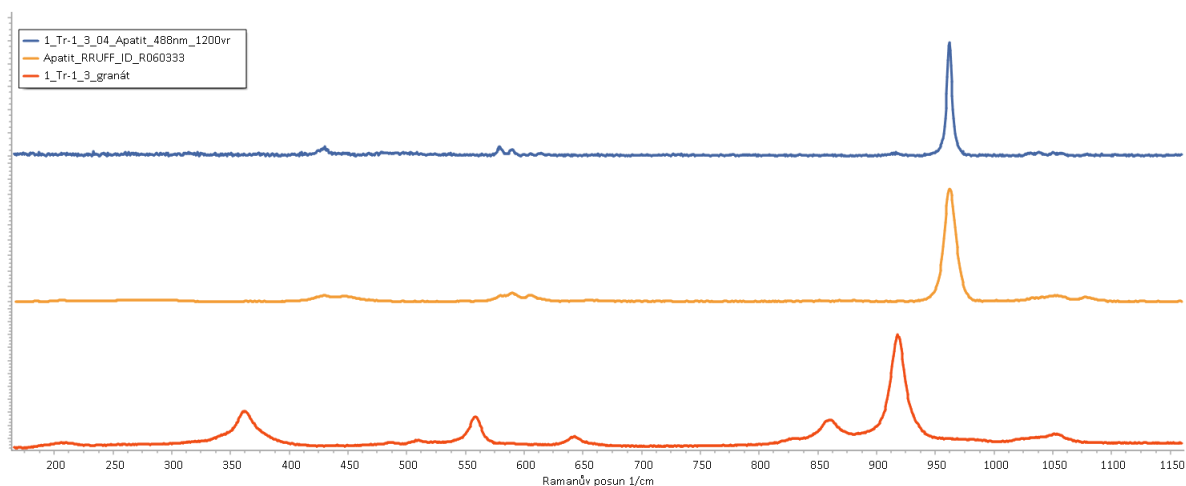
Obrázek 54: Spektrum ortoenstatitu (tmavěmodré) srovnané se spektrem granátu (světlemodré) a enstatitu z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015). Ortoenstatit je ve spektru vyznačen tmavěmodrými tečkami a granát světlemodrými tečkami.

Tabulka 7: Analýza symetrie pásů Ramanova spektra inkluze ortoenstatitu s porovnáním s literaturou

Symetrie	Vlastní práce	Stangarone et al. (2016)	Lin (2003)	Stalder et al. (2009)	Chopelas (1999)	Zhang et al. (2013)
	ν 1/cm	ν 1/cm	ν 1/cm	ν 1/cm	ν 1/cm	ν 1/cm
(A _g)	135	127	134	134	134	137
(A _g)	153	159	155		153	
(B _{1g})	196	195	197	198	197	197
(A _g)	205	206	207	206		208
(B _{2g})	237	238			239	241
(A _g)	278	277	278			272
(A _g)	345	343	344	344	343	345
(B _{2g})	467	474	473			479
(A _g)	486	481			487	488
(A _g)	555	552	552	554	553	555
(B _{3g})	577	566	580		580	582
(A _g)	662	668	664	665	665	665
(A _g)	685	693	686	687	687	688
(A _g)	1011	1012	1011	1013	1014	
(A _g)	1029	1027	1033			

Apatity

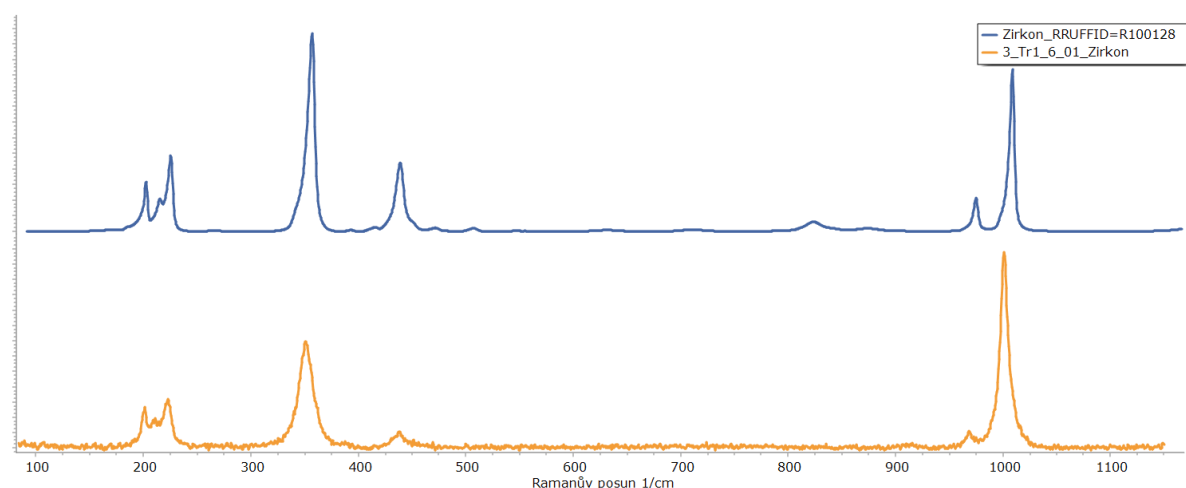
Největší inkluze složením odpovídající apatitu, která dovoľovala analyzovat zrno i pomocí LA-ICP-MS, umožnila i získání Ramanových spekter bez kontaminace hostitelským granátem (Obrázku 55). Apatit vykazuje nejintenzivnější pás v oblasti 962 cm⁻¹, další pásy leží v 1057 cm⁻¹, 1037 cm⁻¹, 1030 cm⁻¹, 614 cm⁻¹, 605 cm⁻¹, 589 cm⁻¹, 580 cm⁻¹, 448 cm⁻¹ a 429 cm⁻¹. Hlavní pás patří vibraci skupiny PO₄, ν_1 (Anatakos *et al.*, 2007). Další pásy patřící vibracím skupiny PO₄ jsou pásy nacházející se v 448 cm⁻¹ a 429 cm⁻¹, kde se jedná o vibraci ν_2 (Anatakos *et al.*, 2007). Vibrace ν_4 PO₄ se vyskytují v oblasti 580 – 620 cm⁻¹ (Anatakos *et al.*, 2007), zde byly zaznamenány pásy v 614 cm⁻¹, 605 cm⁻¹, 589 cm⁻¹, 580 cm⁻¹. Vibrace ν_3 PO₄ jsou soustředěny v oblasti 1030 – 1060 cm⁻¹ (1050 cm⁻¹, 1037 cm⁻¹, 1030 cm⁻¹). Tato oblast je vysoce ovlivněna substitucemi (Penel *et al.*, 1998).



Obrázek 55: Spektrum apatitu porovnané se spektrem hostitelského granátu a apatitem z databáze RRUFF (Lafuente et al., 2015)

Zirkony

Všechny pásy ve spektru zirkonu z inkluze granátu z vrtu Tř-1na Obrázku 56 patří zirkonu, hlavní pás se nachází v 1001 cm^{-1} , další pásy se nachází v nižších vlnótech a to v 223 cm^{-1} , 351 cm^{-1} a 433 cm^{-1} .

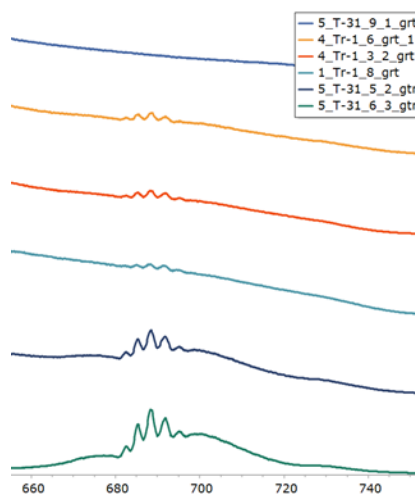


Obrázek 56: Spektrum zirkonu porovnané s databází RRUFF

Spektra rutilu porovnaná s databází RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015) jsou na obrázcích 81, 82 a 83 v Příloze VI. V Příloze VI je také znázorněno spektrum kyanitu a křemene v porovnání s hostitelským granátem a databází RRUFF (Lafuente *et al.* 2015)

5.5 Fotoluminiscence

Silná fotoluminiscence (PL) granátů z lokalit Linhorka, Žejdlík, Chrást'any, Malý Syslík, T-31, Tř-1 byla zaznamenána u zrn, která obsahují 2 – 8 hm. % Cr_2O_3 . Pro granáty, které byly podle Aubrechta *et al.*, 2009 klasifikovány jako eklogitové, nebyla fotoluminiscence zaznamenána. Tyto granáty obsahují do 200 ppm Cr. U granátů, které byly Schulzem (2003) určeny jako korové se v některých případech fotoluminiscence objevuje, ale jen u těch, které obsahují více než 2000 ppm Cr. Granát, který na Obrázku 57 vykazuje nejvýraznější fotoluminiscenci, obsahuje ~ 1.05 hm. % Cr. Zjevně se chrom významně podílí na vzniku fotoluminiscence a jeho koncentrace ovlivňuje její intenzitu.

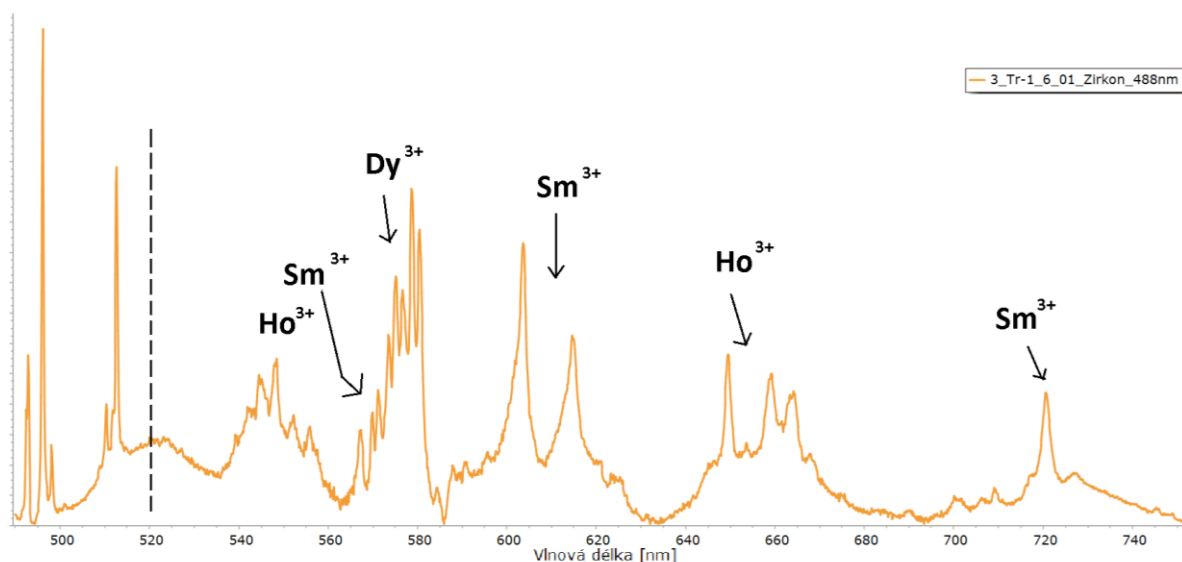


Obrázek 57: :Fotoluminiscence granátů z uvedených lokalit.

To potvrzuje studie, která prezentuje pásy fotoluminiscence na pozici v oblasti 690 nm jako vyvolané vstupem Cr^{3+} v pozici oktaedru (Bersani *et al.*, 2012). Podle Gafta *et al.* (2015) jsou za pokojové teploty pásy fotoluminiscence soustředěny v oblasti 715 – 825 nm. Široké pásy, které lemují 5 úzkých maxim PL vyvolané Cr^{3+} , by mohly být podle (Bersani *et al.*, 2012) vyvolány obsahem V^{2+} .

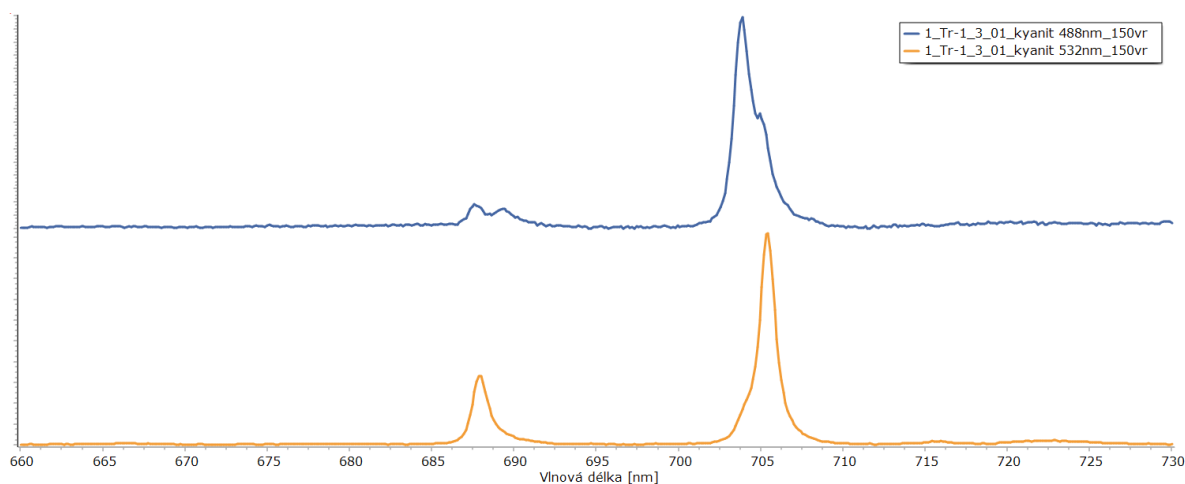
Inkluze

PL spektra byla získána z inkluze zirkonu z vrtu Tř-1 (Obrázek 58). Fotoluminiscence byla zaznamenána v oblasti 490 – 750 nm. Osm ostrých PL píků, které vyvolává nejspíše Dy^{3+} (Lenz & Nasdala, 2015), bylo zjištěno v oblasti 560 – 586 nm. Dva výrazné píky v 603.6 a 614.6 nm patří Sm^{3+} a seskupení pásů v oblasti 632 – 680 nm vysvětluje přítomnost Tm^{3+} s příspěvkem Sm^{3+} . Další významný pík v 720.6 je podle Lenze & Nasdaly (2015) způsoben obsahem Sm^{3+} . Podobná fotoluminiscence byla pozorována i u monazitu.



Obrázek 58: Interpretace fotoluminiscence zirkonu s podle Lenze & Nasdaly 2015. Ramanovo spektrum v oblasti 470 – 520 nm je odděleno přerušovanou čarou.

Dalším minerálem, u kterého byla zjištěna fotoluminiscence je kyanit v podobě 2 ostrých maxim v 687.9 nm a 705.6 nm a dvou poměrně málo intenzivních širokých pásů v 715.4 nm a 721.6 nm jak je znázorněno na Obrázku 59.



Obrázek 59: Fotoluminiscence kyanitu pořízená při použití dvou různých excitačních vlnových délek.

5.6 Geotermobarometrie

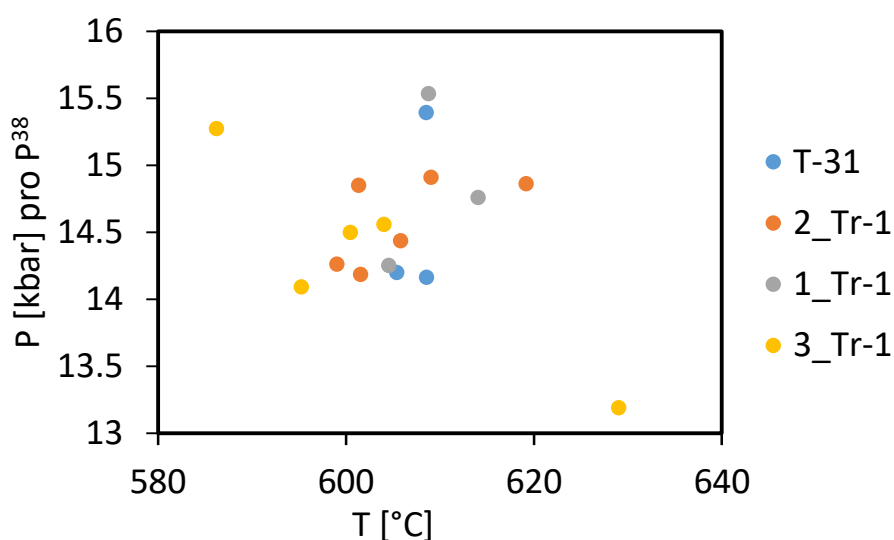
5.6.1 Granáty

Pro odhad teplot byly použity geotermometry navržené Griffinem (1989); Canilem (1999) a Ryanem *et al.* (1996) na základě empirické závislosti koncentrace Ni v granátu a olivínu na teplotě. Pro odhad teploty podle Ryana *et al.* (1996) pro vzorky z lokalit Tř-1 a T-31 byla místo užívané

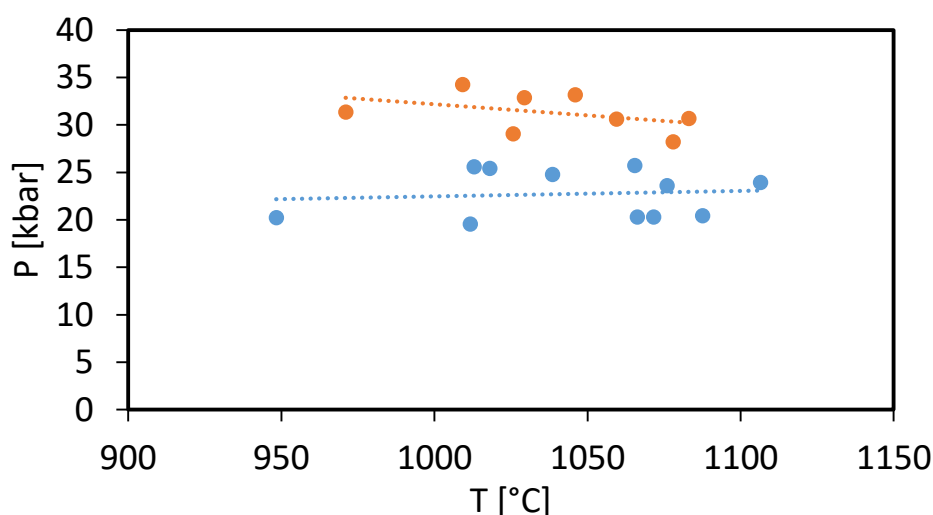
generické hodnoty obsahu Ni v olivínu v koexistenci s granátem použita reálná koncentrace změřená pro inkluzi olivínu nalezenou v jednom ze zrn granátu z lokality Žejdlík, kde obsah Ni dosahoval 3611 - 3672 ppm. Pro ostatní vzorky kde obsah Ni nebyl doposud stanoven, byl použit geotermometr popsany Creightnem (2009), který je založen na empirickém vztahu teploty a obsahu Mn v granátu. Pro určení tlaků byl použit barometr založený na obsahu CaO a Cr₂O₃, který je určen pro geotermu 38 mW/m² - P₃₈ (Grütter *et al.*, 2006) s korelací na další geotermny (Cookenboo & Grütter, 2010).

Granáty z lokality Tř-1 klasifikované jako granulitové (Aubrecht *et al.*, 2009) nebo eklogitové (Schulze, 2003; Grütter *et al.*, 2004; Aubrecht *et al.*, 2009) vznikaly za odlišných podmínek než granáty z ultrabazických hornin. Granáty, které byly klasifikací podle Schulzeho (2003) určeny jako korové a podle Grütter *et al.* (2004) jako pyroxenitové nebo websteritové (G4/ G4D) vznikly podle geotermometrů (Griffin, 1989; Ryan *et al.*, 1996) založených na obsahu Ni za teplot 640 – 670 °C. Nebyla zaznamenána koexistence těchto granátů s olivínem, to je předpokladem pro použití termometrů založených na obsahu Ni v granátech, proto tyto teploty počítané podle Griffina 1989), Ryana *et al.* (1996) a Canila (1999) nemusejí poskytovat realistické odhady teplot. Podle termometru (Pyle & Spear, 2000) založeném na obsahu Y a původně určeném pro metapelity byla teplota vzniku vypočtena na 580 - 620 °C (průměr 605 °C) (Obrázek 60).

Vzhledem k nízkému obsahu chromu v těchto granátech je mnohem větší chyba pro počítané tlaky podle Grütter *et al.* (2006) které se pohybují okolo 11 – 13 kbar při použité geotermě 38 mW/m². Tlaky pro další geotermny jsou prezentovány společně s hodnotami teplot pro jednotlivé geotermometry v Tabulce 18 v Příloze 8 . Tyto tlaky jsou minimální, a mohly být mnohem vyšší.



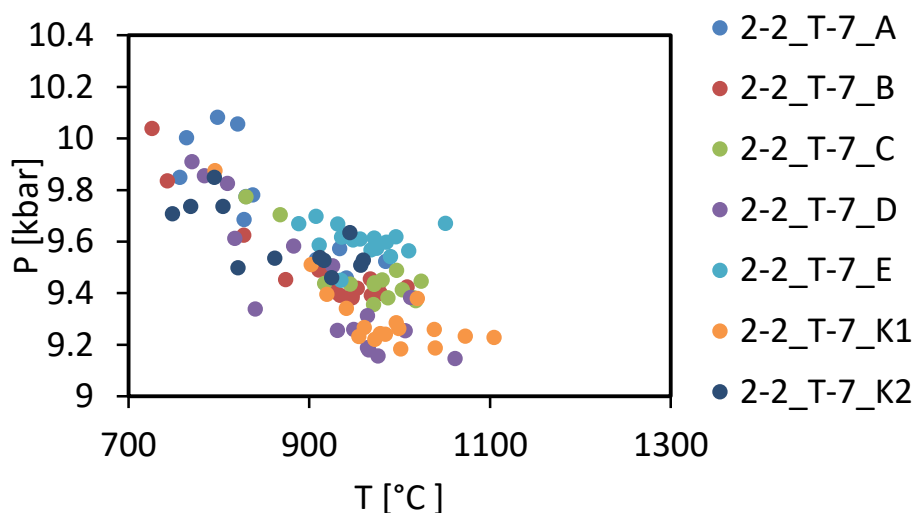
Teploty vzniku granátů výpočtené podle Canila (1999) jsou mnohem vyšší než hodnoty získané z ostatních tří termometrů, a to 790 – 820 °C. Granáty větších rozměrů, více chromité a podle postupů Grütterera *et al.* (2004) a Schulzeho (2003) klasifikované jako lherzolitové (G9) mají teploty vzniku mnohem vyšší než granáty (G4/G4D), odpovídající plášťovým podmínkám. Podle termometru (Griffin, 1989), se teplota při krystalizaci granátů pohybovala v rozmezí 1000 - 1200 °C, zatímco teploty podle (Ryan *et al.*, 1996) vychází v rozmezí 940 – 1120 °C. Termometr založený na obsahu Y v granátu (Pyle & Spear, 2000) není pro tyto granáty použitelný. Teploty vycházejí velmi odlišně od odhadnutých teplot podle termometrů (Griffin, 1989; Ryan *et al.*, 1996; Canil, 1999). Podle termometru (Canil, 1999), podle kterého byly teploty odhadnuty na 1000 – 1100 °C jsou znázorněny v Obrázku 61. Jediné lherzolitové zrno, které se od těchto teplot odchyluje, je 4_Tr-1_1, jak je vidět v Příloze 8 Tabulce 18. Teploty a tlaky byly odhadnuty i z hodnot naměřených pomocí EPMA, teploty odhadnuté podle Ryana *et al.* (1996) a dalších vychází v rozsahu hodnot 100- 200 °C od hodnot získaných z dat LA-ICP-MS. Rozdíl je způsoben naměřenými koncentracemi Ni v granátech a použitou kalibrací koncentrací Mn na obsah Ni.



Obrázek 61: Teploty odhadnuté podle termometru (Canila, 1999) a tlaky pro geotermu $38 \text{ mW/m}^2 = P^{55}$ podle Grütterera *et al.* (2006) pro lherzolitové granáty z lokalit Tř-1 a T-31

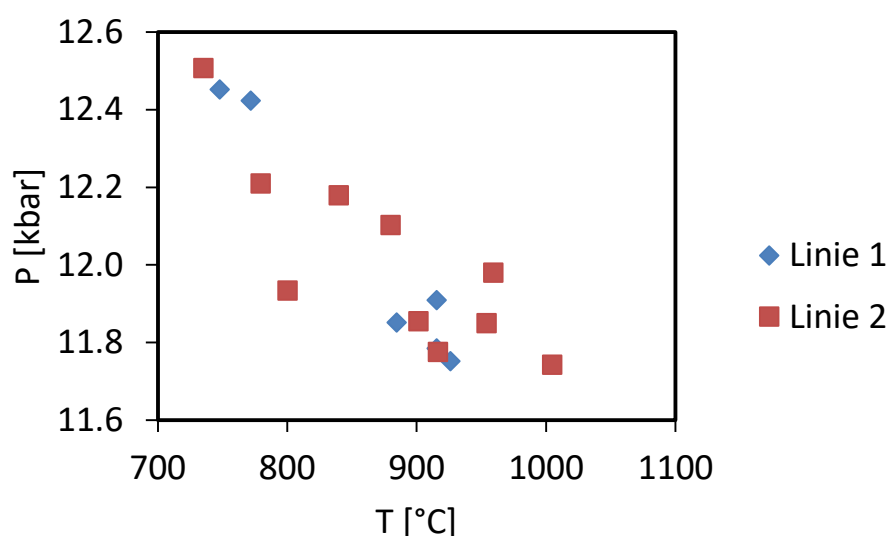
Granáty odebrané z eklogitu z vrtu T-7 (2-2_T-7) vykazují značnou chemickou zonalitu napříč zrny. Napříč vzorkem jsou pozorovány také značné výkyvy. Zrno B vzniklo podle termometru založeným na obsahu manganu v granátu popsáným Creightonem (2009) za teplot mezi 400 – 900 °C, podle tohoto termometru jádro začalo krystalizovat za teploty 840 – 850 °C, v průběhu krystalizace začala teplota klesat. Podle Ryana *et al.* (1996) byly odhadnuté teploty mnohem vyšší, a to 690 – 960 °C. Podobné hodnoty a rozsah teplot (730- 1000 °C) byly získány při použití

termometru podle Griffina (1989) (Obrázek 62). Ryanem *et al.* (1996) odhadnuté teploty korespondují s teplotami odhadnutými podle Griffina (1989). Průměry vypočtených tlaků a teplot pro jednotlivá zrna jsou znázorněny v Tabulce 18 v Příloze 8.



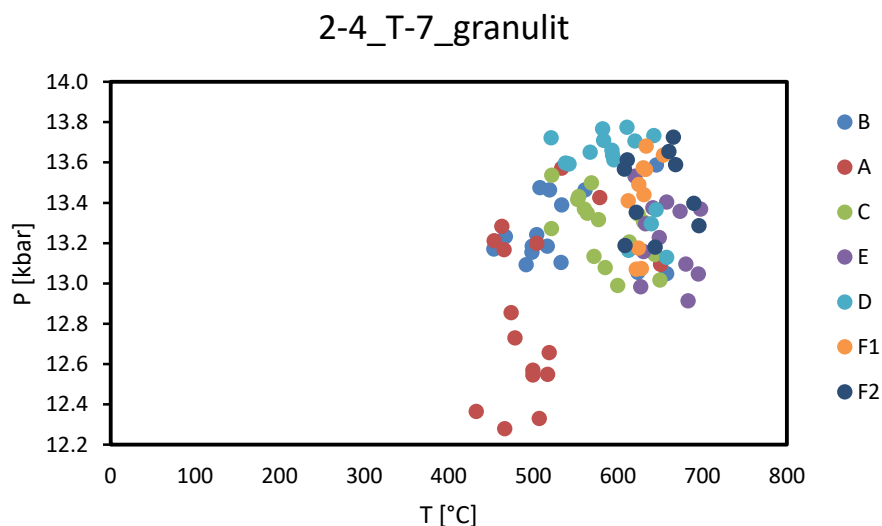
Obrázek 62: Odhadnuté tlaky pro geotermu $45 \text{ mW/m}^2 = P^{45}$ (Grütter *et al.*, 2006; Cookenboo & Grütter, 2010) a teploty (Griffin 1989) pro jednotlivá zrna z eklogitu 2-2_T-7 z vrhu T-7

Zrno C vznikalo za podobných teplot, jako zrno B. Zatímco zrno E krystalizovalo podle Creightona (2009) za odhadnutých teplot $770 - 1030 \text{ }^{\circ}\text{C}$, a podle Ryana *et al.* (1996) za teplot $850 - 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro zrno D nelze termometr popsany Creightonem (2009) použít, stejně jako pro granulitové granáty, ale podle Ryana *et al.* (1996) byly odhadnuty teploty krystalizace na $740 - 1010 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Obrázek 63). Podle Griffina (1989) vychází odhadnuté teploty zrn ve výbruse mezi $730 - 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



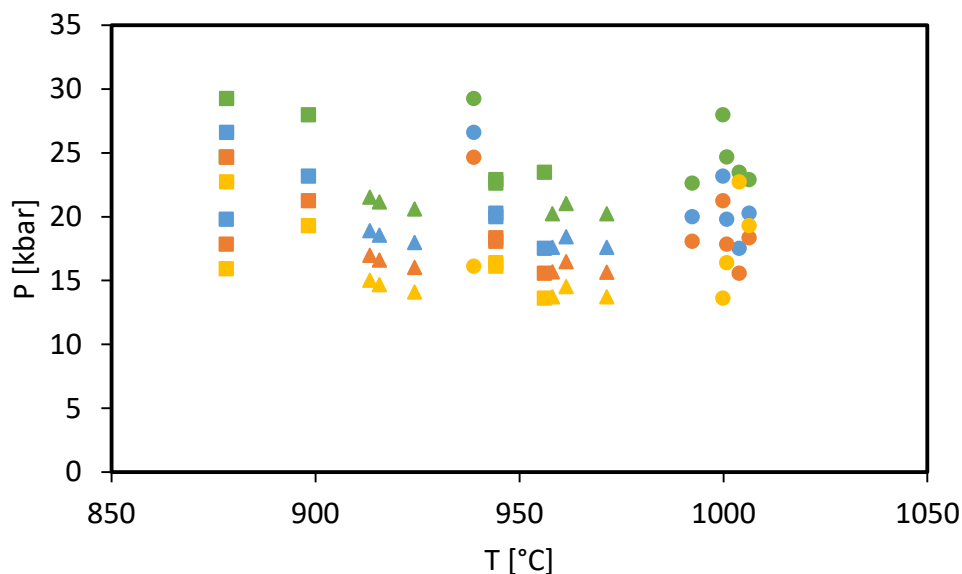
Obrázek 63: Odhadnuté teploty (Ryan *et al.* 1996) a tlaky (Grütter *et al.* 2006) pro zrno 2-2_T-7_D z vrtu T-7 při geotermě 38 mW/m².

Granulitové granáty ze stejné lokality vykazují oproti eklogitovým mnohem menší rozdíly teplot, za kterých vznikaly. Odhadnuté teploty podle Ryana *et al.* (1996) se pohybují v rozmezí 500-660 °C, tlak byl pro geotermu P^{38} odhadnut na 11 - 14 kbar jak je vidět na Obrázku 64. Nejvíce se od ostatních zrn odchyluje zrno A, které vykazuje nejnižší teploty vzniku a to 433 – 579 °C, tyto teploty jsou velmi nízké pro vznik granátů i pro granulitovou horninu. Ani za přítomnosti většího množství volatilií, by nebylo možné tavení granátů za teploty 433 °C, v tom případě ani krystalizace. Podle z literatury známých odhadnutých teplot pro vznik granulitu jsou teploty vyšší, pohybují se mezi 600 – 800 °C (např. Harris *et al.*, 1982; Ashworth & Chinner, 1978) Existují ale také studie např. (Faryad *et al.*, 2013), které popisují retrográdní metamorfózu zaznamenanou granáty ~ 500 °C. Nejvyšší teploty byly odhadnuty pro zrno E, na 630– 700 °C. Zrna pochází z 1 cm² velkého řezu horninou. Což indikuje otázku, jak mohou být takto rozdílně odhadnuty teploty pro zrna, která koexistují. Je možné, že systém byl narušen retrográdní metamorfózou při vznosu tělesa kůrou. To by mohlo zapříčinit redistribuci prvků. Nebo zrna rostla v odlišných prostředích.



Obrázek 64: Odhadnuté teploty podle Ryana *et al.* (1996) a tlaky podle Grütterera *et al.* (2006) pro granulitové granáty

Pro granáty z lherzolitu a pyroxenitu vrtu T-7 vychází teploty velmi podobně, v rozmezí 1200 – 1280 °C podle Canila (1999); podle Ryana *et al.* (1996) vychází teploty pro tyto granáty mnohem nižší 850 - 950 °C. U teplot podle Griffína (1989) odhadnutých na 880 - 1010 °C už je rozptyl teplot vyšší. Nejvyšší teploty vykazují lherzolitové granáty, které se většinou pohybují v rozmezí 990 – 1010 °C (Griffin, 1989), 1270 – 1280 °C (Canil, 1999), 940 – 950 °C, (Ryan *et al.* 1996). Jedno zrno z výrusu ale ukazuje hodnoty teplot o cca 50 °C nižší, jak je vidět na Obrázku 65. Teploty pro granáty pyroxenitové vychází 880 – 970 °C (Griffin, 1989), 1200 – 1260 °C (Canil, 1999), 850 – 920 °C (Ryan *et al.*, 1996). Vyšší teploty ale vykazuje výbrus 2, oproti výbrusu 1, ačkoliv se jedná o vzorky ze stejné metráže vrtu. Je znatelné, že výpočty teplot a tlaků jsou zatíženy chybou. Kalibrace barometru (Grütter *et al.*, 2006) na jiné geotermy než P38 podle Cookenboo & Grütter, 2010) tuto chybu zvětšuje a je třeba brát tyto hodnoty s rezervou.



Obrázek 65: Teploty odhadnuté podle Canila (1999) a tlaky počítané podle Grütterer *et al.* (2006) s použitím kalibrace (Cookenboo & Grütter, 2010). Zeleně jsou vyneseny tlaky pro geotermny $38 \text{ mW/m}^2 = P^{38}$, pro $45 \text{ mW/m}^2 = P^{45}$ jsou modře, oranžově pro geotermu $50 \text{ mW/m}^2 = P^{50}$ a žlutě jsou tlaky pro geotermu $55 \text{ mW/m}^2 = P^{55}$. Jednotlivé body znázorňují průměry teplot a tlaků pro jednotlivá zrna. Čtverečky značí 1. výbrus z pyroxenitu, trojúhelníky 2. výbrus z pyroxenitu a kolečka značí lherzolitové granáty z 3. výbrusu.

5.5.2 Inkluze

Pro zrno olivínu koexistující v inkluzi s enstatitem v asociaci s amfibolem, magnesiochromitem a magnezitem byly spočítány teploty $\sim 1770 \text{ }^\circ\text{C}$ pomocí termometru založeného na rovnováze olivínu a kapalně fáze popsaným Beattiem (1993). Podle termometru Putirky *et al.* (2007) se odhadnuté teploty pohybují okolo $1560 \pm 70^\circ\text{C}$.

Pro olivín z inkluze 1_T-7_A_01 v granátu z pyroxenitu z vrtu T-7 z hloubky 256 m byla pomocí termometru Sissona & Groveho (1992) odhadnuta teplota krystalizace na $1320 \text{ }^\circ\text{C}$, podle procedury Beattieho (1993) na $1470 \text{ }^\circ\text{C}$, a z výpočtu podle Putirky *et al.* (2007) vychází teplota $\sim 1450 \text{ }^\circ\text{C}$. Tyto teploty jsou vyšší než teploty, které byly stanoveny pro granát hostící tuto inkluzi, tj. $\sim 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ vypočtené podle termometrů Griffina (1989) a Canila (1999). Z toho se dá usuzovat, že olivín vznikl za jiných podmínek než granát, v němž byl následně uzavřen.

Pro inkluzi olivínu 3_T-7_D_03 z hloubky 282 m vrtu T-7 byly použity stejné termometry jako pro inkluzi 1_T-7_A_01. Podle termometru Beattieho (1993) byla odhadnuta teplota na $1682 \text{ }^\circ\text{C}$ a podle procedury podle Putirky *et al.* (2007) se odhadnutá teplota pohybuje okolo $1540 \text{ }^\circ\text{C}$. Zjevně i tento olivín vznikl v jiných podmínkách než hostitelský granát.

V granátech klasifikovaných Aubrechtovým *et al.* (2009) schématem jako granulitové bylo použito chemické složení inkluzí rutilu, které koexistují se zirkony k odhadnutí teplot na základě koncentrace Zr v nich pomocí termometrů Zacka *et al.* (2004) resp. Watsona *et al.* (2006). Teploty pro zrno rutilu z granátu 2_Tř-1_5 vychází v rozmezí $810 - 890 \text{ }^\circ\text{C} \pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$ resp. $710 - 740 \text{ }^\circ\text{C}$. V zrně 5_T-31-3 byla teplota odhadnuta na $\sim 880 \text{ }^\circ\text{C} \pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$ resp. $\sim 750 \text{ }^\circ\text{C}$. Pro další nalezené rutily

nemůže být termometr použit, z důvodu že nebyla zjištěna koexistence se zirkony. A termometry jsou kalibrovány na koexistenci těchto dvou minerálů.

5.6 Provenience

Granáty z apriori známých horninových typů (lherzolit, pyroxenit, eklogit a granulit) z vrtu T-7 se od sebe liší vzhledem i chemickým složením. Zrna z granulitů dosahují menších rozměrů (1 mm), než granáty lherzolitové (až 6 mm velké) nebo pyroxenitové (velikost ~5 mm).

Granáty z vrtu Tř-1 byly studovány ze 3 hloubkových horizontů. Charakter sedimentace ukazuje, že přínos granátů byl spíše nárazovou událostí. Většinou se granáty vyskytují v tenkých polohách arkózových pískovců až slepenců mezi prachovcem. To svědčí o epizodách se změnou vodního režimu, které zapříčinily transport granátů. Granáty z blízkého nadloží křemenného porfyru odpovídají v klasifikaci podle Aubrechta *et al.*, 2009 granátům granulitovým. Dosahují velikosti do 1 mm a prostorově koexistují s valounky granulitu. Ten patrně představuje zdrojovou horninou většiny světlých zrn z vrtu Tř-1 a všech světlých zrn z T-31. Výskyt granulitu indikuje, že granátová zrna pocházejí ze zdroje postiženého HP podmínkami. Bohužel valounky granulitu jsou natolik zvětřelé, že dnes je rozpoznatelné jen to, že pochází z horniny leukokratního charakteru. Dalším potenciálním rezervoárem mohly být plášťové xenolity granátických peridotitů asociované s vysokoteplotě (HT) a vysokotlacc (HP) metamorfovanými horninami po kolapsu variského orogénu. Pozdější sedimentace podle granátů z hloubek nad 330 m svědčí o tom, že malé granáty do 1 mm se vyskytují v menší míře a objevily se mezi nimi granáty eklogitové (ve smyslu klasifikací podle Schulzeho 2003; Grütter *et al.*, 2004, Aubrechta *et al.*, 2009).

V západní části Českého středohoří se nachází granáty, které lze podle geochemické klasifikace (Grütter *et al.* 2004) označit jako eklogitové, pyroxenitové nebo websteritové. Podle klasifikace Aubrechta *et al.* (2009) ale tyto granáty spadají do pole felzických až intermediálních granulitů (3), granáty bohatší grosulárem byly klasifikovány jako eklogitové nebo pocházející z mafického granulitu. Naopak z lokalit Linhorka, Žejdlík, Chrástany a Malý Syslák byly všechny studované granáty postupem podle Schulzeho (2003) klasifikovány jako plášťové a většina dříve studovaných detritických zrn (Píšová, 2018) byla klasifikována jako lherzolitová nebo megakrystová, jen jedno jako eklogitové. To svědčí o tom, že eklogitových zrn se v plášťových xenolitech vnesených do oblasti kůry v Českém středohoří nachází ve východní části méně než lherzolitových, a že lherzolity lépe zvětřávají: obsahují olivín, který snadno podléhá serpentinizaci.

Byla zkoumána také provenience z hlediska nalezených inkluzí v granátech. Granáty, obsahující monofázové inkluze olivínu, které koexistují často s inkluzemi polyfázovými složenými z amfibolu, magnezitu, spinelu a apatitu nebo flogopitu obsahují podobnou asociaci inkluzí jako

granáty z Garnet Ridge v oblasti Navajo popsané Wang *et al.* (1999). Podobné inkluze byly popsány i Vránou (2008) z Bečvář u Kolína.

Zrno 1_Tr-1_3, ve kterém byla nalezena jediná inkluze kyanitu společně s křemenem a rutilem je velmi významnou asociací minerálů pro určení teplot a tlaků koexistence fází. Při porovnání rovnovážných fázových diagramů SiO_2 (Klein *et al.*, 1993), Al_2SiO_5 a TiO_2 (Nie *et al.*, 2009), pole, za kterých jsou tyto fáze stabilní za 10 – 25 kbar a teplot 700 – 1400 °C.

Křemen je stabilní do 1400 °C za tlaku 25 kbar, pro kyanit jsou potřeba tlaky nad 10 kbar při teplotě 800°C. Pro rutil je za tlaků nad 10 kbar potřeba teplota vyšší než 600 °C (Nie *et al.*, 2009). Křemen za těchto teplot je stabilní podle fázového diagramu (Klein *et al.*, 1993) za tlaků 17 kbar – 26 kbar. Tudíž inkluze musela být uzavřena za podobných tlaků. Všechny fáze koexistující jsou termodynamicky stabilní za těchto tlaků.

Inkluze rutilu, pro které byly podle termometru (Zack *et al.*, 2004) odhadnuty teploty 807 – 896 °C, které jsou porovnatelné s teplotami pro HP granulity z moldanubické zóny v Rakousku (Schantl *et al.*, 2019), kde byly pomocí inkluzí rutilu a biotitu ve středu granátů odhadnuty teploty 810 – 820 °C za tlaku 1.6 – 2.5 GPa, pro okraje granátů byly prezentovány teploty ~ 1030 °C (Schantl *et al.*, 2019). Teploty okrajů rutilu (Schantl *et al.*, 2019) jsou mnohem vyšší, než pro rutily z lokalit Tř-1 a T-31. Oproti tomu teploty prezentované pro granulity z Napier Komplex jsou nižší 640 – 850 ± 30°C (Hart *et al.*, 2018).

6. Závěr

Granáty z jednotlivých lokalit Českého středohoří se velmi liší. Ve vrtu T-7, v páskovaném ultrabazickém xenolitu, jehož pásy jsou reprezentovány horninami lherzolitového, harzbugitového, pyroxenitového, ale také eklogitového a granulitového typu byly zaznamenány granáty různých velikostí, barev i chemického složení. Tyto litologické suity nejsou zastoupeny homogenně. Větší část xenolitu je tvořena lherzolitem. Granáty z jednotlivých litologických typů ze 4 studovaných metráží 256, 282, 403 a 412 m vrtu se liší jak v obsahu hlavních komponent, tak ve velikosti, vzhledu a obsahu inkluzí. Lherzolitové granáty z hloubky 282 m jsou tvořeny ze 70 – 71 % pyropovou komponentou, z 16.5 % je přítomen almandin, další koncové členy jsou zastoupeny minoritně. Pyroxenitové granáty obsahují 60 – 70 % pyropové komponenty, z 15 – 18 % je zastoupen almandin a z 8 – 11 % je zastoupen uvarovit, ostatní členy jsou zastoupeny minoritně. Pyroxenitové granáty obsahují inkluze amfibolů v asociaci se spinelidy, apatity, flogopitem a magnezitem nebo dolomitem, méně častý je olivín bohatý forsteritem 84 – 90 %. V granulitových granátech, ve kterých je ze 40 – 45 % zastoupen almandin, je zastoupen z 28 - 40 pyrop, 16 – 20 % je tvořeno grosulárem. V těchto granátech se vyskytují vysoce odrazné fáze větších rozměrů, které jsou vzhledem podobné inkluzím nalezeným v granulitových granátech v Třtěnu z vrtu Tř-1. V eklogitových granátech je zastoupen ze 40 – 46 % pyrop, 30 – 37 % grosulár a almandin tvoří 20 – 26 % granátu. U granulitových a eklogitových granátů z vrtu T-7 byla zjištěna silná zonalita Ca, Fe, Ti, Mg a Al, tato zonalita bude určitě patrná i mezi dalšími prvky.

Na lokalitě Tř-1 se v hloubce 427.5 m vyskytují převážně granulitové granáty, které jsou tvořeny ze 48 – 55 % almandinem, z 35 – 41 % pyropem a až 10 % grosulárovou komponentou. S nimi se vyskytují granáty plášťové, lherzolitové, které obsahují 62 – 72 % pyropové, 10 – 18 % almandinové a 5 – 15 % uvarovitové komponenty. Granulitové granáty obsahují chrom jen v desítkách až stovkách ppm a obsahují vyšší koncentrace Y a HREE při normalizaci na CI oproti lherzolitovým granátům. V hloubce 330 m byly společně s prvními dvěma typy nalezeny i granáty eklogitové ve kterých je zastoupen z 32 – 38 % pyrop, z 30 – 40 procent almandin a 20 – 30 % grosulár., které se chovají podobně jako granulitové, s rozdílem zastoupení Fe a Ca a koncentrací chromu v prvních stovkách ppm. Stejně skupiny granátů byly nalezeny i v hloubce 317 m, ale jejich zastoupení se liší, v této hloubce byly ve vzorku zastoupeny hlavně lherzolitové a eklogitové granáty. Na lokalitě T-31 se vyskytují hlavně plášťové lherzolitové granáty, jsou přítomny také granáty granulitové a jeden lherzolitový granát s lehce sinusoidálním profilem vzácnými zeměmi. Na této lokalitě byl nalezen olivín s 93 obj. % Fo.

Byly objeveny známky pro silikátovou metasomatózu tavením. Např. Y ku Zr roste lineárně u některých lherzolitových zrn napříč lokalitami. Také se zvyšuje obsah Ti v lherzolitových

granátech. Titan vstupuje do strukturní pozice *Y*. Do této pozice vstupuje také Cr a Fe. Granáty z lokalit Žejdlík, Chrást'any a Malý Syslík jako jediné ze studovaných zrn vykazují kladnou korelaci Co – Ni. Lherzolitové granáty jsou z hlediska obsahu Sm homogenní a tvoří výraznou skupinu na všech lokalitách. U granulitových zrn je pozorována zonalita v rámci jednotlivých zrn a variabilita složení v rámci vzorku z hlediska obsahů Sm a Yb.

Mezi granáty byly pozorovány substituce ve strukturní pozici *X*: mezi kationty Ca – Mg – Fe – Mn, ve strukturní pozici *Y* byly zaznamenány substituce $\text{Cr}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Al}^{3+}$. Do struktury granátu vstupuje také Ti^{4+} a Zr^{4+} , mezi těmito prvky nebyla objevena významná korelace.

Klasifikace podle Grütterer *et al.* (2004) nedokáže odhalit granulitové granáty z vrtu T-7 a klasifikuje je jako eklogitové G3/G3D. Podobně klasifikuje granáty z vrtu T-7 jako eklogitové klasifikace podle Schulzeho (2003). Ovšem vzorky z granulitu 2-4_T-7 oproti vzorkům z vrtu Tř-1, jsou klasifikovány jako plášťové (Schulze, 2003). Podle klasifikace Aubrechta *et al.* (2009), tyto granáty spadají do pole HP mafického granulitu a HP eklogitu a vzorky z Tř-1 spadají do HP felzického granulitu. Klasifikace Aubrechta *et al.* (2009), je ale založena pouze na 3 koncových členech granátu a ostatní složky zanedbává. Tato skutečnost vnáší do klasifikace značnou nejistotu. Nicméně dokázala správně klasifikovat eklogitová a granulitová zrna z vrtu T-7. Použitelnost klasifikace bude dále testována studiem dalších vzorků z okolí a v nich uzavřených inkluzí. Pyroxenity se nepodařilo podle složení hlavních a vedlejších prvků klasifikovat. Složení granátů je chemicky variabilní i v rámci jednoho výbrusu.

Studované inkluze byly rozděleny na 4 typy:

1. Lherzolitové

Pro granáty 1_Tr-1 (1, 2, 6, 7, 8, 9), 3_Tr-1 (7, 8, 9), 4_Tr-1 (1, 3, 5, 6) z vrtu Tř-1, 5_T-31(1, 2, 7) z vrtu T-31 a vzorky 2-T-7, 3_T-7 z vrtu T-7, z lherzolitu, jsou nejtypičtější inkluze amfibolů v asociaci s magnezitem, minerály ze skupiny spinelu a apatit. Inkluze sulfidů a olivínu jsou méně časté. Nejčastěji identifikovanými amfiboly jsou pargasit a magnesiohornblend, byly ale objeveny i tschermakity a katoforit. Ve 2 případech byl pozorován přechod magnesiohornblendu a enstatitu. Spinelidy odpovídají nejčastěji z 86 - 87 % spinelu a z 11 – 13 % magnesiochromitu. Většina amfibolů nalezených v granátech ze studovaných lokalit jsou součástí polyfázových inkluzí, kde zaujímají její větší část. Byly nalezeny v asociaci s magnezitem, dolomitem, spinely, apatity a také s flogopitem. Velikost těchto inkluzí se pohybovala nejčastěji okolo 10 μm .

2. Pyroxenitové

Pyroxenitové granáty (1_T-7) z vrtu T-7 hostí inkluze amfibolu v asociaci se spinelidy, slídkami a apatity. Ze slídk byl nejčastěji přítomen barnatý flogopit, byla ale nalezena také inkluze kinoshitalitu.

3. Granulitové

Granulitové granáty z vzorků 1_Tr-1 (3, 4, 5), 2_Tr-1(všechna zrna), 3_Tr-1_(1, 2, 5, 6), (4_Tr-1_7), 5_T-31(3, 8, 9) z vrtů Tř-1 a T-31 uzavírají nejčastěji rutil, křemen, zirkony, apatity a sulfidy. Zřídka byly nalezeny inkluze monazitu. Většinou se jedná o monofázové inkluze. Polyfázové inkluze tvoří koexistující rutil s monazitem, rutil se zirkonem a také s křemenem. Rutil byl nalezen také v asociaci s křemenem a kyanitem.

4. Eklogitové

Inkluze v eklogitových granátech (3_Tr-1_3, 3_Tr-1_4, 4_Tr-1_2_4_Tr-1_4_4_Tr-1_8) z vrtu Tř-1 jsou malých rozměrů do ~10 μm . Nejčastěji se jedná o rutil jehličkovitého habitu, ale vyskytují se také inkluze slídk v asociaci s SiO_2 nebo apatitem. Společně s nimi byly nalezeny inkluze o velikosti 1 – 2 μm často polyfázového charakteru, u kterých nebylo možné jejich minerální určení.

Inkluze v granátech z harzburgitu, granulitu a eklogitu zastižených ve vrtu T-7 budou předmětem dalšího výzkumu.

7. Zdroje použité literatury

- Ague, J. J., & Eckert Jr, J. O. (2012). Precipitation of rutile and ilmenite needles in garnet: Implications for extreme metamorphic conditions in the Acadian Orogen, USA. *American Mineralogist*, 97(5-6), 840-855.
- Alifirova, T. A., Pokhilenko, L. N., & Korsakov, A. V. (2015). Apatite, SiO₂, rutile and orthopyroxene precipitates in minerals of eclogite xenoliths from Yakutian kimberlites, Russia. *Lithos*, 226, 31-49.
- Arredondo, E. H., Rossman, G. R.; Feasibility of determining the quantitative OH content of garnets with Raman spectroscopy. *American Mineralogist*; 87 (2-3): 307–311. doi: <https://doi.org/10.2138/am-2002-2-312>.
- Aubrecht, R., Méres, Š., Sýkora, M., & Mikuš, T. (2009). Provenance of the detrital garnets and spinels from the Albian sediments of the Czorsztyn Unit (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians, Slovakia). *Geologica Carpathica*, 60(6), 463-483.
- Beattie P. (1993) Olivine-melt and orthopyroxene-melt equilibria. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 115, 103–111.
- Bersani, D., Petriglieri, J. R., Andò, S., & Lottici, P. P. (2012). Identification of impurities in gemological materials by means of photoluminescence using micro-Raman apparatus. In *GeoRaman Xth Meeting* (pp. 263-264). Nancy (France);11-13, June, (2012).
- Canil, D. (1999). The Ni-in-garnet geothermometer: calibration at natural abundances. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 136(3), 240-246.
- Cookenboo, H. O., & Grütter, H. S. (2010). Mantle-derived indicator mineral compositions as applied to diamond exploration. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 10(1), 81-95.
- Creighton, S. (2009). A semi-empirical manganese-in-garnet single crystal thermometer. *Lithos*, 112, 177-182.
- Čopjaková, R., & Kotková, J. (2018). Composition of barian mica in multiphase solid inclusions from orogenic garnet peridotites as evidence of mantle metasomatism in a subduction zone setting. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 173(12), 106.
- Faryad, S. W., Jedlicka, R., & Ettinger, K. (2013). Subduction of lithospheric upper mantle recorded by solid phase inclusions and compositional zoning in garnet: example from the Bohemian Massif. *Gondwana Research*, 23(3), 944-955.
- Frezzotti, M. L., & Ferrando, S. (2015). The chemical behavior of fluids released during deep subduction based on fluid inclusions. *American Mineralogist*, 100(2-3), 352-377.
- Gaft, M., Reisfeld, R., & Panczer, G. (2015). Modern luminescence spectroscopy of minerals and materials. *Springer*, Cham, 577-595.

Geologická mapa 1: 50 000 - indexy, Geologická mapa 1: 50 000 - doplňky, Geologická mapa 1: 50 000, Klad listů ZM50. In: <div class="attribute-custom-style">Geovědní mapy 1 : 50 000</div> [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/11.2.2020>

Gilg H. A., Gast N., Hyršl J., (2015). Chromium Pyropes from Bohemia: Characterization and Identification in Archaeological and Historical Jewellery. In: *13th SGA Biennial Meeting on Mineral Resources in a Sustainable World Location*, Nancy (France), August 24-27, 2015, Volume I-V, str. 1301-1304.

Graham, D., & Midgley, N. (2006). *Triangular diagram plotting spreadsheet: TRI-PLOT*. Version 1-4-2-3, Loughborough University, UK: <http://www.google.com/url>.

Grew, E. S., Locock, A. J., Mills, S. J., Galuskina, I. O., Galuskin, E. V., & Hålenius, U. (2013). Nomenclature of the garnet supergroup. *American Mineralogist*, 98(4), 785-811.

Griffin, W. L., Cousens, D. R., & Ryan, C. G. (1989). Ni in chrome pyrope garnets: a new thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110, 199-203

Griffin, W. L., Fisher, N. I., Friedman, J., Ryan, C. G., & O'Reilly, S. Y. (1999). Cr-pyrope garnets in the lithospheric mantle. I. Compositional systematics and relations to tectonic setting. *Journal of Petrology*, 40(5), 679-704.

Grütter, H. S., Gurney, J. J., Menzies, A. H., & Winter, F. (2004). An updated classification scheme for mantle-derived garnet, for use by diamond explorers. *Lithos*, 77(1-4), 841-857.

Grütter, H., Latti, D., & Menzies, A. (2006). Cr-saturation arrays in concentrate garnet compositions from kimberlite and their use in mantle barometry. *Journal of Petrology*, 47(4), 801-820.

Gurney, J. J. & Zweistra, P. (1995). The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 53(1-3), 293-309.

Harley, S. L., & Nandakumar, V. (2014). Accessory mineral behaviour in granulite migmatites: a case study from the Kerala Khondalite Belt, India. *Journal of Petrology*, 55(10), 1965-2002

Harris, A. L., & Rast, N. (1960). Oriented quartz inclusions in garnets. *Nature*, 185(4711), 448-449.

Hart, E., Storey, C., Harley, S. L., & Fowler, M. (2018). A window into the lower crust: Trace element systematics and the occurrence of inclusions/intergrowths in granulite-facies rutile. *Gondwana Research*, 59, 76-86.

Hawthorne, F. C., Oberti, R., Harlow, G. E., Maresch, W. V., Martin, R. F., Schumacher, J. C., & Hu M-Y., Fan X-T., Stoll B., Kuzmin D., Liu Y., Liu Y., et al. Preliminary characterisation of new reference materials for microanalysis: Chinese Geological Standard Glasses CGSG-1, CGSG-2, CGSG-4 and CGSG-5. *Geostandards and Geoanalytical Research*. (2011); 35(2):235–251.

Hofmeister, A. M. & Chopelas, A. (1991). Vibrational spectroscopy of end-member silicate garnets. *Physics and Chemistry of Minerals*, 17(6), 503-526.

- Janak, M., Froitzheim, N., Vrabec, M., Krogh Ravna, E. J., & De Hoog, J. C. M. (2006). Ultrahigh-pressure metamorphism and exhumation of garnet peridotite in Pohorje, Eastern Alps. *Journal of metamorphic Geology*, 24(1), 19-31.
- Jedlička, Radim. (2013). Studium pevných inkluzí vybraných minerálů eklogitů, peridotitů a granulitů Kutnohorské oblasti. Diplomová práce. Ústav petrologie a strukturní geologie. PřF UK, 92 str., 1 příl.
- Jedlicka, R., & Faryad, S. W. (2017). Felsic granulite with layers of eclogite facies rocks in the Bohemian Massif; did they share a common metamorphic history. *Lithos*, 286, 408-425.
- Jochum K. P., Weis U., Stoll B., Kuzmin D., Yang Qichao, Raczek I., Jacob D. E., Stracke A., Klein, C. and Hurlbut, C. J., "Manual of Mineralogy", 21st edn., New York: John Wiley, 1993.
- Kolesov, B. A. & Geiger, C. A. (1998). Raman spectra of silicate garnets. *Physics and Chemistry of Minerals*, 25(2), Springer, 142-151.
- Kopecký, L., Pišová, J., Satran, V., Křelina, J. (1965) Mineralogicko petrologický výzkum pyroponosných ultrabazik Českého středohoří za léta 1958–1964. P17209. Praha, Geofond ČSSR.
- Kopecký, L. (2010). Ceske stredohori Mts and ambient young alkaline volcanic complexes in the Ohre Rift, Czech Republic: volcanology, petrology and rift evolution. Czech Geological Survey Publ. House. Prague, 188.
- Kotková, J., O'Brien, P. J., & Ziemann, M. A. (2011). Diamond and coesite discovered in Saxony-type granulite: Solution to the Variscan garnet peridotite enigma. *Geology*, 39(7), 667-670.
- Laetsch T., Downs R., (2006). Software For Identification and Refinement of Cell Parameters From Powder Diffraction Data of Minerals Using the RRUFF Project and American Mineralogist Crystal Structure Databases. Abstracts from the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association, Kobe, Japan, 23-28 July 2006.
- Lafuente, B., Downs, R.T., Yang, H., and Stone, N. (2015). The power of databases: The RRUFF project, 1-29 p. (T. Armbruster & R. M. Danisi, Eds.) *Highlights in Mineralogical Crystallography*. Berlin.
- Lenz, C., Nasdala, L., Talla, D., Hauzenberger, C., Seitz, R., & Kolitsch, U. (2015). Laser-induced REE³⁺ photoluminescence of selected accessory minerals—An “advantageous artefact” in Raman spectroscopy. *Chemical Geology*, 415, 1-16.
- Li, H. Y., Chen, R. X., Zheng, Y. F., & Hu, Z. (2016). The crust-mantle interaction in continental subduction channels: Zircon evidence from orogenic peridotite in the Sulu orogen. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(2), 687-712.
- Locock, A. J. (2008). An Excel spreadsheet to recast analyses of garnet into end-member components, and a synopsis of the crystal chemistry of natural silicate garnets. *Computers & Geosciences*, 34(12), 1769-1780.

- Medaris Jr, L. G., Ackerman, L., Jelinek, E., Michels, Z. D., Erban, V., & Kotková, J. (2015). Depletion, cryptic metasomatism, and modal metasomatism (refertilization) of Variscan lithospheric mantle: Evidence from major elements, trace elements, and Sr-Nd-Os isotopes in a Saxothuringian garnet peridotite. *Lithos*, 226, 81-97.
- Menges F, "Spectragryph-optical spectroscopy software", Version 1.2.10, 2018, <http://www.effemm2.de/spectragryph/>
- Merlet, C. (1994) An accurate computer correction program for quantitative electron probe microanalysis. *Mikrochim. Acta* 114, 363–376.
- Nie, X., Zhuo, S., Maeng, G., & Sohlberg, K. (2009). Doping of TiO₂ polymorphs for altered optical and photocatalytic properties. *International Journal of Photoenergy*.
- Nimis, P. (1995). A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 121(2), 115-125.
- Nimis, P., & Taylor, W. R. (2000). Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites. Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139 (5), 541-554.
- Nimis, P. & Ulmer, P. (1998). Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks Part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 133(1-2), 122-135.
- Palme, H., & O'Neill, H. (2014). Cosmochemical Estimates of Mantle Composition. Planets, Asteroids, Comets and The Solar System, Volume 2 of Treatise on Geochemistry. Edited by Andrew M. Davis. 149-211.
- Penel, G., Leroy, G., Rey, C., & Bres, E. (1998). MicroRaman spectral study of the PO₄ and CO₃ vibrational modes in synthetic and biological apatites. *Calcified tissue international*, 63(6), 475-481.
- Perkins, D., & Chipera, S. J. (1985). Garnet-orthopyroxene-plagioclase-quartz barometry: refinement and application to the English River subprovince and the Minnesota River valley. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 89(1), 69-80.
- Pyle, J. M., & Spear, F. S. (2000). An empirical garnet (YAG)–xenotime thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 138(1), 51-58.
- Píšová B., (2018). Krystalová a molekulová struktura granátů z vybraných lokalit Českého středohoří. Bakalářská práce, katedra mineralogie a krystalografie PřF UK, Praha, 47 str., 7 příl.
- Prouza, V.; Vondrák, V. (1962). Zpráva o geologických výsledcích strukturního vrtu Tř 1 ve Třtěna SV. od Loun. Ústřední Ústav Geologický, Praha (P 014816), 30 str., 8 příl.

- Putirka, K. D., Perfit, M., Ryerson, F. J., & Jackson, M. G. (2007). Ambient and excess mantle temperatures, olivine thermometry, and active vs. passive upwelling. *Chemical Geology*, 241(3-4), 177-206.
- Raczek, I., K. P. Jochum, and A. W. Hofmann (2003), Neodymium and strontium isotope data for USGS reference materials BCR-1, BCR-2, BHVO-1, BHVO-2, AGV-1, AGV-2, GSP-1, GSP-2 and eight MPI-DING reference glasses, *Geostand. Newsl.*, 27, 173–179.
- Ryan, C. G., Griffin, W. L., & Pearson, N. J. (1996). Garnet geotherms: Pressure-temperature data from Cr-pyrope garnet xenocrysts in volcanic rocks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 101(B3), 5611-5625.
- Savelyeva, G. N., & Suslov, P. V. (2014). Structure and composition of mantle peridotites at the boundary with crustal complexes of ophiolites in the Syumkeu massif, Polar Urals. *Geotectonics*, 48(5), 347-358.
- Seifert, A. V. & Vrána, S. (2005). Bohemian garnet. *Bulletin of Geosciences*, 80 (2), 113-124.
- Scambelluri, M., Hermann, J., Morten, L., & Rampone, E. (2006). Melt-versus fluid-induced metasomatism in spinel to garnet wedge peridotites (Ulten Zone, Eastern Italian Alps): clues from trace element and Li abundances. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 151(4), 372.
- Schantl, P., Hauzenberger, C., Finger, F., Müller, T., & Linner, M. (2019). New evidence for the prograde and retrograde PT-path of high-pressure granulites, Moldanubian Zone, Lower Austria, by Zr-in-rutile thermometry and garnet diffusion modelling. *Lithos*, 342, 420-439.
- Schönig, J., von Eynatten, H., Meinhold, G., & Lünsdorf, N. K. (2019). Diamond and coesite inclusions in detrital garnet of the Saxonian Erzgebirge, Germany. *Geology*, 47(8), 715-718.
- Schulze, D. J. (2003). A classification scheme for mantle-derived garnets in kimberlite: a tool for investigating the mantle and exploring for diamonds. *Lithos*, 71(2-4), 195-213.
- Shchukina, E. V., Agashev, A. M., Kostrovitsky, S. I., & Pokhilenko, N. P. (2015). Metasomatic processes in the lithospheric mantle beneath the V. Grib kimberlite pipe (Arkhangelsk diamondiferous province, Russia). *Russian Geology and Geophysics*, 56(12), 1701-1716.
- Smit, C. A., Van Reenen, D. D., Gerya, T. V., Varlamov, D. A., & Fed'kin, A. V. (2000). Structural-metamorphic evolution of the Southern Yenisey Range of Eastern Siberia: implications for the emplacement of the Kanskiy granulite Complex. *Mineralogy and Petrology*, 69(1-2), 35-67.
- Stachel, T., Viljoen, K. S., Brey, G., & Harris, J. W. (1998). Metasomatic processes in lherzolitic and harzburgitic domains of diamondiferous lithospheric mantle: REE in garnets from xenoliths and inclusions in diamonds. *Earth and Planetary Science Letters*, 159(1-2), 1-12.
- Thomas, S. M., Thomas, R., Davidson, P., Reichart, P., Koch-Müller, M., & Dollinger, G. (2008). Application of Raman spectroscopy to quantify trace water concentrations in glasses and garnets. *American Mineralogist*, 93(10), 1550-1557.

Tichomirowa, M., Whitehouse, M., Gerdes, A., & Schulz, B. (2018). Zircon (Hf, O isotopes) as melt indicator: Melt infiltration and abundant new zircon growth within melt rich layers of granulite-facies lenses versus solid-state recrystallization in hosting amphibolite-facies gneisses (central Erzgebirge, Bohemian Massif). *Lithos*, 302, 65-85.

Tsunogae, T., & Santosh, M. (2006). Spinel–sapphirine–quartz bearing composite inclusion within garnet from an ultrahigh-temperature pelitic granulite: implications for metamorphic history and P–T path. *Lithos*, 92(3-4), 524-536.

Ulrych, J., Dostal, J., Adamovič, J., Jelinek, E., Špaček, P., Hegner, E., & Balogh, K. (2011). Recurrent Cenozoic volcanic activity in the Bohemian Massif (Czech Republic). *Lithos*, 123(1), 133-144.

Yavuz, F. & Döner, Z. (2017). "WinAmptb: A Windows program for calcic amphibole thermobarometry", *Periodico di Mineralogia*, Vol. 86, No. 2, 135-167.

Wang, L., Essene, E. J., & Zhang, Y. (1999). Mineral inclusions in pyrope crystals from Garnet Ridge, Arizona, USA: implications for processes in the upper mantle. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Michigan, 135(2-3), 164-178.

Wolff-Boenisch, B., (1994), Aufbau der Analytik zur Messung der Osmium Isotopie sowie die Strontium-, Neodym und Osmium-Systematik eines Hoch-Temperatur-Granat-Lherzolits (J4) von Jagersfontein (Südafrika): Mainz (Germany), Dipl. Thesis.

Zack, T., Moraes, R., & Kronz, A. (2004). Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 148(4), 471-488.

Watson, E. B., Wark, D. A., & Thomas, J. B. (2006). Crystallization thermometers for zircon and rutile. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 151(4), 413.

Whitney, D. L., Evans, B. W., (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95, 185–187.

Wojdyr, M. (2010). Fityk: a general-purpose peak fitting program. *Journal of Applied Crystallography*, 43(5-1), 1126-1128.

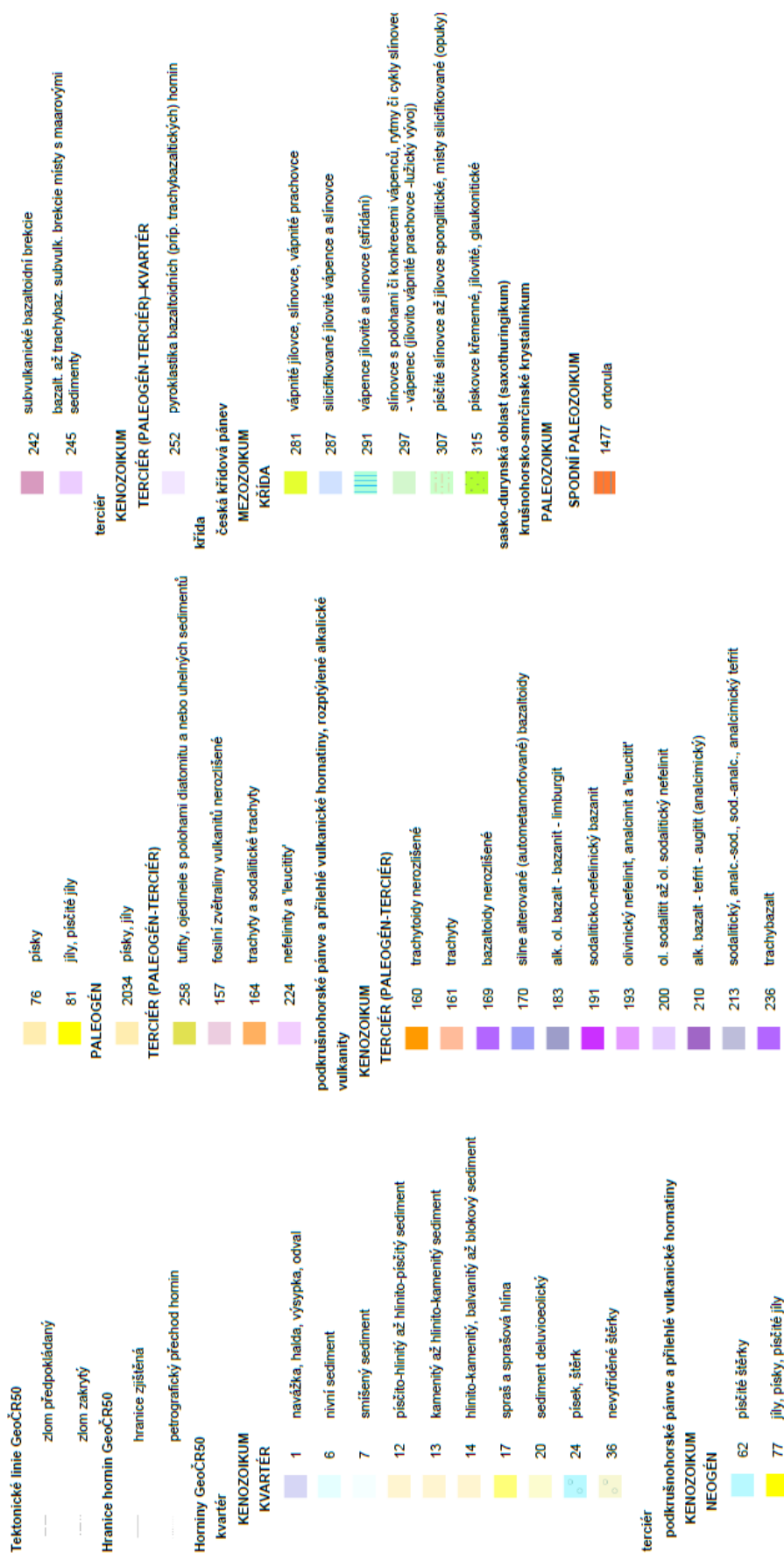
https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?id=1f36a5d2782a4f4992437dad0d32c434_666, 8. 8. 2020

8. Přílohy

Příloha I: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Seznam vzorků, jejich značení a lokalizace

Tabulka 8: Seznam vzorků a informace o jejich sběru a značení, černě jsou označeny vzorky, které jsou předmětem této a předchozí (2018) práce, a šedivě vzorky, které budou předmětem dalších výzkumů.

Lokalita/vrt	Odběr	Hloubka (m)	Litologie	Původ vzorků	Usazení	Označení vzorku
Linhoroka ^(a)	povrch	0	separát granátů	(h)	nábrus	Grt
Malý Syslák ^(b)	povrch	0	separát granátů	(h)	nábrus	MS
Chrástany ^(c)	povrch	0	separát granátů	(h)	nábrus	CH
Žejdlík ^(d)	šlich	0	těžké minerály	(i)	nábrus	Zejd
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	427.5	těžké minerály	(j)	nábrus	1_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	427.5	těžké minerály	(j)	nábrus	2_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	330	těžké minerály	(j)	nábrus	3_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	317	těžké minerály	(j)	nábrus	4_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	290.3	bělavý pískovec	(i)	nábrus	6_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	347.1 - 347.3	šedý laminovaný slojový pískovec	(i)	nábrus	7_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	420.2-420.4	kontakt slepence a aleuopelitu	(i)	nábrus	8_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	439	arkózový pískovec	(i)	nábrus	9_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	475.5	arkózový pískovec	(i)	nábrus	10_Tr-1
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	439 m	arkózový pískovec	(i)	výbrus	5_Tr-1_439m
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	475.5 m	arkózový pískovec	(i)	výbrus	6_Tr-1_475.5m
Tř-1 ^(e)	vrtné jádro	563.5 m	křemenný porfyr	(i)	výbrus	7_Tr-1_563.5m
T-31 ^(f)	vrtné jádro	205,5	těžké minerály	(j)	nábrus	5_T-31
T-7 ^(g)	vrtné jádro	256	pyroxenit	(k)	výbrus	1_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	256	pyroxenit	(k)	výbrus	2_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	282	lherzolit	(k)	výbrus	3_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	299	lherzolit	(k)	výbrus	T-7_4
T-7 ^(g)	vrtné jádro	313	lherzolit	(k)	výbrus	T-7_5
T-7 ^(g)	vrtné jádro	322	harzburgit	(k)	výbrus	T-7_6
T-7 ^(g)	vrtné jádro	421	lherzolit	(k)	výbrus	T-7_7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	402.9	ultrabazická hornina	(i)	výbrus	2-3_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	404.3	eklogit	(i)	výbrus	2-2_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	412.5	granulit	(i)	výbrus	2-4_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	310-311	ultrabazická hornina	(i)	výbrus	2-1_T-7
T-7 ^(g)	vrtné jádro	310-311	ultrabazická hornina	(i)	nábrus	T-7_8
Poznámky: a) 50.47984 s.š., 13.89037 v.d.; b) 50.42308 s.š., 13.86412 v.d.; c) 50.47728 s.š., 13.92713 v.d.; d) 50.47544 s.š., 13.90118 v.d.; e) 50.42028 s.š., 13.87778 v.d.; f) 50.48194 s.š., 13.89361v.d.; g) 50.48194 s.š., 13.89361v.d.; h) doc. RNDr. Jaromír Ulrych, DrSc.; i) vlastní sběr; j) Ing. Jiří Fiala, CSc.; k) doc. RNDr. Jana Kotková, CSc.						



Obrázek 67: Legenda k geologické mapě oblasti

Příloha II: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Chemické složení – hlavní prvky

Tabulka 9: Chemické složení hlavních prvků s výpočtem zastoupení koncových členů pro granáty z vrtů Tř-1, T-31 a T-7

Název	1_Tr1_1	1_Tr1_2	1_Tr1_6	1_Tr1_7	1_Tr1_8	1_Tr1_9	3_Tr1_7	3_Tr1_8	3_Tr1_9
Počet analýz	16	12	17	13	15	15	15	15	15
SiO ₂	41.6 (3)	42.0 (4)	41.2 (4)	42.0 (5)	41.2 (4)	41.2 (5)	41.0 (5)	41.0 (4)	40.2 (4)
TiO ₂	0.09 (13)	0.20 (15)	0.6 (9)	0.3 (3)	0.21 (14)	0.22 (12)	0.28 (12)	0.35 (13)	0.10 (10)
Al ₂ O ₃	17.8 (2)	20.1 (1)	18.4 (5)	20.5 (3)	18.1 (2)	17.6 (2)	18.6 (3)	21.1 (2)	16.9 (2)
Cr ₂ O ₃	7.1 (7)	4.0 (2)	6.0 (9)	3.7 (7)	6.1 (3)	6.8 (7)	5.67 (0)	1.93 (8)	7.87 (4)
FeO tot	8.0 (2)	8.3 (3)	8.8 (2)	8.5 (3)	8.3 (2)	8.3 (2)	7.5 (2)	8.5 (3)	8.3 (2)
MnO	0.3 (5)	0.4 (5)	0.5 (5)	0.4 (4)	0.4 (8)	0.4 (6)	0.32 (4)	0.32 (5)	0.38 (3)
MgO	19.1 (2)	20.3 (1)	19.2 (2)	20.1 (2)	19.3 (2)	19.0 (1)	20.1 (2)	20.4 (3)	18.4 (3)
CaO	6.44 (05)	5.07 (04)	5.3 (23)	4.7 (12)	5.9 (4)	5.83 (3)	5.17 (5)	4.42 (4)	6.58 (8)
Na ₂ O	0.01 (05)	0.02 (09)	0.04 (12)	0.04 (12)	0.02 (07)	0.02 (06)	0.04 (11)	0.046 (9)	0.008 (9)
Suma (kalk)	100.5 (4)	100.4 (7)	100.0 (8)	100.2 (7)	99.5 (9)	99.5 (9)	98.5 (1)	98.0 (6)	98.7 (7)
Koncové členy	1_Tr1_1	1_Tr1_2	1_Tr1_6	1_Tr1_7	1_Tr1_8	1_Tr1_9	3_Tr1_7	3_Tr1_8	3_Tr1_9
Schorlomit-Al	0.002 (0)	0.005 (1)	0.008 (5)	0.004 (3)	0.005 (1)	0.004 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Morimotoit	0.005 (2)	0.009 (3)	0.017 (7)	0.008 (5)	0.007 (4)	0.011 (2)	0.006 (2)	0.008 (3)	0.003 (0)
NaTi garnet	0.000 (0)	0.002 (0)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.000 (0)	0.002 (0)	0.007 (4)	0.011 (4)	0.006 (0)
Morimotoit-Mg	0.002 (2)	0.000 (0)	0.008 (0)	0.008 (1)	0.013 (0)	0.013 (0)	0.002 (1)	0.003 (0)	0.000 (0)
Majorit	0.019 (0)	0.008 (8)	0.010 (6)	0.014 (6)	0.012 (4)	0.014 (8)	0.008 (7)	0.004 (4)	0.002 (0)
Uvarovit	0.161 (2)	0.111 (3)	0.117 (7)	0.103 (4)	0.146 (4)	0.142 (3)	0.126 (3)	0.064 (1)	0.166 (1)
Knoringit	0.042 (6)	0.001 (0)	0.055 (5)	0.011 (2)	0.030 (4)	0.056 (6)	0.038 (6)	0.067 (0)	0.055 (4)
Spessartin	0.007 (1)	0.007 (1)	0.009 (1)	0.008 (1)	0.007 (2)	0.008 (1)	0.007 (1)	0.007 (1)	0.008 (1)
Pyrop	0.628 (4)	0.713 (2)	0.636 (9)	0.703 (4)	0.662 (4)	0.622 (5)	0.689 (3)	0.723 (5)	0.633 (9)
Almandin	0.120 (5)	0.124 (4)	0.134 (0)	0.149 (6)	0.105 (3)	0.128 (8)	0.098 (0)	0.137 (3)	0.096 (7)
Grossular	0.000 (0)	0.001 (0)	0.000 (0)	0.006 (5)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.015 (9)	0.000 (0)
Andradit	0.000 (0)	0.010 (3)	0.000 (0)	0.007 (4)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.033 (0)	0.002 (0)
Skiagit	0.026 (4)	0.021 (7)	0.024 (3)	0.015 (9)	0.040 (1)	0.024 (1)	0.029 (1)	0.027 (0)	0.037 (8)
Zbytek	0.001 (1)	0.001 (2)	0.001 (3)	0.001 (2)	0.002 (3)	0.001 (3)	0.003 (4)	0.006 (6)	0.006 (4)
Suma	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Název	1_Tr1_3	1_Tr1_4	1_Tr1_5	2_Tr1_1	2_Tr1_2	2_Tr1_3	2_Tr1_4	2_Tr1_5	2_Tr1_6
Počet měření	17	13	15	15	13	14	14	12	13
SiO ₂	39.1 (3)	39.3 (4)	39.5 (3)	39.5 (4)	39.1 (3)	39.2 (4)	38.8 (3)	38.9 (4)	39.2 (2)
TiO ₂	0.11 (1)	0.07 (2)	0.06 (11)	0.08 (14)	0.10 (12)	0.11 (14)	0.07 (12)	0.06 (12)	0.07 (10)
Al ₂ O ₃	21.9 (2)	22.0 (2)	22.2 (2)	22.1 (2)	21.9 (1)	22.1 (2)	21.9 (2)	22.0 (2)	22.0 (1)
Cr ₂ O ₃	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
FeO tot	25.1 (3)	25.4 (3)	25.4 (5)	23.9 (3)	25.1 (6)	25.1 (5)	26.7 (4)	25.7 (4)	24.3 (6)
MnO	0.38 (5)	0.31 (3)	0.4 (6)	0.3 (5)	0.4 (5)	0.4 (5)	0.3 (7)	0.4 (6)	0.4 (4)
MgO	9.4 (1)	10.0 (2)	11.2 (4)	10.8 (3)	8.9 (2)	9.2 (2)	9.1 (2)	10.0 (2)	9.9 (1)
CaO	4.5 (2)	3.5 (2)	2.1 (20)	3.3 (4)	4.8 (12)	4.6 (3)	3.24 (4)	3.1 (2)	4.2 (5)
Na ₂ O	0.074 (0)	0.066 (1)	0.09 (15)	0.06 (13)	0.06 (13)	0.07 (09)	0.04 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)
Suma (kalk)	100.5 (6)	100.5 (4)	100.9 (7)	100.2 (6)	100.5 (7)	100.7 (6)	100.2 (7)	100.1 (5)	100.2 (4)
Koncové členy	1_Tr1_3	1_Tr1_4	1_Tr1_5	2_Tr1_1	2_Tr1_2	2_Tr1_3	2_Tr1_4	2_Tr1_5	2_Tr1_6
Schorlomit-Al	0.003 (0)	0.002 (0)	0.001 (0)	0.002 (5)	0.003 (4)	0.003 (2)	0.002 (3)	0.002 (3)	0.002 (0)
Morimotoit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
NaTi garnet	0.001 (0)	0.002 (0)	0.001 (1)	0.000 (0)	0.002 (2)	0.003 (2)	0.000 (0)	0.002 (3)	0.000 (0)
Morimotoit-Mg	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Majorit	0.000 (0)	0.010 (0)	0.000 (0)	0.003 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Uvarovit	0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (0)	0.001 (6)	0.001 (2)	0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (1)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.008 (1)	0.007 (1)	0.008 (1)	0.007 (7)	0.009 (8)	0.008 (7)	0.008 (9)	0.008 (8)	0.008 (1)
Pyrop	0.353 (4)	0.375 (0)	0.416 (3)	0.407 (2)	0.337 (2)	0.348 (7)	0.347 (7)	0.378 (8)	0.375 (4)
Almandin	0.502 (6)	0.511 (2)	0.503 (8)	0.486 (5)	0.513 (8)	0.507 (6)	0.545 (3)	0.516 (7)	0.495 (9)
Grossular	0.105 (8)	0.080 (8)	0.043 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.114 (9)	0.075 (7)	0.071 (4)	0.098 (3)
Andradit	0.014 (5)	0.013 (9)	0.013 (5)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.009 (9)	0.013 (1)	0.011 (9)	0.011 (4)
Skiagit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Zbytek	0.015 (5)	0.013 (7)	0.016 (5)	0.008 (2)	0.011 (1)	0.013 (8)	0.011 (1)	0.014 (3)	0.011 (3)
Suma	1.0 (0)	1.0 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Název	3_Tr1_1	3_Tr1_2	3_Tr1_3	3_Tr1_4	3_Tr1_5	3_Tr1_6	4_Tr1_2	4_Tr1_4	4_Tr1_7
Počet měření	16	14	14	14	15	15	13	14	15
SiO ₂	38.3 (4)	38.2 (4)	38.9 (4)	38.3 (4)	38.3 (4)	38.3 (2)	40.0 (3)	39.9 (3)	41.6 (3)
TiO ₂	0.06 (10)	0.05 (11)	0.26 (15)	0.11 (15)	0.06 (11)	0.08 (3)	0.30 (2)	0.41 (4)	0.43 (5)
Al ₂ O ₃	21.5 (2)	21.6 (3)	21.6 (2)	21.6 (2)	21.5 (3)	21.5 (2)	22.5 (2)	21.9 (1)	22.2 (1)
Cr ₂ O ₃	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	0.82 (6)
FeO tot	24.0 (5)	25.8 (3)	17.7 (5)	20.2 (5)	25.1 (3)	24.3 (4)	15.7 (5)	14.9 (2)	9.7 (4)
MnO	0.39 (5)	0.44 (5)	0.34 (6)	0.24 (5)	0.37 (4)	0.40 (4)	0.29 (5)	0.31 (4)	0.37 (4)
MgO	9.4 (2)	10.0 (4)	8.5 (10)	10.0 (5)	9.6 (2)	10.1 (15)	10.0 (2)	9.8 (1)	19.9 (6)
CaO	4.96 (12)	2.77 (3)	11.37 (3)	7.54 (2)	3.97 (6)	3.85 (7)	11.56 (3)	12.56 (15)	4.37 (6)
Na ₂ O	0.03 (11)	0.05 (11)	0.072 (9)	0.06 (18)	0.046 (9)	0.04 (14)	0.09 (11)	0.08 (10)	0.06 (17)
Suma (kalk)	98.7 (7)	98.9 (7)	98.8 (8)	98.1 (6)	98.9 (8)	98.7 (7)	100.4 (6)	99.9 (7)	100.6 (8)
Koncové členy	3_Tr1_1	3_Tr1_2	3_Tr1_3	3_Tr1_4	3_Tr1_5	3_Tr1_6	4_Tr1_2	4_Tr1_4	4_Tr1_7
Schorlomit-Al	0.002 (0)	0.001 (0)	0.007 (1)	0.003 (1)	0.002 (0)	0.002 (1)	0.007 (2)	0.007 (3)	0.006 (3)
Morimotoit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.005 (5)	0.009 (6)
NaTi garnet	0.000 (0)	0.000 (0)	0.002 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.002 (2)	0.004 (2)	0.004 (1)
Morimotoit-Mg	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Majorit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.006 (0)	0.005 (3)
Uvarovit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.002 (1)	0.001 (0)	0.023 (2)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.008 (1)	0.010 (1)	0.007 (1)	0.006 (1)	0.008 (1)	0.009 (1)	0.006 (1)	0.007 (1)	0.007 (1)
Pyrop	0.360 (5)	0.383 (1)	0.324 (3)	0.381 (9)	0.371 (8)	0.387 (6)	0.375 (8)	0.362 (5)	0.705 (5)
Almandin	0.481 (9)	0.510 (4)	0.347 (6)	0.391 (3)	0.494 (9)	0.481 (7)	0.306 (3)	0.291 (4)	0.171 (4)
Grossular	0.114 (2)	0.055 (8)	0.278 (0)	0.174 (5)	0.083 (9)	0.081 (8)	0.285 (2)	0.299 (7)	0.052 (7)
Andradit	0.021 (9)	0.019 (7)	0.023 (5)	0.023 (7)	0.024 (9)	0.022 (7)	0.008 (4)	0.026 (7)	0.023 (7)
Skiagit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Zbytek	0.014 (7)	0.021 (4)	0.010 (5)	0.021 (5)	0.018 (3)	0.017 (5)	0.011 (6)	0.002 (2)	0.001 (3)
Suma	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Název	4_TR1_1	4_TR1_3	4_TR1_5	4_TR1_6	5_T31_1	5_T31_2	5_T31_4	5_T31_5	5_T31_6	5_T31_7
Počet měření	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
SiO ₂	41.6 (4)	41.9 (4)	41.4 (3)	42.1 (3)	40.9 (4)	41.5 (4)	41.3 (2)	42.4 (3)	42.1 (3)	41.9 (3)
TiO ₂	0.33 (5)	0.09 (14)	0.08 (11)	0.41 (2)	0.16 (2)	0.34 (1)	0.16 (2)	0.44 (2)	0.62 (3)	0.18 (1)
Al ₂ O ₃	21.6 (3)	20.7 (2)	19.0 (1)	22.0 (2)	18.9 (2)	20.1 (2)	20.2 (2)	21.4 (1)	21.3 (1)	20.5 (2)
Cr ₂ O ₃	2.12 (0)	3.84 (7)	5.36 (0)	1.60 (9)	4.98 (3)	3.16 (3)	3.6 (3)	1.94 (9)	1.9 (10)	3.13 (3)
FeO tot	10.3 (2)	8.5 (3)	8.8 (2)	9.2 (2)	7.7 (2)	8.1 (3)	8.3 (2)	8.9 (2)	8.9 (2)	8.4 (1)
MnO	0.46 (6)	0.38 (5)	0.40 (4)	0.36 (6)	0.32 (4)	0.29 (6)	0.36 (5)	0.32 (5)	0.38 (5)	0.34 (5)
MgO	19.1 (2)	20.1 (2)	19.5 (2)	20.5 (2)	20.1 (2)	20.8 (11)	19.9 (10)	20.7 (12)	20.7 (14)	20.6 (13)
CaO	5.10 (6)	4.92 (10)	5.58 (5)	4.09 (5)	5.43 (5)	4.62 (05)	5.04 (08)	4.34 (6)	4.28 (9)	4.79 (5)
Na ₂ O	0.02 (11)	0.01 (8)	0.01 (6)	0.05 (10)	0.012 (5)	0.035 (8)	0.02 (1)	0.06 (1)	0.06 (10)	0.015 (8)
Suma (kalk)	100.6 (8)	100.4 (7)	100.2 (6)	100.2 (7)	98.5 (7)	99.0 (7)	98.9 (4)	100.6 (7)	100.2 (5)	99.9 (5)
Koncové členy	4_TR1_1	4_TR1_3	4_TR1_5	4_TR1_6	5_T31_1	5_T31_2	5_T31_4	5_T31_5	5_T31_6	5_T31_7
Schorlomit-Al	0.008 (1)	0.002 (0)	0.002 (1)	0.007 (4)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.004 (1)	0.003 (1)	0.005 (3)	0.004 (1)
Morimotoit	0.007 (5)	0.004 (1)	0.003 (1)	0.010 (5)	0.005 (2)	0.004 (3)	0.005 (3)	0.013 (3)	0.017 (6)	0.007 (1)
NaTi garnet	0.001 (1)	0.001 (1)	0.000 (0)	0.003 (1)	0.009 (4)	0.010 (5)	0.001 (0)	0.004 (1)	0.004 (1)	0.001 (0)
Morimotoit-Mg	0.000 (0)	0.002 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (1)	0.002 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Majorit	0.001 (0)	0.008 (3)	0.003 (1)	0.004 (2)	0.004 (1)	0.009 (6)	0.012 (4)	0.008 (7)	0.005 (5)	0.007 (5)
Uvarovit	0.060 (3)	0.108 (5)	0.141 (1)	0.045 (3)	0.124 (0)	0.069 (8)	0.104 (8)	0.054 (2)	0.053 (3)	0.082 (2)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.012 (5)	0.000 (0)	0.007 (3)	0.000 (0)	0.004 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.009 (1)	0.008 (1)	0.008 (1)	0.007 (1)	0.006 (1)	0.006 (1)	0.007 (1)	0.006 (1)	0.008 (1)	0.007 (1)
Pyrop	0.677 (4)	0.710 (8)	0.686 (9)	0.723 (5)	0.726 (4)	0.624 (2)	0.711 (0)	0.723 (0)	0.732 (5)	0.703 (2)
Almandin	0.178 (8)	0.145 (1)	0.108 (3)	0.163 (4)	0.083 (2)	0.240 (1)	0.139 (0)	0.152 (6)	0.146 (5)	0.150 (8)
Grossular	0.033 (9)	0.003 (3)	0.000 (0)	0.022 (5)	0.000 (0)	0.049 (1)	0.006 (6)	0.012 (7)	0.006 (5)	0.038 (7)
Andradit	0.027 (8)	0.014 (6)	0.000 (0)	0.024 (6)	0.015 (9)	0.017 (5)	0.022 (0)	0.028 (8)	0.031 (7)	0.026 (5)
Skiagit	0.000 (0)	0.008 (5)	0.037 (7)	0.000 (0)	0.040 (8)	0.024 (8)	0.009 (7)	0.012 (0)	0.005 (3)	0.013 (6)
Zbytek	0.005 (4)	0.004 (3)	0.004 (4)	0.001 (2)	0.004 (3)	0.008 (2)	0.002 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.003 (6)
Suma	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Název	4_TR1_8	5_T31_3	5_T31_8	5_T31_9
Počet měření	20	15	15	15
SiO ₂	39.6 (5)	38.7 (4)	39.2 (3)	39.3 (3)
TiO ₂	0.18 (6)	0.04 (3)	0.11 (2)	0.09 (1)
Al ₂ O ₃	22.3 (3)	21.8 (1)	22.2 (2)	22.4 (2)
Cr ₂ O ₃	BDL	BDL	BDL	BDL
FeO tot	19.9 (6)	26.0 (3)	24.8 (4)	24.3 (3)
MnO	0.87 (8)	0.30 (6)	0.41 (5)	0.43 (4)
MgO	9.7 (7)	10.4 (14)	9.5 (15)	9.9 (14)
CaO	8.02 (4)	2.37 (17)	4.72 (4)	4.70 (4)
Na ₂ O	0.08 (8)	0.07 (4)	0.07 (2)	0.06 (2)
Suma (kalk)	100.6 (2)	99.6 (7)	101.0 (6)	101.2 (4)
Koncové členy	4_TR1_8	5_T31_3	5_T31_8	5_T31_9
Schorlomit-Al	0.004 (1)	0.001 (1)	0.003 (1)	0.003 (0)
Morimotoit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
NaTi garnet	0.006 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Morimotoit-Mg	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Majorit	0.006 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Uvarovit	0.002 (0)	0.001 (0)	0.001 (1)	0.001 (1)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.018 (1)	0.007 (1)	0.009 (1)	0.009 (1)
Pyrop	0.362 (6)	0.394 (4)	0.357 (6)	0.369 (4)
Almandin	0.394 (2)	0.516 (8)	0.490 (9)	0.478 (6)
Grossular	0.197 (6)	0.047 (7)	0.113 (1)	0.116 (4)
Andradit	0.011 (6)	0.015 (5)	0.012 (7)	0.007 (5)
Skiagit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Zbytek	0.013 (7)	0.020 (6)	0.018 (5)	0.018 (5)
Suma	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)	1.000 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Název	1_T-7_A	1_T-7_B	1_T-7_C	1_T-7_D	1_T-7_E	1_T-7_F	2_T-7_A	2_T-7_C	2_T-7_D
Počet měření	16	10	14	13	13	11	16	14	16
SiO ₂	42.2 (2)	41.2 (2)	42.2 (1)	41.3 (2)	41.6 (1)	41.8 (1)	42.2 (1)	42.0 (1)	42.1 (2)
TiO ₂	0.36 (2)	0.4 (10)	0.37 (1)	0.54 (3)	0.56 (3)	0.35 (3)	0.42 (2)	0.36 (6)	0.40 (5)
Al ₂ O ₃	20.67 (1)	18.6 (9)	20.43 (08)	18.73 (07)	19.63 (13)	19.85 (09)	21.31 (08)	21.26 (14)	21.20 (2)
Cr ₂ O ₃	2.81 (6)	5.3 (8)	3.06 (8)	4.67 (0)	3.43 (0)	3.65 (5)	1.90 (5)	2.24 (5)	2.16 (2)
FeO tot	8.5 (3)	9.5 (5)	8.7 (2)	10.6 (4)	9.3 (3)	9.2 (2)	8.8 (2)	8.8 (2)	8.9 (3)
MnO	0.36 (3)	0.43 (5)	0.35 (3)	0.41 (2)	0.38 (3)	0.41 (4)	0.35 (3)	0.38 (3)	0.34 (4)
MgO	20.2 (1)	18.4 (5)	20.2 (1)	18.5 (2)	18.6 (2)	19.2 (1)	20.4 (1)	20.1 (2)	20.4 (2)
CaO	4.73 (9)	5.37 (1)	4.71 (8)	4.97 (8)	6.18 (4)	5.17 (6)	4.40 (6)	4.52 (2)	4.40 (6)
Na ₂ O	0.039 (6)	0.041 (6)	0.043 (6)	0.057 (7)	0.040 (1)	0.032 (7)	0.046 (7)	0.031 (1)	0.047 (1)
Suma (kalk)	99.9 (4)	99.3 (2)	100.0 (3)	99.8 (5)	99.8 (3)	99.6 (2)	99.9 (3)	99.7 (2)	100.0 (4)
Koncové členy	1_T-7_A	1_T-7_B	1_T-7_C	1_T-7_D	1_T-7_E	1_T-7_F	2_T-7_A	2_T-7_C	2_T-7_D
Schorlomit-Al	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (0)	0.002 (2)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (0)	0.002 (1)	0.006 (4)
Morimotoit	0.013 (2)	0.014 (6)	0.014 (1)	0.020 (5)	0.025 (2)	0.013 (4)	0.016 (2)	0.013 (5)	0.013 (5)
NaTi garnet	0.003 (0)	0.003 (0)	0.003 (0)	0.004 (0)	0.003 (1)	0.002 (0)	0.003 (0)	0.002 (1)	0.003 (1)
Morimotoit-Mg	0.010 (6)	0.008 (5)	0.009 (7)	0.014 (9)	0.000 (0)	0.009 (6)	0.001 (0)	0.006 (4)	0.006 (1)
Majorit	0.015 (7)	0.016 (6)	0.017 (7)	0.017 (8)	0.017 (9)	0.021 (6)	0.016 (5)	0.014 (5)	0.012 (0)
Uvarovit	0.080 (2)	0.117 (4)	0.087 (2)	0.107 (4)	0.098 (3)	0.104 (1)	0.054 (1)	0.063 (1)	0.061 (3)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.007 (1)	0.009 (1)	0.007 (1)	0.008 (0)	0.008 (1)	0.008 (1)	0.007 (1)	0.008 (1)	0.007 (1)
Pyrop	0.699 (3)	0.608 (2)	0.699 (3)	0.624 (8)	0.646 (3)	0.661 (1)	0.705 (1)	0.699 (1)	0.710 (5)
Almandin	0.156 (8)	0.181 (4)	0.152 (9)	0.172 (1)	0.167 (7)	0.172 (9)	0.159 (6)	0.165 (6)	0.158 (9)
Grossular	0.013 (0)	0.045 (0)	0.009 (0)	0.000 (0)	0.017 (0)	0.008 (0)	0.026 (0)	0.025 (0)	0.018 (1)
Andradit	0.020 (6)	0.001 (0)	0.016 (4)	0.000 (0)	0.019 (0)	0.010 (6)	0.017 (7)	0.013 (0)	0.022 (0)
Skiagit	0.005 (5)	0.011 (7)	0.008 (7)	0.025 (4)	0.000 (0)	0.006 (6)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.008 (5)
Zbytek	0.002 (4)	0.002 (3)	0.002 (6)	0.001 (4)	0.000 (0)	0.001 (2)	0.000 (0)	0.001 (2)	0.001 (1)
Suma	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Analyza (hm%)	2_T-7_G	2_T-7_I	2_T-7_J	3_T-7_B	3_T-7_D	3_T-7_F	3_T-7_H	3_T-7_O	3_T-7_I
Počet analýz	14	17	15	25	20	20	15	13	14
SiO ₂	42.1 (1)	42.2 (2)	42.1 (1)	42.0 (2)	42.0 (2)	42.2 (2)	42.0 (1)	42.0 (1)	41.9 (2)
TiO ₂	0.39 (2)	0.39 (2)	0.41 (2)	0.65 (1)	0.60 (2)	0.68 (3)	0.60 (4)	0.65 (3)	0.62 (9)
Al ₂ O ₃	21.11 (8)	21.29 (8)	21.20 (7)	21.05 (11)	21.18 (1)	21.11 (10)	21.22 (14)	21.16 (14)	21.26 (2)
Cr ₂ O ₃	2.29 (7)	1.94 (5)	2.05 (6)	1.73 (6)	1.84 (7)	1.75 (5)	1.70 (5)	1.70 (6)	1.72 (5)
FeO tot	8.8 (4)	8.5 (3)	9.0 (2)	9.1 (3)	9.4 (3)	9.2 (2)	9.2 (3)	9.2 (2)	9.3 (4)
MnO	0.39 (2)	0.33 (3)	0.37 (3)	0.36 (3)	0.39 (3)	0.36 (2)	0.34 (3)	0.35 (3)	0.34 (3)
MgO	20.3 (1)	20.4 (3)	20.2 (2)	20.2 (2)	19.8 (2)	20.3 (2)	20.2 (2)	20.2 (2)	20.1 (2)
CaO	4.31 (5)	4.5 (1)	4.37 (1)	4.28 (9)	4.63 (0)	4.31 (7)	4.23 (7)	4.27 (9)	4.33 (10)
Na ₂ O	0.040 (2)	0.047 (10)	0.036 (9)	0.068 (10)	0.058 (9)	0.071 (0)	0.069 (1)	0.071 (0)	0.066 (5)
Suma (kalk)	99.7 (3)	99.6 (5)	99.7 (3)	99.4 (4)	99.8 (5)	100.0 (2)	99.6 (3)	99.5 (3)	99.7 (4)
Koncové členy									
Schorlomit-Al	0.003 (0)	0.004 (0)		0.001 (1)	0.002 (1)	0.001 (0)	0.008 (0)	0.003 (1)	0.006 (5)
Morimotoit	0.014 (4)	0.013 (5)	0.017 (1)	0.023 (7)	0.024 (5)	0.026 (2)	0.021 (6)	0.024 (3)	0.023 (4)
NaTi garnet	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.005 (1)	0.004 (1)	0.005 (1)	0.005 (1)	0.005 (1)	0.005 (1)
Morimotoit-Mg	0.015 (0)	0.011 (1)	0.016 (1)	0.019 (3)	0.010 (9)	0.003 (0)	0.012 (0)	0.000 (0)	0.004 (0)
Majorit	0.014 (8)	0.016 (7)	0.014 (4)	0.014 (8)	0.010 (4)	0.015 (0)	0.013 (8)	0.014 (8)	0.010 (7)
Uvarovit	0.065 (2)	0.055 (1)	0.058 (2)	0.049 (2)	0.052 (2)	0.049 (1)	0.048 (2)	0.048 (2)	0.049 (2)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.008 (0)	0.007 (1)	0.007 (1)	0.007 (1)	0.008 (1)	0.007 (0)	0.007 (1)	0.007 (1)	0.007 (1)
Pyrop	0.705 (1)	0.704 (4)	0.699 (7)	0.703 (3)	0.692 (3)	0.703 (6)	0.703 (3)	0.707 (4)	0.708 (2)
Almandin	0.162 (6)	0.157 (8)	0.166 (6)	0.165 (6)	0.170 (9)	0.163 (6)	0.165 (7)	0.163 (5)	0.164 (6)
Grossular	0.019 (0)	0.030 (1)	0.022 (0)	0.016 (0)	0.02 (1)	0.02 (1)	0.02 (0)	0.02 (1)	0.02 (1)
Andradit	0.014 (0)	0.016 (2)	0.013 (5)	0.019 (8)	0.018 (8)	0.018 (8)	0.017 (2)	0.018 (10)	0.021 (11)
Skiagit	0.003 (3)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.003 (3)
Zbytek	0.001 (3)	0.002 (5)	0.002 (5)	0.001 (3)	0.001 (3)	0.000 (0)	0.000 (2)	0.000 (0)	0.000 (1)
Suma	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)

Tabulka 9: Pokračování

Název	2-2_T-7_A		2-2_T-7_B		2-2_T-7_C		2-2_T-7_D		2-2_T-7_E		2-2_T-7_K	
Počet měření	16		16		16		16		18		29	
SiO ₂	40.7 (2)		41.0 (3)		41.1 (2)		40.8 (2)		41.3 (2)		40.9 (2)	
TiO ₂	0.15 (5)		0.20 (4)		0.21 (3)		0.21 (3)		0.25 (3)		0.19 (4)	
Al ₂ O ₃	22.55 (14)		22.68 (14)		22.66 (11)		22.55 (10)		22.77 (7)		22.60 (9)	
Cr ₂ O ₃	0.09 (2)		0.07 (2)		0.08 (2)		0.08 (3)		0.03 (2)		0.06 (3)	
FeO tot	12.8 (8)		10.6 (8)		10.0 (1)		10.6 (0)		10.1 (4)		10.4 (5)	
MnO	0.25 (6)		0.21 (4)		0.18 (3)		0.20 (5)		0.20 (2)		0.19 (5)	
MgO	11.5 (3)		11.6 (4)		11.6 (4)		10.8 (2)		12.8 (4)		11.2 (2)	
CaO	12.08 ()		13.74 ()		14.16 (7)		14.54 (7)		12.54 (4)		14.15 (3)	
Na ₂ O	0.036 (9)		0.042 (0)		0.049 (7)		0.040 (9)		0.059 (1)		0.043 (8)	
Suma (kalk)	100.1 (3)		100.1 (4)		100.1 (3)		99.9 (3)		100.0 (3)		99.8 (3)	
Koncové členy	2-2_T-7_A		2-2_T-7_B		2-2_T-7_C		2-2_T-7_D		2-2_T-7_E		2-2_T-7_K	
Schorlomit-Al	0.002 (1)		0.004 (2)		0.002 (0)		0.001 (0)		0.005 (0)		0.001 (0)	
Morimotoit	0.003 (2)		0.004 (2)		0.004 (2)		0.004 (2)		0.004 (2)		0.004 (2)	
NaTi garnet	0.002 (1)		0.003 (1)		0.003 (0)		0.003 (1)		0.004 (1)		0.003 (1)	
Morimotoit-Mg	0.004 (0)		0.004 (2)		0.003 (2)		0.006 (1)		0.004 (2)		0.003 (2)	
Majorit	0.005 (2)		0.005 (3)		0.007 (4)		0.005 (3)		0.007 (3)		0.007 (4)	
Uvarovit	0.003 (1)		0.002 (1)		0.002 (1)		0.002 (1)		0.001 (1)		0.002 (1)	
Knorringit	0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)	
Spessartin	0.005 (1)		0.004 (1)		0.004 (1)		0.004 (1)		0.004 (0)		0.004 (1)	
Pyrop	0.417 (3)		0.419 (5)		0.418 (3)		0.393 (8)		0.460 (5)		0.404 (9)	
Almandin	0.255 (0)		0.211 (6)		0.202 (4)		0.214 (9)		0.202 (8)		0.213 (2)	
Grossular	0.30 (4)		0.34 (3)		0.36 (2)		0.37 (5)		0.31 (1)		0.36 (3)	
Andradit	0.011 (5)		0.010 (5)		0.009 (4)		0.008 (5)		0.006 (4)		0.005 (4)	
Skiagit	0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)	
Zbytek	0.002 (4)		0.003 (4)		0.006 (6)		0.004 (5)		0.006 (6)		0.005 (5)	
Suma	1.0 (0)		1.0 (0)		1.0 (0)		1.0 (0)		1.0 (0)		1.0 (0)	

Tabulka 9: Pokračování

Název	2-4_T-7_A	2-4_T-7_B	2-4_T-7_C	2-4_T-7_E	2-4_T-7_D	2-4_T-7_F1	2-4_T-7_F2
Počet měření	16	15	16	12	16	10	10
SiO ₂	39.2 (4)	39.4 (3)	39.8 (2)	40.0 (2)	39.8 (2)	40.0 (2)	39.9 (1)
TiO ₂	0.21 (6)	0.14 (4)	0.10 (2)	0.09 (2)	0.14 (5)	0.11 (1)	0.11 (2)
Al ₂ O ₃	21.71 (19)	21.86 (19)	22.16 (4)	22.17 (11)	22.13 (8)	22.22 (6)	22.21 (3)
Cr ₂ O ₃	0.04 (3)	0.05 (2)	0.02 (2)	0.05 (4)	0.02 (2)	0.03 (1)	0.02 (3)
FeO tot	21.1 (1)	21.2 (0)	20.1 (6)	19.1 (4)	20.8 (6)	19.7 (6)	19.9 (6)
MnO	0.39 (4)	0.39 (5)	0.37 (3)	0.31 (2)	0.36 (4)	0.33 (1)	0.32 (3)
MgO	7.6 (2)	8.9 (8)	10.0 (2)	10.4 (4)	10.4 (2)	10.7 (4)	10.8 (3)
CaO	9.33 (8)	7.61 (6)	7.28 (5)	7.74 (8)	6.34 (7)	6.98 (8)	6.70 (7)
Na ₂ O	0.066 (4)	0.051 (1)	0.045 (9)	0.037 (7)	0.062 (20)	0.044 (1)	0.059 (1)
Suma (kalk)	99.7 (4)	99.6 (5)	99.9 (4)	99.8 (4)	99.9 (5)	100.1 (4)	100.0 (6)
Koncové členy	2-4_T-7_A	2-4_T-7_B	2-4_T-7_C	2-4_T-7_E	2-4_T-7_D	2-4_T-7_F1	2-4_T-7_F2
Schorlomit-Al	0.004 (2)	0.004 (1)	0.002 (1)	0.002 (1)	0.004 (1)	0.002 (1)	0.003 (1)
Morimotoit	0.004 (2)	0.001 (1)	0.000 (0)	0.001 (1)	0.007 (6)	0.001 (1)	0.000 (0)
NaTi garnet	0.004 (2)	0.003 (1)	0.002 (1)	0.002 (1)	0.003 (1)	0.002 (1)	0.003 (1)
Morimotoit-Mg	0.001 (1)	0.003 (0)	0.002 (1)	0.003 (0)	0.001 (0)	0.002 (0)	0.001 (0)
Majorit	0.007 (4)	0.009 (3)	0.006 (3)	0.011 (6)	0.005 (3)	0.004 (1)	0.006 (1)
Uvarovit	0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (0)	0.002 (1)	0.001 (0)	0.001 (0)	0.001 (1)
Knorringit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Spessartin	0.009 (1)	0.008 (1)	0.008 (1)	0.007 (1)	0.008 (1)	0.007 (0)	0.007 (1)
Pyrop	0.285 (3)	0.330 (9)	0.373 (9)	0.382 (0)	0.386 (9)	0.396 (4)	0.402 (4)
Almandin	0.444 (3)	0.445 (1)	0.416 (9)	0.395 (8)	0.429 (0)	0.404 (9)	0.404 (6)
Grossular	0.24 (5)	0.20 (2)	0.19 (1)	0.20 (2)	0.16 (2)	0.17 (2)	0.17 (2)
Andradit	0.011 (5)	0.008 (7)	0.008 (4)	0.008 (6)	0.007 (4)	0.010 (3)	0.011 (6)
Skiagit	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Zbytek	0.004 (4)	0.003 (4)	0.006 (4)	0.005 (3)	0.005 (4)	0.003 (3)	0.007 (4)
Suma	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)	1.0 (0)

Tabulka 10: Rozsahy hodnot hlavních prvků a zastoupení jednotlivých koncových členů pro granáty z vrťů Tř-1, T-31 a T-7

Název	1_Tr1_1 min-max	1_Tr1_2 min-max	1_Tr1_6 min-max	1_Tr1_7 min-max	1_Tr1_8 min-max	1_Tr1_9 min-max
SiO ₂	41.24 - 42.12	41.17 - 42.57	40.55 - 41.93	41.28 - 42.74	40.52 - 42.35	40.18 - 41.92
TiO ₂	0.07 - 0.12	0.19 - 0.23	0.28 - 0.64	0.22 - 0.36	0.18 - 0.24	0.20 - 0.24
Al ₂ O ₃	17.55 - 18.06	19.81 - 20.34	17.59 - 19.91	20.13 - 20.77	17.87 - 18.71	17.12 - 17.96
Cr ₂ O ₃	6.79 - 7.34	3.68 - 4.19	4.70 - 6.45	3.39 - 3.86	5.89 - 6.31	6.50 - 7.13
FeO tot	7.55 - 8.45	7.67 - 8.65	8.42 - 9.21	8.16 - 9.12	8.01 - 8.61	7.95 - 8.72
MnO	0.26 - 0.41	0.24 - 0.43	0.33 - 0.53	0.29 - 0.46	0.20 - 0.52	0.32 - 0.52
MgO	18.84 - 19.52	20.13 - 20.62	18.70 - 19.63	19.76 - 20.42	18.80 - 19.76	18.78 - 19.27
CaO	6.35 - 6.52	4.98 - 5.12	5.06 - 5.87	4.45 - 4.87	5.86 - 6.01	5.76 - 5.88
Na ₂ O	0.00 - 0.00	0.03 - 0.04	0.03 - 0.06	0.04 - 0.06	0.00 - 0.03	0.03 - 0.03
Suma (kalk)	99.66 - 101.23	98.74 - 101.64	98.58 - 101.58	99.14 - 101.21	98.20 - 101.72	97.83 - 101.27
Koncové členy	1_Tr1_1	1_Tr1_2	1_Tr1_6	1_Tr1_7	1_Tr1_8	1_Tr1_9
Schorlomit-Al	0.002 - 0.003	0.004 - 0.005	0.000 - 0.017	0.001 - 0.008	0.002 - 0.007	0.001 - 0.007
Morimotoit	0.001 - 0.006	0.003 - 0.012	0.004 - 0.027	0.001 - 0.016	0.000 - 0.012	0.006 - 0.013
NaTi garnet	0.000 - 0.000	0.002 - 0.003	0.002 - 0.004	0.002 - 0.004	0.000 - 0.000	0.002 - 0.002
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.004	0.000 - 0.000	0.008 - 0.008	0.007 - 0.008	0.013 - 0.013	0.013 - 0.013
Majorit	0.000 - 0.032	0.002 - 0.023	0.003 - 0.019	0.006 - 0.024	0.004 - 0.016	0.003 - 0.032
Uvarovit	0.158 - 0.166	0.104 - 0.118	0.109 - 0.130	0.096 - 0.109	0.138 - 0.152	0.136 - 0.149
Knoringit	0.032 - 0.052	0.001 - 0.001	0.004 - 0.070	0.009 - 0.013	0.025 - 0.038	0.046 - 0.067
Spessartin	0.005 - 0.008	0.005 - 0.009	0.007 - 0.011	0.006 - 0.009	0.004 - 0.011	0.007 - 0.011
Pyrop	0.587 - 0.668	0.687 - 0.726	0.596 - 0.680	0.678 - 0.726	0.631 - 0.684	0.594 - 0.643
Almandin	0.078 - 0.158	0.106 - 0.155	0.106 - 0.171	0.114 - 0.171	0.061 - 0.153	0.090 - 0.159
Grossular	0.000 - 0.000	0.001 - 0.001	0.000 - 0.000	0.001 - 0.013	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Andradit	0.000 - 0.000	0.007 - 0.015	0.000 - 0.000	0.002 - 0.012	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Skiagit	0.005 - 0.047	0.004 - 0.028	0.000 - 0.042	0.006 - 0.033	0.023 - 0.063	0.011 - 0.049
Zbytek	0.000 - 0.006	0.000 - 0.005	0.000 - 0.013	0.000 - 0.006	0.000 - 0.011	0.000 - 0.012
Suma	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000

Tabulka 10: Pokračování

Název	1_Tr1_3		1_Tr1_4		1_Tr1_5		2_Tr1_1		2_Tr1_2		2_Tr1_3	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
SiO ₂	38.53	- 39.55	38.73	- 39.79	38.99	- 40.26	38.78	- 40.17	38.57	- 39.72	38.6	- 39.93
TiO ₂	0.08	- 0.13	0.05	- 0.10	0.03	- 0.08	0.05	- 0.10	0.08	- 0.12	0.09	- 0.14
Al ₂ O ₃	21.64	- 22.19	21.60	- 22.24	21.83	- 22.53	21.64	- 22.57	21.77	- 22.23	21.7	- 22.41
Cr ₂ O ₃	BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		BDL	
FeO tot	24.63	- 25.58	25.00	- 25.95	24.48	- 26.46	23.32	- 24.34	24.55	- 27.06	24.4	- 26.01
MnO	0.30	- 0.51	0.26	- 0.37	0.27	- 0.49	0.28	- 0.45	0.33	- 0.49	0.28	- 0.48
MgO	9.10	- 9.56	9.51	- 10.11	10.21	- 11.59	9.80	- 11.19	8.40	- 9.14	8.83	- 9.49
CaO	4.09	- 4.70	3.33	- 3.90	1.92	- 2.64	2.97	- 5.00	4.50	- 4.99	4.11	- 4.84
Na ₂ O	0.05	- 0.09	0.05	- 0.09	0.07	- 0.12	0.03	- 0.08	0.04	- 0.08	0.06	- 0.09
Suma (kalk)	99.45	- 101.37	99.75	- 101.02	99.65	- 101.94	99.27	- 101.75	99.77	- 102.22	99.6	- 101.89
Koncové členy	1_Tr1_3		1_Tr1_4		1_Tr1_5		2_Tr1_1		2_Tr1_2		2_Tr1_3	
Schorlomit-Al	0.002	- 0.004	0.002	- 0.003	0.001	- 0.002	0.001	- 0.002	0.001	- 0.002	0.003	- 0.003
Morimotoit	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.002	- 0.005	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000
NaTi garnet	0.001	- 0.001	0.001	- 0.002	0.000	- 0.002	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000
Morimotoit-Mg	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000
Majorit	0.000	- 0.000	0.010	- 0.010	0.000	- 0.000	0.000	- 0.004	0.001	- 0.003	0.000	- 0.003
Uvarovit	0.000	- 0.002	0.000	- 0.002	0.000	- 0.001	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000
Knorringit	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000
Spessartin	0.007	- 0.011	0.006	- 0.008	0.006	- 0.011	0.006	- 0.010	0.007	- 0.011	0.006	- 0.010
Pyrop	0.348	- 0.362	0.346	- 0.381	0.386	- 0.431	0.373	- 0.419	0.315	- 0.347	0.336	- 0.359
Almandin	0.486	- 0.511	0.484	- 0.535	0.491	- 0.521	0.468	- 0.500	0.499	- 0.549	0.498	- 0.515
Grossular	0.089	- 0.118	0.064	- 0.096	0.031	- 0.069	0.067	- 0.113	0.104	- 0.128	0.100	- 0.129
Andradit	0.005	- 0.026	0.003	- 0.037	0.001	- 0.019	0.000	- 0.022	0.003	- 0.017	0.001	- 0.019
Skiagit	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000
Zbytek	0.005	- 0.028	0.003	- 0.025	0.006	- 0.024	0.002	- 0.016	0.006	- 0.018	0.003	- 0.019
Suma	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000

Tabulka 10: Pokračování

Název	2_Tr1_4		2_Tr1_5		2_Tr1_6		3_Tr1_1		3_Tr1_2		3_Tr1_3	
	min-max		min-max		min-max		min-max		min-max		min-max	
SiO ₂	38.08 - 39.20		38.36 - 39.79		39.06 - 39.46		37.34 - 39.40		37.39 - 38.90		37.91 - 39.60	
TiO ₂	0.05 - 0.10		0.04 - 0.08		0.05 - 0.09		0.04 - 0.08		0.03 - 0.08		0.23 - 0.28	
Al ₂ O ₃	21.29 - 22.25		21.76 - 22.41		21.92 - 22.28		20.98 - 21.95		20.90 - 22.07		21.19 - 21.96	
Cr ₂ O ₃	BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		BDL	
FeO tot	26.11 - 27.27		25.14 - 26.46		23.55 - 25.27		23.27 - 25.04		25.36 - 26.48		17.12 - 18.54	
MnO	0.17 - 0.45		0.28 - 0.50		0.33 - 0.46		0.29 - 0.47		0.35 - 0.54		0.24 - 0.42	
MgO	8.74 - 9.34		9.51 - 10.26		9.65 - 10.11		9.04 - 9.63		9.28 - 10.41		8.43 - 8.77	
CaO	3.19 - 3.31		2.91 - 3.70		3.73 - 5.09		4.72 - 5.11		2.47 - 3.68		10.47 - 11.62	
Na ₂ O	0.03 - 0.07		0.04 - 0.07		0.04 - 0.07		0.01 - 0.05		0.04 - 0.07		0.05 - 0.09	
Suma (kalk)	98.90 - 101.29		99.23 - 101.16		99.84 - 100.86		97.47 - 100.79		97.39 - 100.01		97.32 - 99.87	
Koncové členy	2_Tr1_4		2_Tr1_5		2_Tr1_6		3_Tr1_1		3_Tr1_2		3_Tr1_3	
Schorlomit-Al	0.000 - 0.000		0.002 - 0.002		0.001 - 0.003		0.001 - 0.002		0.001 - 0.002		0.005 - 0.008	
Morimotoit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
NaTi garnet	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.002 - 0.003	
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Majorit	0.000 - 0.002		0.000 - 0.003		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Uvarovit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.003		0.000 - 0.002		0.000 - 0.002		0.000 - 0.004	
Knorringit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Spessartin	0.004 - 0.010		0.006 - 0.011		0.007 - 0.010		0.006 - 0.010		0.008 - 0.012		0.005 - 0.009	
Pyrop	0.333 - 0.356		0.361 - 0.389		0.364 - 0.379		0.347 - 0.368		0.363 - 0.396		0.319 - 0.329	
Almandin	0.530 - 0.562		0.501 - 0.534		0.476 - 0.510		0.464 - 0.501		0.505 - 0.517		0.338 - 0.359	
Grossular	0.061 - 0.087		0.058 - 0.087		0.082 - 0.122		0.092 - 0.129		0.043 - 0.073		0.255 - 0.289	
Andradit	0.003 - 0.028		0.001 - 0.019		0.005 - 0.019		0.006 - 0.041		0.009 - 0.033		0.013 - 0.034	
Skiagit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Zbytek	0.000 - 0.018		0.002 - 0.022		0.005 - 0.016		0.004 - 0.030		0.015 - 0.029		0.003 - 0.019	
Suma	1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000	

Tabulka 10: Pokračování

Název	3_Tr1_4		3_Tr1_5		3_Tr1_6		4_Tr1_2		4_Tr1_4		4_Tr1_7	
	min-max		min-max		min-max		min-max		min-max		min-max	
SiO ₂	37.81 - 39.18		37.72 - 39.26		37.86 - 38.78		39.46 - 40.30		39.35 - 40.35		41.54 - 42.70	
TiO ₂	0.09 - 0.14		0.04 - 0.08		0.04 - 0.18		0.26 - 0.34		0.31 - 0.47		0.34 - 0.55	
Al ₂ O ₃	21.26 - 22.05		20.80 - 22.19		21.22 - 21.91		22.03 - 22.81		21.63 - 22.13		22.05 - 22.83	
Cr ₂ O ₃	BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		0.73 - 0.93	
FeO tot	19.17 - 20.77		24.46 - 25.59		23.59 - 24.97		15.00 - 16.80		14.55 - 15.28		9.20 - 10.19	
MnO	0.12 - 0.32		0.29 - 0.42		0.34 - 0.48		0.24 - 0.40		0.26 - 0.41		0.31 - 0.43	
MgO	9.37 - 11.25		9.22 - 9.98		9.83 - 10.29		9.65 - 10.31		9.57 - 9.98		19.76 - 20.30	
CaO	7.09 - 7.97		3.88 - 4.16		3.75 - 4.02		10.92 - 11.79		12.26 - 12.77		4.33 - 4.50	
Na ₂ O	0.02 - 0.08		0.03 - 0.06		0.02 - 0.08		0.06 - 0.11		0.06 - 0.10		0.04 - 0.07	
Suma (kalk)	97.28 - 99.01		97.28 - 100.75		97.05 - 99.66		99.12 - 101.32		98.48 - 100.91		98.49 - 101.66	
Koncové členy	3_Tr1_4		3_Tr1_5		3_Tr1_6		4_Tr1_2		4_Tr1_4		4_Tr1_7	
Schorlomit-Al	0.001 - 0.004		0.001 - 0.002		0.001 - 0.005		0.004 - 0.009		0.001 - 0.011		0.003 - 0.012	
Morimotoit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.013		0.001 - 0.022	
NaTi garnet	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.001 - 0.004		0.001 - 0.006		0.003 - 0.005	
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Majorit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.006 - 0.006	
Uvarovit	0.000 - 0.002		0.000 - 0.002		0.000 - 0.002		0.001 - 0.004		0.000 - 0.002		0.020 - 0.026	
Knorringit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Spessartin	0.003 - 0.009		0.006 - 0.009		0.007 - 0.010		0.005 - 0.008		0.005 - 0.009		0.006 - 0.009	
Pyrop	0.359 - 0.423		0.357 - 0.392		0.374 - 0.398		0.357 - 0.380		0.351 - 0.371		0.692 - 0.710	
Almandin	0.353 - 0.502		0.472 - 0.509		0.471 - 0.494		0.283 - 0.333		0.280 - 0.295		0.160 - 0.179	
Grossular	0.089 - 0.191		0.066 - 0.096		0.071 - 0.096		0.274 - 0.303		0.288 - 0.318		0.041 - 0.064	
Andradit	0.011 - 0.034		0.010 - 0.040		0.012 - 0.035		0.003 - 0.014		0.003 - 0.033		0.012 - 0.034	
Skiagit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Zbytek	0.012 - 0.030		0.014 - 0.023		0.006 - 0.023		0.000 - 0.023		0.000 - 0.008		0.000 - 0.014	
Suma	1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000	

Tabulka 10: Pokračování

Název	3_Tr1_7		3_Tr1_8		3_Tr1_9		4_Tr1_1		4_Tr1_3		4_Tr1_5	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
SiO ₂	39.87	- 41.65	40.08	- 41.66	39.25	- 40.98	41.00	- 42.45	41.20	- 42.48	40.70	- 42.28
TiO ₂	0.25	- 0.29	0.33	- 0.38	0.09	- 0.12	0.25	- 0.47	0.06	- 0.12	0.06	- 0.41
Al ₂ O ₃	17.87	- 18.99	20.54	- 21.54	16.50	- 17.37	20.99	- 22.19	20.31	- 20.97	18.72	- 22.07
Cr ₂ O ₃	5.31	- 5.99	1.78	- 2.03	7.48	- 8.24	1.92	- 2.30	3.53	- 4.31	4.99	- 5.68
FeO tot	7.14	- 7.80	8.03	- 8.92	7.97	- 8.60	9.79	- 10.50	7.85	- 8.91	8.37	- 9.43
MnO	0.24	- 0.38	0.21	- 0.41	0.31	- 0.43	0.33	- 0.55	0.31	- 0.50	0.34	- 0.46
MgO	19.55	- 20.49	19.91	- 20.90	17.74	- 18.72	18.72	- 19.42	19.48	- 20.48	18.90	- 20.90
CaO	5.05	- 5.24	4.35	- 4.49	6.40	- 6.72	5.01	- 5.20	4.71	- 5.16	5.46	- 5.64
Na ₂ O	0.02	- 0.06	0.03	- 0.06	0.00	- 0.03	0.01	- 0.05	0.00	- 0.03	0.00	- 0.06
Suma (kalk)	96.39	- 100.34	97.17	- 99.17	97.28	- 100.32	99.24	- 102.37	99.09	- 101.56	98.80	- 101.14
Koncové členy	3_Tr1_7		3_Tr1_8		3_Tr1_9		4_Tr1_1		4_Tr1_3		4_Tr1_5	
Schorlomit-Al	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.006	- 0.010	0.002	- 0.003	0.000	- 0.011
Morimotoit	0.002	- 0.008	0.002	- 0.011	0.002	- 0.003	0.002	- 0.015	0.002	- 0.005	0.001	- 0.004
NaTi garnet	0.001	- 0.011	0.004	- 0.015	0.006	- 0.006	0.001	- 0.002	0.000	- 0.002	0.000	- 0.001
Morimotoit-Mg	0.001	- 0.003	0.002	- 0.003	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.002	- 0.002	0.000	- 0.000
Majorit	0.001	- 0.022	0.000	- 0.009	0.002	- 0.002	0.001	- 0.001	0.003	- 0.012	0.002	- 0.005
Uvarovit	0.119	- 0.131	0.051	- 0.058	0.167	- 0.177	0.055	- 0.065	0.101	- 0.121	0.138	- 0.143
Knorringit	0.027	- 0.048	0.000	- 0.000	0.048	- 0.071	0.000	- 0.000	0.000	- 0.000	0.004	- 0.019
Spessartin	0.005	- 0.008	0.004	- 0.009	0.006	- 0.009	0.007	- 0.011	0.006	- 0.010	0.007	- 0.009
Pyrop	0.661	- 0.714	0.710	- 0.758	0.590	- 0.633	0.669	- 0.683	0.687	- 0.721	0.667	- 0.731
Almandin	0.057	- 0.135	0.080	- 0.155	0.079	- 0.141	0.161	- 0.195	0.126	- 0.170	0.083	- 0.153
Grossular	0.000	- 0.000	0.005	- 0.041	0.000	- 0.000	0.014	- 0.049	0.001	- 0.009	0.000	- 0.013
Andradit	0.000	- 0.000	0.006	- 0.049	0.000	- 0.000	0.014	- 0.044	0.001	- 0.027	0.000	- 0.036
Skiagit	0.007	- 0.050	0.019	- 0.019	0.015	- 0.050	0.000	- 0.000	0.000	- 0.016	0.029	- 0.049
Zbytek	0.000	- 0.011	0.000	- 0.023	0.000	- 0.018	0.000	- 0.013	0.000	- 0.010	0.000	- 0.012
Suma	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000	1.000	- 1.000

Tabulka 10: Pokračování

Název	4_TR1_6	5_T31_1	5_T31_2	5_T31_4	5_T31_5	5_T31_6
	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
SiO ₂	41.46 - 42.43	40.37 - 41.59	41.03 - 42.28	41.08 - 41.67	41.55 - 42.73	41.41 - 42.44
TiO ₂	0.37 - 0.45	0.13 - 0.19	0.32 - 0.358	0.13 - 0.22	0.40 - 0.47	0.55 - 0.69
Al ₂ O ₃	21.53 - 22.25	18.79 - 19.30	19.88 - 20.455	19.91 - 20.52	21.09 - 21.62	21.03 - 21.51
Cr ₂ O ₃	1.48 - 1.80	4.72 - 5.22	2.92 - 3.348	3.15 - 4.17	1.74 - 2.11	1.68 - 2.01
FeO tot	8.83 - 9.55	7.33 - 8.15	7.55 - 8.64	7.94 - 8.52	8.60 - 9.40	8.62 - 9.21
MnO	0.26 - 0.44	0.25 - 0.38	0.20 - 0.423	0.26 - 0.48	0.24 - 0.39	0.32 - 0.47
MgO	20.26 - 20.90	19.78 - 20.33	20.69 - 21.117	19.67 - 20.12	20.43 - 20.92	20.40 - 20.92
CaO	3.97 - 4.15	5.35 - 5.51	4.54 - 4.71	4.85 - 5.14	4.18 - 4.43	4.17 - 4.51
Na ₂ O	0.03 - 0.07	0.01 - 0.03	0.02 - 0.046	0.00 - 0.04	0.05 - 0.08	0.03 - 0.08
Suma (kalk)	98.47 - 101.14	97.74 - 99.79	98.10 - 100.424	98.21 - 99.64	98.52 - 101.23	98.89 - 100.84
Koncové členy	4_TR1_6	5_T31_1	5_T31_2	5_T31_4	5_T31_5	5_T31_6
Schorlomit-Al	0.001 - 0.011	0.002 - 0.009	0.001 - 0.009	0.001 - 0.005	0.002 - 0.005	0.002 - 0.011
Morimotoit	0.002 - 0.016	0.004 - 0.008	0.001 - 0.014	0.001 - 0.010	0.004 - 0.017	0.005 - 0.025
NaTi garnet	0.000 - 0.005	0.001 - 0.001	0.000 - 0.003	0.000 - 0.002	0.003 - 0.006	0.002 - 0.005
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.000	0.003 - 0.003	0.003 - 0.019	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Majorit	0.001 - 0.007			0.007 - 0.017	0.000 - 0.026	0.001 - 0.013
Uvarovit	0.041 - 0.051	0.090 - 0.138	0.084 - 0.095	0.090 - 0.118	0.050 - 0.059	0.047 - 0.056
Knorringit	0.000 - 0.000	0.003 - 0.014	0.000 - 0.000	0.004 - 0.004	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Spessartin	0.005 - 0.009	0.005 - 0.008	0.004 - 0.009	0.005 - 0.010	0.005 - 0.008	0.006 - 0.009
Pyrop	0.708 - 0.731	0.708 - 0.749	0.392 - 0.749	0.685 - 0.721	0.694 - 0.733	0.715 - 0.737
Almandin	0.153 - 0.168	0.064 - 0.097	0.085 - 0.492	0.120 - 0.156	0.136 - 0.162	0.135 - 0.155
Grossular	0.013 - 0.031	0.000 - 0.000	0.070 - 0.070	0.000 - 0.016	0.004 - 0.032	0.001 - 0.017
Andradit	0.014 - 0.036	0.001 - 0.022	0.008 - 0.027	0.006 - 0.035	0.008 - 0.039	0.011 - 0.042
Skiagit	0.000 - 0.000	0.033 - 0.052	0.008 - 0.041	0.002 - 0.025	0.012 - 0.012	0.001 - 0.010
Zbytek	0.000 - 0.006	0.000 - 0.013	0.000 - 0.033	0.000 - 0.005	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Suma	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000

Tabulka 10: Pokračování

Název	4_TR1_8	5_T31_3	5_T31_8	5_T31_9
	min-max	min-max	min-max	min-max
SiO ₂	39.27 - 40.17	37.98 - 39.25	38.86 - 39.75	38.81 - 39.98
TiO ₂	0.11 - 0.21	0.02 - 0.14	0.07 - 0.15	0.07 - 0.11
Al ₂ O ₃	21.85 - 22.57	21.63 - 22.06	21.74 - 22.56	22.12 - 22.65
Cr ₂ O ₃	BDL	BDL	BDL	BDL
FeO tot	18.88 - 20.75	25.35 - 26.51	24.19 - 25.36	23.83 - 24.80
MnO	0.78 - 0.90	0.18 - 0.41	0.30 - 0.50	0.35 - 0.50
MgO	8.65 - 10.76	9.96 - 10.51	9.20 - 9.84	9.52 - 10.12
CaO	7.08 - 9.17	2.23 - 2.86	4.32 - 4.97	4.64 - 4.78
Na ₂ O	0.05 - 0.09	0.04 - 0.09	0.04 - 0.08	0.04 - 0.08
Suma (kalk)	99.21 - 102.22	98.11 - 100.55	100.21 - 101.94	100.36 - 102.09
Koncové členy	4_TR1_8	5_T31_3	5_T31_8	5_T31_9
Schorlomit-Al	0.003 - 0.005	0.001 - 0.004	0.002 - 0.004	0.002 - 0.003
Morimotoit	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
NaTi garnet	0.006 - 0.006	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Majorit	0.000 - 0.000	0.000 - 0.001	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Uvarovit	0.006 - 0.006	0.000 - 0.000	0.000 - 0.003	0.000 - 0.002
Knorringit	0.001 - 0.002	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Spessartin	0.016 - 0.019	0.005 - 0.009	0.006 - 0.010	0.007 - 0.011
Pyrop	0.320 - 0.400	0.385 - 0.400	0.347 - 0.371	0.359 - 0.376
Almandin	0.370 - 0.404	0.495 - 0.528	0.463 - 0.503	0.465 - 0.489
Grossular	0.163 - 0.244	0.039 - 0.065	0.092 - 0.131	0.108 - 0.123
Andradit	0.006 - 0.021	0.005 - 0.022	0.000 - 0.023	0.000 - 0.014
Skiagit	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Zbytek	0.005 - 0.024	0.011 - 0.032	0.013 - 0.029	0.010 - 0.027
Suma	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	0.999 - 1.000

Tabulka 10: Pokračování

Název	1_T-7_A		1_T-7_B		1_T-7_C		1_T-7_D		1_T-7_E		1_T-7_F	
Počet měření	min-max		min-max		min-max		min-max		min-max		min-max	
SiO ₂	41.94 - 42.49		40.70 - 41.54		42.00 - 42.38		41.07 - 41.62		41.32 - 41.82		41.51 - 42.06	
TiO ₂	0.31 - 0.41		0.13 - 0.54		0.35 - 0.40		0.50 - 0.58		0.50 - 0.62		0.32 - 0.40	
Al ₂ O ₃	20.55 - 20.80		18.18 - 21.39		20.34 - 20.60		18.61 - 18.86		19.33 - 19.84		19.73 - 20.03	
Cr ₂ O ₃	2.68 - 2.91		2.65 - 5.76		2.94 - 3.18		4.53 - 4.90		3.30 - 3.66		3.54 - 3.72	
FeO tot	8.10 - 8.99		9.02 - 10.78		8.29 - 9.12		10.01 - 11.25		8.77 - 9.79		8.80 - 9.58	
MnO	0.30 - 0.40		0.35 - 0.56		0.28 - 0.40		0.38 - 0.45		0.34 - 0.42		0.33 - 0.46	
MgO	20.00 - 20.34		17.09 - 18.68		19.89 - 20.43		18.04 - 18.82		18.16 - 18.80		19.07 - 19.39	
CaO	4.54 - 4.89		4.82 - 5.63		4.55 - 4.91		4.84 - 5.09		5.94 - 6.46		5.09 - 5.26	
Na ₂ O	0.03 - 0.05		0.03 - 0.05		0.03 - 0.06		0.05 - 0.07		0.02 - 0.06		0.02 - 0.04	
Suma	99.34 - 100.50		98.84 - 99.62		99.30 - 100.48		98.56 - 100.50		99.30 - 100.41		99.41 - 100.02	
Koncové členy												
Schorlomit-Al	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.001 - 0.001		0.001 - 0.005		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Morimotoit	0.008 - 0.017		0.002 - 0.021		0.011 - 0.015		0.008 - 0.025		0.022 - 0.031		0.001 - 0.017	
NaTi garnet	0.002 - 0.003		0.002 - 0.004		0.002 - 0.004		0.003 - 0.005		0.002 - 0.004		0.002 - 0.003	
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.015		0.004 - 0.018		0.002 - 0.016		0.005 - 0.023		0.000 - 0.000		0.003 - 0.016	
Majorit	0.004 - 0.028		0.006 - 0.029		0.007 - 0.033		0.001 - 0.030		0.002 - 0.028		0.007 - 0.029	
Uvarovit	0.076 - 0.082		0.076 - 0.131		0.084 - 0.090		0.100 - 0.118		0.094 - 0.106		0.101 - 0.106	
Knorringit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Spessartin	0.006 - 0.008		0.007 - 0.012		0.006 - 0.008		0.008 - 0.009		0.007 - 0.009		0.007 - 0.009	
Pyrop	0.677 - 0.720		0.573 - 0.663		0.678 - 0.723		0.592 - 0.653		0.630 - 0.669		0.648 - 0.688	
Almandin	0.137 - 0.167		0.162 - 0.214		0.131 - 0.164		0.135 - 0.209		0.152 - 0.177		0.147 - 0.183	
Grossular	0.003 - 0.025		0.045 - 0.045		0.002 - 0.022		0.000 - 0.000		0.003 - 0.033		0.000 - 0.017	
Andradit	0.011 - 0.028		0.001 - 0.001		0.007 - 0.021		0.000 - 0.000		0.007 - 0.039		0.002 - 0.020	
Skiagit	0.001 - 0.012		0.002 - 0.018		0.000 - 0.022		0.002 - 0.053		0.000 - 0.000		0.000 - 0.016	
Zbytek	0.000 - 0.014		0.000 - 0.009		0.000 - 0.023		0.000 - 0.014		0.000 - 0.000		0.000 - 0.008	
Suma	1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000	

Tabulka 10: Pokračování

Název	2_T-7_A		2_T-7_C		2_T-7_D		2_T-7_G		2_T-7_I		2_T-7_J	
Počet měření	min-max		min-max		min-max		min-max		min-max		min-max	
SiO ₂	42.01 - 42.41		41.86 - 42.21		41.77 - 42.40		41.89 - 42.37		41.88 - 42.53		41.84 - 42.43	
TiO ₂	0.38 - 0.47		0.23 - 0.45		0.21 - 0.43		0.36 - 0.43		0.36 - 0.43		0.03 - 0.45	
Al ₂ O ₃	21.16 - 21.44		21.05 - 21.51		21.04 - 22.03		20.94 - 21.27		21.14 - 21.43		21.06 - 22.32	
Cr ₂ O ₃	1.81 - 1.98		2.18 - 2.36		1.77 - 2.33		2.17 - 2.42		1.87 - 2.06		1.54 - 2.14	
FeO tot	8.21 - 9.21		8.46 - 9.35		8.37 - 9.54		8.24 - 9.58		8.03 - 9.18		8.51 - 9.18	
MnO	0.28 - 0.39		0.31 - 0.42		0.28 - 0.43		0.36 - 0.41		0.29 - 0.41		0.32 - 0.43	
MgO	20.12 - 20.63		19.74 - 20.33		20.20 - 20.78		19.95 - 20.47		19.62 - 20.89		19.91 - 20.40	
CaO	4.28 - 4.53		4.33 - 4.78		4.30 - 4.56		4.22 - 4.40		4.33 - 4.73		4.22 - 4.74	
Na ₂ O	0.03 - 0.06		0.01 - 0.05		0.03 - 0.07		0.02 - 0.06		0.02 - 0.06		0.02 - 0.05	
Suma	99.26 - 100.37		99.48 - 100.36		99.18 - 100.67		99.12 - 100.05		98.83 - 100.72		99.21 - 100.13	
Koncové členy												
Schorlomit-Al	0.001 - 0.001		0.002 - 0.003		0.002 - 0.011		0.003 - 0.003		0.004 - 0.004			
Morimotoit	0.012 - 0.020		0.003 - 0.019		0.003 - 0.019		0.003 - 0.021		0.003 - 0.018		0.014 - 0.019	
NaTi garnet	0.002 - 0.004		0.001 - 0.003		0.000 - 0.005		0.001 - 0.004		0.002 - 0.004		0.001 - 0.004	
Morimotoit-Mg	0.001 - 0.001		0.003 - 0.012		0.005 - 0.008		0.015 - 0.016		0.010 - 0.012		0.015 - 0.017	
Majorit	0.008 - 0.028		0.006 - 0.023		0.001 - 0.027		0.000 - 0.025		0.000 - 0.028		0.005 - 0.021	
Uvarovit	0.051 - 0.056		0.062 - 0.067		0.050 - 0.066		0.062 - 0.069		0.053 - 0.059		0.043 - 0.060	
Knorringit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Spessartin	0.006 - 0.008		0.006 - 0.009		0.006 - 0.009		0.007 - 0.008		0.006 - 0.008		0.006 - 0.009	
Pyrop	0.687 - 0.732		0.679 - 0.722		0.681 - 0.736		0.691 - 0.725		0.683 - 0.734		0.690 - 0.714	
Almandin	0.148 - 0.170		0.153 - 0.175		0.130 - 0.169		0.149 - 0.170		0.141 - 0.171		0.158 - 0.176	
Grossular	0.011 - 0.038		0.012 - 0.034		0.004 - 0.036		0.003 - 0.027		0.006 - 0.042		0.013 - 0.070	
Andradit	0.005 - 0.033		0.002 - 0.031		0.003 - 0.038		0.000 - 0.032		0.003 - 0.045		0.005 - 0.023	
Skiagit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.004 - 0.013		0.000 - 0.006		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Zbytek	0.000 - 0.001		0.000 - 0.006		0.000 - 0.004		0.000 - 0.009		0.000 - 0.019		0.000 - 0.019	
Suma	1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000	

Tabulka 10: Pokračování

Název	3_T-7_B		3_T-7_D		3_T-7_F		3_T-7_H		3_T-7_O		3_T-7_I	
Počet měření	min-max		min-max		min-max		min-max		min-max		min-max	
SiO ₂	41.52 - 42.51		41.60 - 42.30		41.80 - 42.53		41.75 - 42.32		41.72 - 42.25		41.41 - 42.30	
TiO ₂	0.62 - 0.68		0.39 - 0.75		0.60 - 0.71		0.52 - 0.71		0.61 - 0.71		0.45 - 0.70	
Al ₂ O ₃	20.83 - 21.22		20.87 - 21.53		20.91 - 21.29		20.97 - 21.51		20.88 - 21.43		21.00 - 21.66	
Cr ₂ O ₃	1.65 - 1.85		1.73 - 1.97		1.66 - 1.86		1.59 - 1.80		1.58 - 1.79		1.62 - 1.81	
FeO tot	8.63 - 9.48		9.02 - 10.17		8.83 - 9.53		8.67 - 9.69		8.67 - 9.58		8.69 - 10.09	
MnO	0.31 - 0.41		0.36 - 0.45		0.33 - 0.40		0.29 - 0.40		0.31 - 0.40		0.28 - 0.39	
MgO	19.92 - 20.42		19.23 - 20.09		19.93 - 20.54		19.72 - 20.57		19.94 - 20.50		19.53 - 20.46	
CaO	4.16 - 4.47		4.44 - 4.87		4.21 - 4.47		4.11 - 4.33		4.06 - 4.41		4.15 - 4.58	
Na ₂ O	0.05 - 0.08		0.04 - 0.08		0.05 - 0.09		0.04 - 0.09		0.05 - 0.09		0.04 - 0.09	
Suma	98.69 - 100.08		99.05 - 100.84		99.62 - 100.31		99.04 - 100.21		98.74 - 100.21		99.19 - 100.93	
Koncové členy												
Schorlomit-Al	0.000 - 0.002		0.000 - 0.003		0.001 - 0.001		0.008 - 0.008		0.001 - 0.004		0.001 - 0.014	
Morimotoit	0.002 - 0.028		0.014 - 0.031		0.023 - 0.030		0.004 - 0.029		0.015 - 0.030		0.017 - 0.028	
NaTi garnet	0.003 - 0.006		0.003 - 0.005		0.003 - 0.006		0.003 - 0.006		0.004 - 0.006		0.003 - 0.006	
Morimotoit-Mg	0.016 - 0.022		0.001 - 0.018		0.003 - 0.003		0.012 - 0.012		0.000 - 0.000		0.004 - 0.004	
Majorit	0.004 - 0.034		0.004 - 0.019		0.001 - 0.032		0.000 - 0.024		0.001 - 0.025		0.000 - 0.023	
Uvarovit	0.047 - 0.053		0.049 - 0.056		0.047 - 0.052		0.045 - 0.051		0.045 - 0.051		0.046 - 0.051	
Knorringit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Spessartin	0.006 - 0.008		0.007 - 0.009		0.007 - 0.008		0.006 - 0.008		0.006 - 0.008		0.006 - 0.008	
Pyrop	0.681 - 0.728		0.665 - 0.711		0.676 - 0.727		0.685 - 0.723		0.686 - 0.727		0.687 - 0.727	
Almandin	0.152 - 0.173		0.159 - 0.189		0.154 - 0.172		0.154 - 0.177		0.156 - 0.172		0.150 - 0.173	
Grossular	0.003 - 0.028		0.001 - 0.042		0.003 - 0.034		0.006 - 0.030		0.004 - 0.035		0.005 - 0.042	
Andradit	0.005 - 0.033		0.007 - 0.034		0.005 - 0.029		0.007 - 0.051		0.001 - 0.038		0.001 - 0.037	
Skiagit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.001 - 0.001		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.006	
Zbytek	0.000 - 0.011		0.000 - 0.012		0.000 - 0.002		0.000 - 0.006		0.000 - 0.000		0.000 - 0.005	
Suma	1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000	

Tabulka 10: Pokračování

Název	2-2_T-7_A		2-2_T-7_B		2-2_T-7_C		2-2_T-7_D		2-2_T-7_E		2-2_T-7_K	
Počet měření	min-max		min-max		min-max		min-max		min-max		min-max	
SiO ₂	40.46 - 41.09		40.56 - 41.41		40.74 - 41.52		40.43 - 41.28		41.02 - 41.65		40.33 - 41.26	
TiO ₂	0.04 - 0.22		0.09 - 0.25		0.14 - 0.25		0.15 - 0.26		0.19 - 0.28		0.11 - 0.25	
Al ₂ O ₃	22.36 - 22.81		22.44 - 22.93		22.46 - 22.82		22.35 - 22.72		22.67 - 22.94		22.38 - 22.75	
Cr ₂ O ₃	0.05 - 0.13		0.04 - 0.10		0.04 - 0.11		0.02 - 0.14		0.00 - 0.08		0.01 - 0.13	
FeO tot	9.95 - 15.80		8.89 - 14.68		9.13 - 12.88		8.43 - 14.25		9.34 - 11.07		8.63 - 13.60	
MnO	0.15 - 0.36		0.15 - 0.31		0.14 - 0.24		0.13 - 0.28		0.15 - 0.25		0.09 - 0.30	
MgO	10.85 - 12.13		10.87 - 12.28		10.99 - 12.13		10.52 - 11.15		11.99 - 13.53		10.75 - 11.80	
CaO	9.32 - 13.93		10.18 - 14.70		12.26 - 14.81		11.26 - 16.17		11.77 - 13.22		11.10 - 15.59	
Na ₂ O	0.02 - 0.05		0.02 - 0.06		0.04 - 0.06		0.02 - 0.05		0.04 - 0.08		0.03 - 0.06	
Suma	99.60 - 100.66		99.19 - 100.80		99.71 - 100.70		99.14 - 100.44		99.47 - 100.78		99.19 - 100.49	
Koncové členy												
Schorlomit-Al	0.000 - 0.004		0.001 - 0.006		0.002 - 0.002		0.000 - 0.001		0.005 - 0.005		0.001 - 0.001	
Morimotoit	0.001 - 0.007		0.001 - 0.007		0.002 - 0.003		0.001 - 0.007		0.000 - 0.006		0.000 - 0.008	
NaTi garnet	0.001 - 0.004		0.001 - 0.004		0.002 - 0.004		0.001 - 0.004		0.003 - 0.006		0.002 - 0.004	
Morimotoit-Mg	0.004 - 0.004		0.001 - 0.005		0.002 - 0.005		0.004 - 0.007		0.001 - 0.007		0.001 - 0.005	
Majorit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.002 - 0.006		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Uvarovit	0.002 - 0.009		0.000 - 0.009		0.002 - 0.007		0.001 - 0.009		0.000 - 0.011		0.001 - 0.016	
Knorringit	0.001 - 0.004		0.001 - 0.003		0.002 - 0.008		0.001 - 0.004		0.000 - 0.002		0.000 - 0.004	
Spessartin	0.004 - 0.008		0.003 - 0.007		0.002 - 0.009		0.003 - 0.006		0.003 - 0.005		0.002 - 0.006	
Pyrop	0.391 - 0.440		0.399 - 0.445		0.002 - 0.010		0.382 - 0.411		0.427 - 0.482		0.387 - 0.431	
Almandin	0.194 - 0.326		0.180 - 0.295		0.002 - 0.011		0.174 - 0.283		0.191 - 0.227		0.178 - 0.281	
Grossular	0.239 - 0.352		0.256 - 0.373		0.002 - 0.012		0.276 - 0.411		0.290 - 0.329		0.281 - 0.399	
Andradit	0.002 - 0.018		0.002 - 0.022		0.002 - 0.013		0.001 - 0.017		0.001 - 0.013		0.000 - 0.013	
Skiagit	0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.002 - 0.014		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000		0.000 - 0.000	
Zbytek	0.000 - 0.011		0.000 - 0.012		0.002 - 0.015		0.000 - 0.017		0.000 - 0.016		0.000 - 0.015	
Suma	1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		0.002 - 0.016		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000		1.000 - 1.000	

Tabulka 10: Pokračování

Název	2-4_T-7_A	2-4_T-7_B	2-4_T-7_C	2-4_T-7_E	2-4_T-7_D	2-4_T-7_F1	2-4_T-7_F2
Počet měření	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
SiO ₂	38.86 - 39.92	39.05 - 39.96	39.54 - 40.38	39.65 - 40.19	39.39 - 40.00	39.69 - 40.34	39.68 - 40.08
TiO ₂	0.11 - 0.29	0.08 - 0.19	0.06 - 0.12	0.05 - 0.13	0.08 - 0.32	0.09 - 0.13	0.07 - 0.15
Al ₂ O ₃	21.51 - 22.11	21.61 - 22.18	22.07 - 22.22	21.91 - 22.37	22.01 - 22.26	22.09 - 22.35	22.15 - 22.25
Cr ₂ O ₃		0.01 - 0.08	0.00 - 0.05	0.00 - 0.15	0.00 - 0.05	0.02 - 0.07	0.00 - 0.08
FeO tot	18.48 - 22.52	18.70 - 22.99	18.79 - 20.96	18.53 - 19.87	19.46 - 21.41	18.86 - 20.58	18.88 - 21.10
MnO	0.30 - 0.46	0.30 - 0.46	0.31 - 0.43	0.27 - 0.34	0.31 - 0.44	0.32 - 0.35	0.28 - 0.35
MgO	7.87 - 9.73	7.87 - 10.11	9.70 - 10.36	9.68 - 10.92	9.92 - 10.70	10.05 - 11.14	10.12 - 11.20
CaO	6.43 - 12.23	6.43 - 8.43	6.34 - 8.21	6.67 - 8.91	5.83 - 7.84	6.09 - 8.47	5.97 - 8.16
Na ₂ O	0.04 - 0.9	0.02 - 0.07	0.01 - 0.08	0.02 - 0.05	0.02 - 0.10	0.02 - 0.09	0.02 - 0.09
Suma	99.08 - 100.40	98.47 - 100.78	98.65 - 100.57	98.93 - 100.30	99.15 - 100.55	99.55 - 100.90	99.25 - 101.02
Koncové členy	2-4_T-7_A	2-4_T-7_B	2-4_T-7_C	2-4_T-7_E	2-4_T-7_D	2-4_T-7_F1	2-4_T-7_F2
Schorlomit-Al	0.000 - 0.007	0.003 - 0.005	0.001 - 0.003	0.001 - 0.003	0.003 - 0.005	0.001 - 0.003	0.002 - 0.004
Morimotoit	0.001 - 0.006	0.000 - 0.002	0.000 - 0.000	0.000 - 0.002	0.001 - 0.013	0.000 - 0.003	0.000 - 0.000
NaTi garnet	0.000 - 0.007	0.002 - 0.005	0.001 - 0.003	0.000 - 0.003	0.001 - 0.004	0.001 - 0.003	0.002 - 0.004
Morimotoit-Mg	0.000 - 0.003	0.003 - 0.003	0.000 - 0.003	0.003 - 0.003	0.001 - 0.001	0.002 - 0.002	0.001 - 0.001
Majorit	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Uvarovit	0.002 - 0.014	0.006 - 0.016	0.001 - 0.011	0.003 - 0.017	0.002 - 0.009	0.002 - 0.006	0.004 - 0.007
Knorringit	0.000 - 0.003	0.000 - 0.002	0.000 - 0.001	0.000 - 0.005	0.000 - 0.002	0.001 - 0.002	0.000 - 0.002
Spessartin	0.006 - 0.010	0.007 - 0.010	0.007 - 0.009	0.006 - 0.007	0.007 - 0.009	0.007 - 0.008	0.006 - 0.008
Pyrop	0.236 - 0.366	0.289 - 0.372	0.353 - 0.388	0.344 - 0.406	0.369 - 0.399	0.372 - 0.415	0.377 - 0.416
Almandin	0.390 - 0.475	0.396 - 0.470	0.398 - 0.429	0.375 - 0.405	0.411 - 0.441	0.389 - 0.418	0.393 - 0.415
Grossular	0.155 - 0.316	0.168 - 0.222	0.160 - 0.213	0.165 - 0.233	0.143 - 0.194	0.147 - 0.215	0.138 - 0.198
Andradit	0.003 - 0.018	0.000 - 0.023	0.004 - 0.019	0.001 - 0.015	0.001 - 0.012	0.006 - 0.014	0.001 - 0.020
Skiagit	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000	0.000 - 0.000
Zbytek	0.000 - 0.000	0.000 - 0.009	0.000 - 0.014	0.000 - 0.010	0.000 - 0.014	0.000 - 0.009	0.000 - 0.015
Suma	0.999 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000	1.000 - 1.000

Tabulka 11: Průměrné chemické složení jednotlivých zrn granátů a odpovídající empirické vzorce

Analýza (hm%)	1_Tr1_1		1_Tr1_2		1_Tr1_6		1_Tr1_7		1_Tr1_8		1_Tr1_9		3_Tr1_7		3_Tr1_8		3_Tr1_9	
Počítanalýz	16		12		17		13		15		15		15		15		15	
SiO ₂	41.6 (3)		42.0 (4)		41.2 (4)		42.0 (5)		41.2 (4)		41.2 (5)		41.0 (5)		41.0 (4)		40.2 (4)	
TiO ₂	0.09 (13)		0.20 (15)		0.6 (9)		0.3 (3)		0.21 (14)		0.22 (12)		0.28 (12)		0.35 (13)		0.10 (10)	
Al ₂ O ₃	17.8 (2)		20.1 (1)		18.4 (5)		20.5 (3)		18.1 (2)		17.6 (2)		18.6 (3)		21.1 (2)		16.9 (2)	
Cr ₂ O ₃	7.1 (7)		4.0 (2)		6.0 (9)		3.7 (7)		6.1 (3)		6.8 (7)		5.67 (0)		1.93 (8)		7.87 (4)	
FeO tot	8.0 (2)		8.3 (3)		8.8 (2)		8.5 (3)		8.3 (2)		8.3 (2)		7.5 (2)		8.5 (3)		8.3 (2)	
MnO	0.3 (5)		0.4 (5)		0.5 (5)		0.4 (4)		0.4 (8)		0.4 (6)		0.32 (4)		0.32 (5)		0.38 (3)	
MgO	19.1 (2)		20.3 (1)		19.2 (2)		20.1 (2)		19.3 (2)		19.0 (1)		20.1 (2)		20.4 (3)		18.4 (3)	
CaO	6.44 (05)		5.07 (04)		5.3 (23)		4.7 (12)		5.9 (4)		5.83 (3)		5.17 (5)		4.42 (4)		6.58 (8)	
Na ₂ O	0.01 (05)		0.02 (09)		0.04 (12)		0.04 (12)		0.02 (07)		0.02 (06)		0.04 (11)		0.046 (9)		0.008 (9)	
Suma (kalk)	100.5 (4)		100.4 (7)		100.0 (8)		100.2 (7)		99.5 (9)		99.5 (9)		98.5 (1)		98.0 (6)		98.7 (7)	
¹⁴ Si	2.997 (1)		2.997 (1)		2.988 (7)		2.997 (1)		2.992 (1)		2.997 (1)		2.987 (1)		2.978 (2)		2.978 (1)	
¹⁴ Al	0.003 (1)		0.003 (1)		0.012 (3)		0.003 (1)		0.008 (1)		0.003 (1)		0.013 (1)		0.022 (2)		0.022 (1)	
Σ[4]	3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)	
¹⁶ Si	0.013 (2)		0.006 (8)		0.003 (0)		0.010 (4)		0.006 (7)		0.011 (0)		0.003 (6)		0.001 (2)		0.000 (0)	
¹⁶ Ti	0.005 (1)		0.011 (1)		0.031 (1)		0.015 (1)		0.012 (5)		0.012 (2)		0.015 (1)		0.018 (3)		0.006 (1)	
¹⁶ Al	1.511 (1)		1.689 (1)		1.559 (5)		1.720 (1)		1.548 (4)		1.517 (1)		1.584 (2)		1.763 (9)		1.473 (5)	
¹⁶ Cr	0.406 (0)		0.223 (7)		0.344 (2)		0.209 (1)		0.352 (3)		0.396 (9)		0.327 (1)		0.136 (9)		0.434 (6)	
¹⁶ Fe ²⁺	0.003 (2)		0.008 (4)		0.013 (0)		0.006 (0)		0.004 (9)		0.008 (5)		0.004 (4)		0.004 (6)		0.000 (1)	
¹⁶ Fe ³⁺	0.049 (5)		0.058 (3)		0.047 (5)		0.031 (9)		0.076 (0)		0.045 (8)		0.071 (3)		0.09 (4)		0.10 (3)	
¹⁶ Mg	0.013 (2)		0.006 (8)		0.003 (0)		0.009 (0)		0.005 (5)		0.011 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)	
Σ[6]	2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.01 (1)		2.01 (1)		2.02 (1)	
¹⁸ Fe ²⁺	0.429 (1)		0.428 (9)		0.472 (2)		0.476 (3)		0.426 (3)		0.453 (3)		0.380 (0)		0.417 (9)		0.400 (8)	
¹⁸ Mn ²⁺	0.021 (1)		0.022 (9)		0.028 (2)		0.023 (3)		0.022 (3)		0.025 (3)		0.016 (8)		0.020 (3)		0.024 (3)	
¹⁸ Mg	2.049 (3)		2.159 (3)		2.080 (4)		2.136 (4)		2.088 (3)		2.065 (3)		2.188 (0)		2.186 (0)		2.052 (0)	
¹⁸ Ca	0.499 (9)		0.388 (5)		0.414 (5)		0.359 (9)		0.462 (2)		0.456 (9)		0.404 (0)		0.357 (0)		0.506 (0)	
¹⁸ Na	0.000 (3)		0.002 (3)		0.006 (9)		0.005 (8)		0.000 (6)		0.001 (8)		0.005 (2)		0.006 (1)		0.001 (1)	
Σ[8]	3.00 (0)		3.00 (2)		3.00 (1)		3.00 (2)		3.00 (2)		3.00 (3)		2.993 (1)		2.986 (1)		2.983 (1)	

Tabulka 11: Pokračování

Analýza (hm%)		1_Tr1_3		1_Tr1_4		1_Tr1_5		2_Tr1_1		2_Tr1_2		2_Tr1_3		2_Tr1_4		2_Tr1_5		2_Tr1_6	
Počet analýz		17	13	13	13	15	15	15	15	13	13	14	14	14	14	12	12	13	13
SiO ₂		39.1 (3)	39.3 (3)	39.5 (3)	39.5 (3)	39.5 (4)	39.5 (4)	39.1 (3)	39.2 (4)	38.8 (3)	38.9 (4)	38.9 (4)	38.9 (4)	38.9 (4)	38.9 (4)	38.9 (4)	38.9 (4)	39.2 (2)	39.2 (2)
TiO ₂		0.11 (14)	0.07 (14)	0.06 (11)	0.06 (11)	0.08 (14)	0.08 (14)	0.10 (12)	0.11 (14)	0.07 (12)	0.06 (12)	0.06 (12)	0.06 (12)	0.06 (12)	0.06 (12)	0.06 (12)	0.06 (12)	0.07 (10)	0.07 (10)
Al ₂ O ₃		21.9 (2)	22.0 (2)	22.2 (2)	22.2 (2)	22.1 (2)	22.1 (2)	21.9 (1)	22.1 (2)	21.9 (2)	22.0 (2)	22.0 (2)	22.0 (2)	22.0 (2)	22.0 (2)	22.0 (2)	22.0 (2)	22.0 (1)	22.0 (1)
Cr ₂ O ₃		BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
FeO tot		25.1 (3)	25.5 (4)	25.4 (5)	25.4 (5)	23.9 (3)	23.9 (3)	25.1 (6)	25.1 (5)	26.7 (4)	25.7 (4)	25.7 (4)	25.7 (4)	25.7 (4)	25.7 (4)	25.7 (4)	25.7 (4)	24.3 (6)	24.3 (6)
MnO		0.4 (5)	0.3 (3)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.3 (5)	0.3 (5)	0.4 (5)	0.4 (5)	0.3 (7)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.4 (6)	0.4 (4)	0.4 (4)
MgO		9.4 (1)	10.0 (2)	11.2 (4)	11.2 (4)	10.8 (3)	10.8 (3)	8.9 (2)	9.2 (2)	9.1 (2)	10.0 (2)	10.0 (2)	10.0 (2)	10.0 (2)	10.0 (2)	10.0 (2)	10.0 (2)	9.9 (1)	9.9 (1)
CaO		4.5 (18)	3.5 (15)	2.1 (20)	2.1 (20)	3.3 (4)	3.3 (4)	4.8 (12)	4.6 (3)	3.24 (4)	3.1 (2)	3.1 (2)	3.1 (2)	3.1 (2)	3.1 (2)	3.1 (2)	3.1 (2)	4.2 (5)	4.2 (5)
Na ₂ O		0.07 (10)	0.07 (11)	0.09 (15)	0.09 (15)	0.06 (13)	0.06 (13)	0.06 (13)	0.07 (09)	0.04 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)	0.05 (10)
Suma (kalk)		100.5 (6)	100.7 (6)	100.9 (7)	100.9 (7)	100.2 (6)	100.2 (6)	100.5 (7)	100.7 (6)	100.2 (7)	100.1 (5)	100.1 (5)	100.1 (5)	100.1 (5)	100.1 (5)	100.1 (5)	100.1 (5)	100.2 (4)	100.2 (4)
^[4] Si		2.971 (1)	2.975 (2)	2.976 (7)	2.976 (7)	2.986 (9)	2.986 (9)	2.979 (0)	2.976 (9)	2.974 (8)	2.969 (8)	2.969 (8)	2.969 (8)	2.969 (8)	2.969 (8)	2.969 (8)	2.969 (8)	2.979 (1)	2.979 (1)
^[4] Al		0.029 (1)	0.025 (2)	0.024 (3)	0.024 (3)	0.014 (1)	0.014 (1)	0.021 (0)	0.024 (1)	0.026 (2)	0.031 (2)	0.031 (2)	0.031 (2)	0.031 (2)	0.031 (2)	0.031 (2)	0.031 (2)	0.021 (1)	0.021 (1)
Σ[4]		3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)
^[6] Si		0.000 (0)	0.003 (6)	0.001 (0)	0.001 (0)	0.001 (6)	0.001 (6)	0.003 (1)	0.000 (3)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
^[6] Ti		0.006 (1)	0.004 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.004 (2)	0.004 (2)	0.006 (2)	0.006 (1)	0.004 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.003 (1)	0.004 (1)	0.004 (1)
^[6] Al		1.936 (2)	1.944 (3)	1.939 (5)	1.939 (5)	1.959 (1)	1.959 (1)	1.950 (2)	1.953 (6)	1.952 (5)	1.946 (5)	1.946 (5)	1.946 (5)	1.946 (5)	1.946 (5)	1.946 (5)	1.946 (5)	1.954 (1)	1.954 (1)
^[6] Cr		0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (1)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.002 (6)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.001 (2)	0.002 (2)	0.002 (2)
^[6] Fe ²⁺		0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (4)	0.000 (4)	0.000 (8)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
^[6] Fe ³⁺		0.091 (9)	0.077 (2)	0.089 (9)	0.089 (9)	0.051 (6)	0.051 (6)	0.065 (5)	0.067 (9)	0.071 (9)	0.085 (7)	0.085 (7)	0.085 (7)	0.085 (7)	0.085 (7)	0.085 (7)	0.085 (7)	0.065 (0)	0.065 (0)
^[6] Mg		0.000 (0)	0.001 (3)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (5)	0.000 (5)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Σ[6]		2.03 (1)	2.03 (2)	2.03 (2)	2.03 (2)	2.02 (2)	2.02 (2)	2.03 (0)	2.03 (4)	2.03 (0)	2.04 (3)	2.04 (3)	2.04 (3)	2.04 (3)	2.04 (3)	2.04 (3)	2.04 (3)	2.02 (1)	2.02 (1)
^[8] Fe ²⁺		1.505 (7)	1.533 (7)	1.510 (6)	1.510 (6)	1.459 (6)	1.459 (6)	1.538 (3)	1.521 (7)	1.636 (2)	1.548 (6)	1.548 (6)	1.548 (6)	1.548 (6)	1.548 (6)	1.548 (6)	1.548 (6)	1.485 (8)	1.485 (8)
^[8] Mn ²⁺		0.024 (7)	0.020 (7)	0.023 (6)	0.023 (6)	0.022 (6)	0.022 (6)	0.027 (3)	0.023 (7)	0.023 (2)	0.025 (6)	0.025 (6)	0.025 (6)	0.025 (6)	0.025 (6)	0.025 (6)	0.025 (6)	0.025 (8)	0.025 (8)
^[8] Mg		1.060 (3)	1.126 (2)	1.248 (4)	1.248 (4)	1.221 (2)	1.221 (2)	1.010 (5)	1.043 (3)	1.042 (3)	1.133 (3)	1.133 (3)	1.133 (3)	1.133 (3)	1.133 (3)	1.133 (3)	1.133 (3)	1.126 (3)	1.126 (3)
^[8] Ca		0.366 (2)	0.282 (1)	0.172 (8)	0.172 (8)	0.271 (8)	0.271 (8)	0.390 (5)	0.374 (4)	0.266 (6)	0.252 (1)	0.252 (1)	0.252 (1)	0.252 (1)	0.252 (1)	0.252 (1)	0.252 (1)	0.333 (2)	0.333 (2)
^[8] Na		0.011 (4)	0.010 (3)	0.013 (4)	0.013 (4)	0.008 (2)	0.008 (2)	0.009 (6)	0.010 (0)	0.005 (0)	0.007 (7)	0.007 (7)	0.007 (7)	0.007 (7)	0.007 (7)	0.007 (7)	0.007 (7)	0.007 (5)	0.007 (5)
Σ[8]		2.97 (2)	2.97 (2)	2.97 (3)	2.97 (3)	2.98 (0)	2.98 (0)	2.97 (1)	2.97 (2)	2.97 (3)	2.96 (1)	2.96 (1)	2.96 (1)	2.96 (1)	2.96 (1)	2.96 (1)	2.96 (1)	2.98 (1)	2.98 (1)

Tabulka 11: Pokračování

Analýza (hm%)	3_Tr1_1		3_Tr1_2		3_Tr1_3		3_Tr1_4		3_Tr1_5		3_Tr1_6		4_Tr1_2		4_Tr1_4		4_Tr1_7	
Počet analýz	16		14		14		14		15		15		13		14		15	
SiO ₂	38.3 (4)		38.2 (4)		38.9 (4)		38.3 (4)		38.3 (4)		38.3 (2)		40.0 (3)		39.9 (3)		41.6 (3)	
TiO ₂	0.06 (10)		0.05 (11)		0.26 (15)		0.11 (15)		0.06 (11)		0.08 (3)		0.30 (2)		0.41 (4)		0.43 (5)	
Al ₂ O ₃	21.5 (2)		21.6 (3)		21.6 (2)		21.6 (2)		21.5 (3)		21.5 (2)		22.5 (2)		21.9 (1)		22.2 (1)	
Cr ₂ O ₃	BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		BDL		0.82 (6)	
FeO tot	24.0 (5)		25.8 (3)		17.7 (5)		20.2 (5)		25.1 (3)		24.3 (4)		15.7 (5)		14.9 (2)		9.7 (4)	
MnO	0.39 (5)		0.44 (5)		0.34 (6)		0.24 (5)		0.37 (4)		0.40 (4)		0.29 (5)		0.31 (4)		0.37 (4)	
MgO	9.4 (2)		10.0 (4)		8.5 (10)		10.0 (5)		9.6 (2)		10.1 (15)		10.0 (2)		9.8 (1)		19.9 (6)	
CaO	4.96 (12)		2.77 (3)		11.37 (3)		7.54 (2)		3.97 (6)		3.85 (7)		11.56 (3)		12.56 (15)		4.37 (6)	
Na ₂ O	0.03 (11)		0.05 (11)		0.072 (9)		0.06 (18)		0.046 (9)		0.04 (14)		0.09 (11)		0.08 (10)		0.06 (17)	
Suma (kalk)	98.7 (7)		98.9 (7)		98.8 (8)		98.1 (6)		98.9 (8)		98.7 (7)		100.4 (6)		99.9 (7)		100.6 (8)	
^[4] Si	2.964 (2)		2.950 (1)		2.974 (1)		2.946 (1)		2.956 (1)		2.957 (1)		2.974 (1)		2.986 (1)		2.990 (1)	
^[4] Al	0.036 (2)		0.050 (1)		0.026 (1)		0.054 (1)		0.044 (1)		0.043 (1)		0.026 (1)		0.014 (1)		0.010 (1)	
Σ[4]	3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)	
^[6] Si	0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.002 (0)	
^[6] Ti	0.004 (1)		0.003 (1)		0.015 (1)		0.006 (1)		0.004 (1)		0.004 (2)		0.016 (0)		0.023 (0)		0.023 (0)	
^[6] Al	1.926 (3)		1.914 (2)		1.914 (2)		1.904 (2)		1.911 (2)		1.916 (2)		1.946 (2)		1.917 (1)		1.870 (1)	
^[6] Cr	0.001 (1)		0.002 (2)		0.004 (2)		0.001 (1)		0.001 (1)		0.001 (1)		0.004 (0)		0.001 (0)		0.046 (0)	
^[6] Fe ²⁺	0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.002 (0)		0.008 (1)	
^[6] Fe ³⁺	0.11 (5)		0.14 (3)		0.09 (3)		0.14 (3)		0.13 (3)		0.12 (3)		0.056 (2)		0.059 (2)		0.051 (2)	
^[6] Mg	0.000 (1)		0.000 (1)		0.000 (4)		0.000 (5)		0.000 (9)		0.000 (5)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.002 (0)	
Σ[6]	2.04 (0)		2.06 (0)		2.02 (0)		2.06 (0)		2.05 (0)		2.05 (0)		2.02 (1)		2.00 (0)		2.00 (1)	
^[8] Fe ²⁺	1.443 (8)		1.531 (1)		1.042 (7)		1.173 (1)		1.482 (6)		1.443 (0)		0.918 (7)		0.872 (1)		0.512 (1)	
^[8] Mn ²⁺	0.025 (4)		0.029 (3)		0.022 (4)		0.017 (4)		0.024 (3)		0.026 (3)		0.018 (0)		0.020 (0)		0.022 (0)	
^[8] Mg	1.080 (0)		1.148 (0)		0.972 (0)		1.144 (0)		1.112 (0)		1.161 (0)		1.124 (2)		1.088 (1)		2.121 (1)	
^[8] Ca	0.411 (0)		0.229 (0)		0.931 (0)		0.601 (0)		0.327 (0)		0.318 (0)		0.905 (7)		1.005 (1)		0.334 (0)	
^[8] Na	0.004 (2)		0.008 (2)		0.011 (1)		0.008 (3)		0.007 (1)		0.006 (2)		0.013 (0)		0.011 (0)		0.008 (0)	
Σ[8]	2.96 (2)		2.94 (1)		2.98 (1)		2.94 (2)		2.95 (1)		2.95 (1)		2.98 (1)		3.00 (0)		3.00 (1)	

Tabulka 11: Pokračování

Počet analýz	4_TR1_1		4_TR1_3		4_TR1_5		4_TR1_6		5_T31_1		5_T31_2		5_T31_4		5_T31_5		5_T31_6		5_T31_7	
	15		15		15		15		15		15		15		15		15		15	
SiO ₂	41.6 (4)		41.9 (4)		41.4 (3)		42.1 (3)		40.9 (4)		41.5 (4)		41.3 (2)		42.4 (3)		42.1 (3)		41.9 (3)	
TiO ₂	0.33 (5)		0.09 (14)		0.08 (11)		0.41 (2)		0.16 (2)		0.34 (1)		0.16 (2)		0.44 (2)		0.62 (3)		0.18 (1)	
Al ₂ O ₃	21.6 (3)		20.7 (2)		19.0 (1)		22.0 (2)		18.9 (2)		20.1 (2)		20.2 (2)		21.4 (1)		21.3 (1)		20.5 (2)	
Cr ₂ O ₃	2.12 (0)		3.84 (7)		5.36 (0)		1.60 (9)		4.98 (3)		3.16 (3)		3.6 (3)		1.94 (9)		1.9 (10)		3.13 (3)	
FeO tot	10.3 (2)		8.5 (3)		8.8 (2)		9.2 (2)		7.7 (2)		8.1 (3)		8.3 (2)		8.9 (2)		8.9 (2)		8.4 (1)	
MnO	0.46 (6)		0.38 (5)		0.40 (4)		0.36 (6)		0.32 (4)		0.29 (6)		0.36 (5)		0.32 (5)		0.38 (5)		0.34 (5)	
MgO	19.1 (2)		20.1 (2)		19.5 (2)		20.5 (2)		20.1 (2)		20.8 (11)		19.9 (10)		20.7 (12)		20.7 (14)		20.6 (13)	
CaO	5.10 (6)		4.92 (10)		5.58 (5)		4.09 (5)		5.43 (5)		4.62 (05)		5.04 (08)		4.34 (6)		4.28 (9)		4.79 (5)	
Na ₂ O	0.02 (11)		0.01 (8)		0.01 (6)		0.05 (10)		0.012 (5)		0.035 (8)		0.02 (1)		0.06 (1)		0.06 (10)		0.015 (8)	
Suma (kalk)	100.6 (8)		100.4 (7)		100.2 (6)		100.2 (7)		98.5 (7)		99.0 (7)		98.9 (4)		100.6 (7)		100.2 (5)		99.9 (5)	
¹⁴ Si	2.974 (1)		2.988 (1)		2.987 (1)		2.989 (1)		2.984 (1)		2.979 (2)		2.991 (1)		2.998 (0)		2.991 (1)		2.991 (1)	
¹⁴ Al	0.026 (1)		0.012 (1)		0.013 (1)		0.011 (1)		0.016 (1)		0.021 (2)		0.009 (1)		0.002 (0)		0.009 (1)		0.009 (1)	
Σ[4]	3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)	
⁶ Si	0.000 (0)		0.003 (1)		0.001 (0)		0.001 (0)		0.001 (1)		0.003 (5)		0.002 (5)		0.006 (7)		0.001 (3)		0.003 (5)	
⁶ Ti	0.018 (0)		0.005 (0)		0.004 (0)		0.022 (0)		0.011 (4)		0.013 (8)		0.009 (1)		0.023 (1)		0.033 (2)		0.009 (1)	
⁶ Al	1.795 (2)		1.727 (1)		1.606 (1)		1.829 (1)		1.631 (4)		1.774 (0)		1.719 (2)		1.785 (1)		1.775 (1)		1.736 (5)	
⁶ Cr	0.120 (1)		0.217 (1)		0.305 (1)		0.090 (1)		0.258 (5)		0.120 (8)		0.208 (18)		0.109 (5)		0.106 (6)		0.164 (4)	
⁶ Fe ²⁺	0.002 (0)		0.001 (0)		0.001 (0)		0.007 (1)		0.002 (4)		0.005 (6)		0.002 (3)		0.013 (2)		0.016 (2)		0.004 (3)	
⁶ Fe ³⁺	0.078 (3)		0.055 (3)		0.093 (2)		0.052 (2)		0.11 (2)		0.10 (4)		0.06 (2)		0.06 (1)		0.07 (0)		0.09 (0)	
⁶ Mg	0.000 (0)		0.002 (0)		0.001 (0)		0.001 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.002 (5)		0.006 (0)		0.001 (0)		0.003 (4)	
Σ[6]	2.01 (1)		2.01 (1)		2.01 (1)		2.00 (0)		2.01 (1)		2.02 (3)		2.01 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.01 (0)	
⁸ Fe ²⁺	0.533 (2)		0.453 (3)		0.437 (2)		0.488 (1)		0.367 (6)		0.769 (7)		0.437 (0)		0.458 (3)		0.445 (0)		0.481 (5)	
⁸ Mn ²⁺	0.028 (0)		0.023 (0)		0.024 (0)		0.022 (0)		0.019 (3)		0.018 (4)		0.022 (3)		0.019 (3)		0.023 (3)		0.021 (4)	
⁸ Mg	2.032 (1)		2.135 (2)		2.096 (2)		2.170 (1)		2.195 (0)		1.881 (0)		2.142 (0)		2.185 (0)		2.198 (0)		2.120 (0)	
⁸ Ca	0.390 (1)		0.376 (1)		0.431 (0)		0.312 (0)		0.407 (0)		0.304 (0)		0.391 (0)		0.329 (0)		0.326 (0)		0.368 (0)	
⁸ Na	0.003 (0)		0.002 (0)		0.001 (0)		0.007 (0)		0.002 (2)		0.007 (3)		0.003 (1)		0.009 (1)		0.008 (1)		0.003 (3)	
Σ[8]	2.99 (1)		2.99 (1)		2.99 (1)		3.00 (0)		2.99 (1)		2.98 (3)		2.99 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		2.99 (1)	

Tabulka 11: Pokračování

Analýza (hm%)		4_TR1_8		5_T31_3		5_T31_8		5_T31_9	
Počet analýz		16		15		15		15	
SiO ₂		39.6 (5)		38.7 (4)		39.2 (3)		39.3 (3)	
TiO ₂		0.18 (6)		0.04 (3)		0.11 (2)		0.09 (1)	
Al ₂ O ₃		22.3 (3)		21.8 (1)		22.2 (2)		22.4 (2)	
Cr ₂ O ₃		BDL		BDL		BDL		BDL	
FeO tot		19.9 (6)		26.0 (3)		24.8 (4)		24.3 (3)	
MnO		0.87 (8)		0.30 (6)		0.41 (5)		0.43 (4)	
MgO		9.7 (7)		10.4 (14)		9.5 (15)		9.9 (14)	
CaO		8.02 (4)		2.37 (17)		4.72 (4)		4.70 (4)	
Na ₂ O		0.08 (8)		0.07 (4)		0.07 (2)		0.06 (2)	
Suma (kalk)		100.6 (2)		99.6 (7)		101.0 (6)		101.2 (4)	
^[4] Si		2.972 (2)		2.961 (2)		2.960 (1)		2.961 (2)	
^[4] Al		0.028 (2)		0.039 (2)		0.040 (1)		0.039 (2)	
Σ[4]		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)	
^[6] Si		0.003 (1)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)	
^[6] Ti		0.009 (0)		0.002 (2)		0.006 (1)		0.005 (1)	
^[6] Al		1.943 (2)		1.928 (2)		1.936 (2)		1.945 (2)	
^[6] Cr		0.002 (0)		0.001 (1)		0.002 (2)		0.001 (1)	
^[6] Fe ²⁺		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (3)		0.000 (3)	
^[6] Fe ³⁺		0.071 (5)		0.117 (0)		0.100 (0)		0.090 (0)	
^[6] Mg		0.001 (0)		0.000 (0)		0.000 (5)		0.000 (6)	
Σ[6]		2.03 (2)		2.05 (2)		2.04 (0)		2.04 (0)	
^[8] Fe ²⁺		1.182 (4)		1.547 (5)		1.469 (8)		1.433 (9)	
^[8] Mn ²⁺		0.054 (0)		0.020 (5)		0.026 (3)		0.027 (3)	
^[8] Mg		1.091 (7)		1.183 (3)		1.070 (0)		1.108 (0)	
^[8] Ca		0.635 (6)		0.191 (2)		0.382 (0)		0.378 (0)	
^[8] Na		0.010 (0)		0.011 (9)		0.009 (2)		0.009 (2)	
Σ[8]		2.97 (2)		2.95 (2)		2.957 (1)		2.956 (2)	

Tabulka 11: Pokračování

Analyza (hm%)	1_T-7_A	1_T-7_B	1_T-7_C	1_T-7_D	1_T-7_E	1_T-7_F	2_T-7_A	2_T-7_C	2_T-7_D
Počet analýz	16	10	14	13	13	11	16	14	16
SiO ₂	42.2 (2)	41.2 (2)	42.2 (1)	41.3 (2)	41.6 (1)	41.8 (1)	42.2 (1)	42.0 (1)	42.1 (2)
TiO ₂	0.36 (2)	0.4 (10)	0.37 (1)	0.54 (3)	0.56 (3)	0.35 (3)	0.42 (2)	0.36 (6)	0.40 (5)
Al ₂ O ₃	20.67 (1)	18.6 (9)	20.43 (08)	18.73 (07)	19.63 (13)	19.85 (09)	21.31 (08)	21.26 (14)	21.20 (2)
Cr ₂ O ₃	2.81 (6)	5.3 (8)	3.06 (8)	4.67 (0)	3.43 (0)	3.65 (5)	1.90 (5)	2.24 (5)	2.16 (2)
FeO tot	8.5 (3)	9.5 (5)	8.7 (2)	10.6 (4)	9.3 (3)	9.2 (2)	8.8 (2)	8.8 (2)	8.9 (3)
MnO	0.36 (3)	0.43 (5)	0.35 (3)	0.41 (2)	0.38 (3)	0.41 (4)	0.35 (3)	0.38 (3)	0.34 (4)
MgO	20.2 (1)	18.4 (5)	20.2 (1)	18.5 (2)	18.6 (2)	19.2 (1)	20.4 (1)	20.1 (2)	20.4 (2)
CaO	4.73 (9)	5.37 (1)	4.71 (8)	4.97 (8)	6.18 (4)	5.17 (6)	4.40 (6)	4.52 (2)	4.40 (6)
Na ₂ O	0.039 (6)	0.041 (6)	0.043 (6)	0.057 (7)	0.040 (1)	0.032 (7)	0.046 (7)	0.031 (1)	0.047 (1)
Suma (kalk)	99.9 (4)	99.3 (2)	100.0 (3)	99.8 (5)	99.8 (3)	99.6 (2)	99.9 (3)	99.7 (2)	100.0 (4)
^[4] Si	3.000 (0)	3.000 (0)	3.000 (1)	2.999 (3)	3.000 (0)	3.000 (0)	3.000 (0)	2.999 (2)	2.998 (5)
^[4] Al	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (1)	0.001 (3)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.001 (2)	0.002 (5)
Σ[4]	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)
^[6] Si	0.019 (3)	0.021 (9)	0.018 (4)	0.016 (4)	0.017 (9)	0.023 (9)	0.015 (7)	0.013 (8)	0.011 (1)
^[6] Ti	0.019 (1)	0.024 (6)	0.020 (1)	0.030 (2)	0.031 (2)	0.019 (1)	0.022 (1)	0.020 (3)	0.022 (3)
^[6] Al	1.744 (8)	1.605 (3)	1.723 (7)	1.609 (7)	1.676 (1)	1.693 (8)	1.793 (7)	1.794 (1)	1.781 (9)
^[6] Cr	0.159 (3)	0.308 (2)	0.173 (4)	0.269 (6)	0.197 (6)	0.209 (3)	0.107 (3)	0.127 (3)	0.122 (7)
^[6] Fe ²⁺	0.011 (6)	0.014 (6)	0.013 (4)	0.018 (7)	0.025 (2)	0.013 (4)	0.016 (2)	0.013 (5)	0.013 (5)
^[6] Fe ³⁺	0.030 (2)	0.007 (1)	0.037 (2)	0.043 (3)	0.037 (2)	0.021 (1)	0.032 (1)	0.021 (2)	0.041 (3)
^[6] Mg	0.018 (1)	0.021 (9)	0.016 (0)	0.015 (3)	0.017 (9)	0.023 (9)	0.015 (7)	0.013 (8)	0.011 (1)
Σ[6]	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)
^[8] Fe ²⁺	0.470 (9)	0.560 (5)	0.469 (6)	0.583 (4)	0.502 (2)	0.522 (7)	0.476 (8)	0.495 (9)	0.477 (0)
^[8] Mn ²⁺	0.022 (2)	0.027 (3)	0.021 (2)	0.025 (1)	0.024 (2)	0.025 (2)	0.021 (2)	0.023 (2)	0.021 (2)
^[8] Mg	2.140 (6)	1.985 (2)	2.142 (6)	1.996 (4)	1.989 (7)	2.047 (6)	2.160 (6)	2.132 (0)	2.159 (9)
^[8] Ca	0.363 (6)	0.422 (8)	0.361 (6)	0.388 (6)	0.480 (0)	0.401 (5)	0.337 (5)	0.347 (8)	0.336 (5)
^[8] Na	0.005 (1)	0.006 (1)	0.006 (1)	0.008 (1)	0.006 (2)	0.004 (1)	0.006 (1)	0.004 (2)	0.007 (2)
Σ[8]	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)

Tabulka 11: Pokračování

Analyza (hm%)	2_I-7_G	2_I-7_I	2_I-7_J	3_I-7_B	3_I-7_D	3_I-7_F	3_I-7_H	3_I-7_O	3_I-7_I
Počet analýz	14	17	15	17	13	15	15	13	14
SiO ₂	42.1 (1)	42.2 (2)	42.1 (1)	42.0 (2)	42.0 (2)	42.2 (2)	42.0 (1)	42.0 (1)	41.9 (2)
TiO ₂	0.39 (2)	0.39 (2)2	0.41 (2)	0.65 (1)	0.60 (2)	0.68 (3)	0.60 (4)	0.65 (3)	0.62 (9)
Al ₂ O ₃	21.11 (8)	21.29 (8)	21.20 (7)	21.05 (11)	21.18 (1)	21.11 (10)	21.22 (14)	21.16 (14)	21.26 (2)
Cr ₂ O ₃	2.29 (7)	1.94 (5)	2.05 (6)	1.73 (6)	1.84 (7)	1.75 (5)	1.70 (5)	1.70 (6)	1.72 (5)
FeO tot	8.8 (4)	8.5 (3)	9.0 (2)	9.1 (3)	9.4 (3)	9.2 (2)	9.2 (3)	9.2 (2)	9.3 (4)
MnO	0.39 (2)	0.33 (3)	0.37 (3)	0.36 (3)	0.39 (3)	0.36 (2)	0.34 (3)	0.35 (3)	0.34 (3)
MgO	20.3 (1)	20.4 (3)	20.2 (2)	20.2 (2)	19.8 (2)	20.3 (2)	20.2 (2)	20.2 (2)	20.1 (2)
CaO	4.31 (5)	4.5 (1)	4.37 (1)	4.28 (9)	4.63 (0)	4.31 (7)	4.23 (7)	4.27 (9)	4.33 (10)
Na ₂ O	0.040 (2)	0.047 (10)	0.036 (9)	0.068 (10)	0.058 (9)	0.071 (0)	0.069 (1)	0.071 (0)	0.066 (5)
Suma (kalk)	99.7 (3)	99.6 (5)	99.7 (3)	99.4 (4)	99.8 (5)	100.0 (2)	99.6 (3)	99.5 (3)	99.7 (4)
^[4] Si	3.000 (1)	3.000 (2)	3.000 (0)	3.000 (1)	2.999 (2)	3.000 (0)	2.999 (4)	2.999 (3)	2.997 (7)
^[4] Al	0.000 (1)	0.000 (2)	0.000 (0)	0.000 (1)	0.001 (2)	0.000 (0)	0.001 (4)	0.001 (3)	0.003 (7)
Σ[4]	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)
^[6] Si	0.016 (1)	0.019 (2)	0.018 (0)	0.015 (2)	0.010 (8)	0.014 (1)	0.013 (9)	0.011 (0)	0.007 (7)
^[6] Ti	0.021 (1)	0.021 (1)	0.022 (1)	0.035 (1)	0.033 (6)	0.037 (2)	0.032 (2)	0.035 (2)	0.033 (5)
^[6] Al	1.780 (8)	1.795 (9)	1.790 (9)	1.782 (0)	1.790 (7)	1.776 (1)	1.792 (2)	1.787 (1)	1.792 (9)
^[6] Cr	0.129 (4)	0.110 (3)	0.116 (3)	0.098 (4)	0.105 (4)	0.099 (3)	0.097 (3)	0.096 (3)	0.097 (3)
^[6] Fe ²⁺	0.013 (5)	0.012 (5)	0.015 (6)	0.023 (7)	0.023 (8)	0.026 (2)	0.021 (6)	0.024 (3)	0.021 (7)
^[6] Fe ³⁺	0.025 (2)	0.026 (2)	0.023 (1)	0.032 (1)	0.031 (1)	0.033 (1)	0.031 (2)	0.037 (2)	0.042 (2)
^[6] Mg	0.015 (0)	0.017 (0)	0.016 (6)	0.015 (2)	0.010 (7)	0.014 (1)	0.013 (9)	0.011 (0)	0.007 (7)
Σ[6]	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)
^[8] Fe ²⁺	0.487 (4)	0.471 (4)	0.499 (8)	0.494 (7)	0.511 (6)	0.489 (7)	0.496 (0)	0.490 (4)	0.493 (7)
^[8] Mn ²⁺	0.023 (1)	0.020 (2)	0.022 (2)	0.022 (2)	0.024 (2)	0.022 (1)	0.021 (2)	0.021 (2)	0.021 (2)
^[8] Mg	2.153 (4)	2.157 (4)	2.138 (5)	2.145 (7)	2.102 (8)	2.150 (0)	2.148 (1)	2.152 (8)	2.144 (2)
^[8] Ca	0.331 (4)	0.345 (7)	0.336 (7)	0.330 (7)	0.355 (8)	0.329 (6)	0.325 (6)	0.328 (8)	0.332 (8)
^[8] Na	0.006 (2)	0.007 (1)	0.005 (1)	0.009 (1)	0.008 (1)	0.010 (1)	0.010 (2)	0.010 (1)	0.009 (2)
Σ[8]	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)

Tabulka 11: Pokračování

Analýza (hm%)	2-2_T-7_A		2-2_T-7_B		2-2_T-7_C		2-2_T-7_D		2-2_T-7_E		2-2_T-7_K	
Počet analýz	16		16		16		16		18		29	
SiO ₂	40.7 (2)		41.0 (3)		41.1 (2)		40.8 (2)		41.3 (2)		40.9 (2)	
TiO ₂	0.15 (5)		0.20 (4)		0.21 (3)		0.21 (3)		0.25 (3)		0.19 (4)	
Al ₂ O ₃	22.55 (14)		22.68 (14)		22.66 (11)		22.55 (10)		22.77 (7)		22.60 (9)	
Cr ₂ O ₃	0.09 (2)		0.07 (2)		0.08 (2)		0.08 (3)		0.03 (2)		0.06 (3)	
FeO tot	12.8 (8)		10.6 (8)		10.0 (1)		10.6 (0)		10.1 (4)		10.4 (5)	
MnO	0.25 (6)		0.21 (4)		0.18 (3)		0.20 (5)		0.20 (2)		0.19 (5)	
MgO	11.5 (3)		11.6 (4)		11.6 (4)		10.8 (2)		12.8 (4)		11.2 (2)	
CaO	12.08 ()		13.74 ()		14.16 (7)		14.54 (7)		12.54 (4)		14.15 (3)	
Na ₂ O	0.036 (9)		0.042 (0)		0.049 (7)		0.040 (9)		0.059 (1)		0.043 (8)	
Suma (kalk)	100.1 (3)		100.1 (4)		100.1 (3)		99.9 (3)		100.0 (3)		99.8 (3)	
[⁴ Si]	2.998 (5)		2.998 (6)		2.999 (1)		3.000 (1)		2.999 (2)		3.000 (0)	
[⁴ Al]	0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)		0.000 (0)	
Σ[4]	3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)	
[⁶ Si]	0.006 (7)		0.008 (0)		0.015 (9)		0.013 (3)		0.015 (9)		0.014 (9)	
[⁶ Ti]	0.008 (3)		0.011 (2)		0.012 (1)		0.011 (2)		0.014 (1)		0.011 (2)	
[⁶ Al]	1.958 (9)		1.957 (7)		1.957 (5)		1.961 (7)		1.958 (5)		1.962 (7)	
[⁶ Cr]	0.005 (1)		0.004 (1)		0.005 (1)		0.004 (2)		0.002 (1)		0.003 (2)	
[⁶ Fe ²⁺]	0.002 (2)		0.002 (2)		0.001 (2)		0.002 (2)		0.002 (3)		0.002 (2)	
[⁶ Fe ³⁺]	0.019 (1)		0.016 (1)		0.006 (1)		0.008 (1)		0.006 (1)		0.004 (0)	
[⁶ Mg]	0.003 (3)		0.004 (4)		0.005 (6)		0.004 (5)		0.005 (5)		0.006 (5)	
Σ[6]	2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)		2.00 (0)	
[⁸ Fe ²⁺]	0.766 (9)		0.633 (7)		0.606 (1)		0.643 (7)		0.607 (5)		0.638 (7)	
[⁸ Mn ²⁺]	0.016 (4)		0.013 (3)		0.011 (2)		0.012 (3)		0.012 (1)		0.012 (3)	
[⁸ Mg]	1.259 (3)		1.267 (3)		1.263 (9)		1.186 (2)		1.392 (4)		1.226 (4)	
[⁸ Ca]	0.954 (7)		1.080 (3)		1.112 (3)		1.149 (1)		0.980 (2)		1.116 (3)	
[⁸ Na]	0.005 (1)		0.006 (1)		0.007 (1)		0.006 (1)		0.008 (2)		0.006 (1)	
Σ[8]	3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)		3.00 (0)	

Tabulka 11: Pokračování

Analýza (hm%)		2-4_I-7_A		2-4_I-7_B		2-4_I-7_C		2-4_I-7_E		2-4_I-7_D		2-4_I-7_F1		2-4_I-7_F2	
Počet analýz		16		15		16		12		16		10		10	
SiO ₂		39.2 (4)	39.4 (3)	39.8 (2)	40.0 (2)	39.8 (2)	40.0 (2)	39.8 (2)	40.0 (2)	39.8 (2)	40.0 (2)	39.9 (1)	40.0 (2)	39.9 (1)	40.0 (2)
TiO ₂		0.21 (6)	0.14 (4)	0.10 (2)	0.09 (2)	0.14 (5)	0.11 (1)	0.11 (1)	0.11 (1)	0.11 (1)	0.11 (1)	0.11 (2)	0.11 (1)	0.11 (2)	0.11 (2)
Al ₂ O ₃		21.71 (19)	21.86 (19)	22.16 (4)	22.17 (11)	22.13 (8)	22.22 (6)	22.13 (8)	22.22 (6)	22.13 (8)	22.22 (6)	22.21 (3)	22.22 (6)	22.21 (3)	22.21 (3)
Cr ₂ O ₃		0.04 (3)	0.05 (2)	0.02 (2)	0.05 (4)	0.02 (2)	0.03 (1)	0.02 (2)	0.03 (1)	0.02 (2)	0.03 (1)	0.02 (3)	0.03 (1)	0.02 (3)	0.02 (3)
FeO tot		21.1 (1)	21.2 (0)	20.1 (6)	19.1 (4)	20.8 (6)	19.7 (6)	19.1 (4)	20.8 (6)	20.8 (6)	19.7 (6)	19.9 (6)	19.7 (6)	19.9 (6)	19.9 (6)
MnO		0.39 (4)	0.39 (5)	0.37 (3)	0.31 (2)	0.36 (4)	0.33 (1)	0.31 (2)	0.36 (4)	0.36 (4)	0.33 (1)	0.32 (3)	0.33 (1)	0.32 (3)	0.32 (3)
MgO		7.6 (2)	8.9 (8)	10.0 (2)	10.4 (4)	10.4 (2)	10.7 (4)	10.4 (4)	10.4 (2)	10.4 (2)	10.7 (4)	10.8 (3)	10.7 (4)	10.8 (3)	10.8 (3)
CaO		9.33 (8)	7.61 (6)	7.28 (5)	7.74 (8)	6.34 (7)	6.98 (8)	7.74 (8)	6.34 (7)	6.34 (7)	6.98 (8)	6.70 (7)	6.98 (8)	6.70 (7)	6.70 (7)
Na ₂ O		0.066 (4)	0.051 (1)	0.045 (9)	0.037 (7)	0.062 (20)	0.044 (1)	0.037 (7)	0.062 (20)	0.062 (20)	0.044 (1)	0.059 (1)	0.044 (1)	0.059 (1)	0.059 (1)
Suma (kalk)		99.7 (4)	99.6 (5)	99.9 (4)	99.8 (4)	99.9 (5)	100.1 (4)	99.8 (4)	99.9 (5)	99.9 (5)	100.1 (4)	100.0 (6)	100.1 (4)	100.0 (6)	100.0 (6)
⁴ Si		2.996 (6)	2.996 (7)	2.996 (5)	2.997 (5)	2.995 (7)	2.991 (9)	2.997 (5)	2.995 (7)	2.995 (7)	2.998 (2)	2.991 (9)	2.998 (2)	2.991 (9)	2.991 (9)
⁴ Al		0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
Σ[4]		3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)
⁶ Si		0.008 (9)	0.009 (7)	0.011 (1)	0.012 (2)	0.006 (7)	0.004 (6)	0.012 (2)	0.006 (7)	0.006 (7)	0.004 (6)	0.005 (7)	0.004 (6)	0.005 (7)	0.005 (7)
⁶ Ti		0.012 (4)	0.008 (2)	0.005 (1)	0.005 (1)	0.008 (3)	0.006 (1)	0.005 (1)	0.008 (3)	0.008 (3)	0.006 (1)	0.006 (1)	0.006 (1)	0.006 (1)	0.006 (1)
⁶ Al		1.956 (2)	1.961 (4)	1.968 (0)	1.965 (9)	1.964 (0)	1.964 (6)	1.965 (9)	1.964 (0)	1.964 (0)	1.964 (6)	1.957 (7)	1.964 (6)	1.957 (7)	1.957 (7)
⁶ Cr		0.003 (2)	0.003 (1)	0.001 (1)	0.003 (2)	0.001 (1)	0.002 (1)	0.003 (2)	0.001 (1)	0.001 (1)	0.002 (1)	0.001 (2)	0.002 (1)	0.001 (2)	0.001 (2)
⁶ Fe ²⁺		0.001 (2)	0.000 (1)	0.000 (0)	0.000 (1)	0.001 (3)	0.001 (1)	0.000 (1)	0.001 (3)	0.001 (3)	0.001 (1)	0.000 (0)	0.001 (1)	0.000 (0)	0.000 (0)
⁶ Fe ³⁺		0.021 (2)	0.018 (2)	0.018 (2)	0.017 (2)	0.024 (2)	0.024 (1)	0.017 (2)	0.024 (2)	0.024 (2)	0.024 (1)	0.040 (3)	0.024 (1)	0.040 (3)	0.040 (3)
⁶ Mg		0.003 (4)	0.005 (5)	0.003 (4)	0.004 (7)	0.002 (3)	0.002 (3)	0.004 (7)	0.002 (3)	0.002 (3)	0.002 (2)	0.002 (3)	0.002 (2)	0.002 (3)	0.002 (3)
Σ[6]		2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)	2.00 (0)
⁸ Fe ²⁺		1.331 (8)	1.336 (4)	1.248 (7)	1.186 (3)	1.286 (9)	1.213 (6)	1.186 (3)	1.286 (9)	1.286 (9)	1.213 (6)	1.211 (8)	1.213 (6)	1.211 (8)	1.211 (8)
⁸ Mn ²⁺		0.026 (3)	0.025 (3)	0.023 (2)	0.020 (2)	0.023 (2)	0.021 (1)	0.020 (2)	0.023 (2)	0.023 (2)	0.021 (1)	0.020 (2)	0.021 (1)	0.020 (2)	0.020 (2)
⁸ Mg		0.863 (9)	1.004 (5)	1.126 (1)	1.159 (5)	1.163 (4)	1.194 (9)	1.159 (5)	1.163 (4)	1.163 (4)	1.194 (9)	1.210 (9)	1.194 (9)	1.210 (9)	1.210 (9)
⁸ Ca		0.767 (5)	0.622 (3)	0.589 (4)	0.625 (1)	0.513 (3)	0.562 (6)	0.625 (1)	0.513 (3)	0.513 (3)	0.562 (6)	0.539 (9)	0.562 (6)	0.539 (9)	0.539 (9)
⁸ Na		0.010 (2)	0.008 (2)	0.007 (3)	0.005 (1)	0.009 (3)	0.006 (3)	0.005 (1)	0.009 (3)	0.009 (3)	0.006 (3)	0.009 (3)	0.006 (3)	0.009 (3)	0.009 (3)
Σ[8]		3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)	3.00 (0)

Příloha III: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Chemické složení – stopové prvky

Tabulka 12: Obsahy stopových prvků v granátech z vrtů Tř-1 a T-31

Zrno	1_Tr-1_1	1_Tr-1_2	1_Tr-1_3	1_Tr-1_4	1_Tr-1_5	1_Tr-1_6	1_Tr-1_7
Na	BDL	90	370	250	470	70	110
P	35	54	646	579	858	116	80
Sc	152.4	92.9	58.7	60.7	73.8	91.4	78.9
Ti	499	957	556	435	314	2106	1581
V	332.8	227.8	40	53.3	31.6	242.4	208.5
Cr	43120	23250	60	70	50	32520	22950
Mn	2283	2182	2286	2004	2320	3048	2674
Co	37	39	26	27	14	38	39
Ni	45.8	51.3	BDL	BDL	BDL	31.3	38.7
Zn	10.4	11.9	341.1	269.6	315.3	10.1	11.2
Ga	4.9	7.1	6.9	7	5.7	11.6	9.5
Ge	2.2	2.2	5.0	4.5	5.0	2.2	1.9
Sr	0.22	0.08	0.36	0.43	0.19	0.18	0.14
Y	3.81	8.12	150.78	123.7	140.71	10.27	7.57
Zr	7.88	4.9	16.45	14.87	7.63	26.73	17.36
Nb	0.14	0.1	0.01	BDL	BDL	0.08	0.09
Sn	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
La	0.044	0.006	0.031	0.015	0.007	0.024	0.010
Ce	0.43	0.03	0.34	0.28	0.13	0.24	0.10
Pr	0.127	0.014	0.231	0.178	0.097	0.088	0.036
Nd	0.84	0.26	3.43	2.62	1.19	0.99	0.47
Sm	0.31	0.33	5.12	4.12	1.78	0.85	0.43
Eu	0.13	0.19	2.01	1.55	0.82	0.42	0.22
Gd	0.45	0.96	14.42	11.85	8.06	1.69	0.99
Tb	0.081	0.171	3.307	2.715	2.344	0.320	0.196
Dy	0.572	1.310	24.943	20.815	21.655	2.052	1.309
Ho	0.153	0.312	5.610	4.605	5.175	0.399	0.271
Er	0.57	0.97	16.87	13.84	16.05	1.13	0.74
Tm	0.110	0.151	2.469	1.925	2.375	0.164	0.097
Yb	0.91	1.10	17.33	14.12	16.51	1.05	0.63
Lu	0.173	0.179	2.535	1.984	2.379	0.167	0.080
Hf	0.24	0.20	0.27	0.22	0.15	0.59	0.39
Ta	0.012	0.009	BDL	0.003	BDL	0.007	0.010
Th	0.034	0.012	0.003	BDL	BDL	0.080	0.036
U	0.026	0.010	0.016	0.015	0.011	0.201	0.109
BDL - pod detekčním limitem							

Tabulka 12: Pokračování

Zrno	1_Tr-1_8	1_Tr-1_9	2_Tr-1_1	2_Tr-1_2	2_Tr-1_3	2_Tr-1_4	2_Tr-1_5
Na	BDL	BDL	230	370	320	80	220
P	126	32	569	796	643	357	1113
Sc	134.9	123.6	84.4	120.4	62.7	65.5	116.9
Ti	1109	1098	329	1109	694	339	651
V	347.5	286.4	37.2	78.1	41.3	29.4	92
Cr	40010	40400	90	170	50	80	150
Mn	2702	2611	2047	5316	2285	2129	5068
Co	38	35	12	48	25	30	42
Ni	49.4	40	BDL	9.1	BDL	BDL	BDL
Zn	10.6	10.5	302	492.7	373.3	309.6	525.7
Ga	7	6.5	4.4	11.3	7.3	6.4	16.1
Ge	2.2	1.9	5.8	4.6	5.6	4.5	5.2
Sr	0.27	0.45	0.2	0.69	0.09	0.17	0.32
Y	4.09	7.83	152.65	159.6	172.87	109.77	142.45
Zr	43.75	13.96	10.43	14.01	17.5	5.92	8.21
Nb	0.1	0.14	BDL	BDL	BDL	0.01	0.02
Sn	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3
La	0.031	0.061	0.012	0.020	0.007	0.007	0.008
Ce	0.28	0.50	0.23	0.35	0.17	0.12	0.20
Pr	0.122	0.133	0.166	0.253	0.186	0.068	0.119
Nd	1.43	0.90	2.35	3.36	3.51	0.96	1.57
Sm	1.20	0.61	3.21	5.60	5.09	2.33	2.58
Eu	0.37	0.31	1.42	2.43	2.08	1.09	1.16
Gd	0.78	1.10	10.05	16.46	14.89	9.63	9.73
Tb	0.097	0.188	2.417	3.675	3.415	2.407	2.575
Dy	0.660	1.424	21.875	26.605	27.105	18.350	21.905
Ho	0.160	0.301	5.630	5.970	6.430	4.070	5.355
Er	0.52	0.90	18.47	17.41	19.66	12.07	16.50
Tm	0.084	0.130	2.880	2.585	2.920	1.775	2.490
Yb	0.80	1.04	20.49	17.81	20.98	12.42	17.63
Lu	0.147	0.169	3.000	2.570	3.070	1.809	2.524
Hf	0.92	0.47	0.17	0.24	0.29	0.12	0.13
Ta	0.005	0.008	BDL	0.005	BDL	0.002	BDL
Th	0.036	0.044	0.001	0.001	0.000	0.001	0.031
U	0.048	0.102	0.010	0.020	0.009	0.024	0.014
BDL - pod detekčním limitem							

Tabulka 12: Pokračování

Zrno	2_Tr-1_6	3_Tr-1_1	3_Tr-1_2	3_Tr-1_3	3_Tr-1_4	3_Tr-1_5	3_Tr-1_6
Na	160	40	180	350	580	150	40
P	320	182	633	284	1147	411	291
Sc	74.5	66.9	89.2	54.3	96.9	64.7	76.5
Ti	360	410	240	1386	1186	380	421
V	23.7	31.9	28.3	102.5	138.2	34	27.3
Cr	60	70	70	240	130	50	80
Mn	2162	2371	2629	2114	3079	2225	2599
Co	23	21	10	38	40	21	18
Ni	BDL	BDL	BDL	13.4	10.8	BDL	BDL
Zn	275.8	282.2	235.8	115.3	516	274.5	350.8
Ga	5	6.8	4.6	10.1	21.6	6.5	5.9
Ge	5.5	4.9	11.8	4.9	2.6	5.2	10.3
Sr	0.28	0.12	0.5	0.99	0.07	0.32	0.84
Y	142.71	178.44	463.43	141.03	91.36	142.45	288.85
Zr	9.6	11.65	18.11	49.49	17.34	8.21	18.27
Nb	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	0.02	BDL
Sn	0.4	0.4	0.8	0.7	BDL	0.3	0.6
La	0.014	BDL	BDL	0.069	0.016	0.008	0.020
Ce	0.39	0.15	0.29	1.59	0.37	0.20	0.60
Pr	0.261	0.147	0.240	1.016	0.347	0.119	0.374
Nd	3.65	3.18	3.57	11.84	6.67	1.57	5.07
Sm	4.49	6.27	6.17	11.12	8.35	2.58	7.12
Eu	1.80	2.29	2.81	3.48	2.28	1.16	3.24
Gd	13.07	17.42	23.81	20.55	14.85	9.73	23.99
Tb	3.150	3.765	6.480	3.923	2.550	2.575	5.890
Dy	23.625	28.755	62.260	26.130	16.285	21.905	46.850
Ho	5.435	6.775	16.730	5.300	3.565	5.355	10.780
Er	16.36	21.24	54.90	14.82	10.82	16.50	32.19
Tm	2.380	3.190	8.450	1.953	1.636	2.490	4.728
Yb	16.45	22.65	58.52	12.51	11.90	17.63	32.49
Lu	2.396	3.445	8.610	1.754	1.827	2.524	4.727
Hf	0.17	0.20	0.28	0.98	0.27	0.13	0.31
Ta	0.004	BDL	BDL	BDL	0.003	BDL	BDL
Th	0.002	0.004	BDL	0.019	0.001	0.031	0.001
U	0.016	0.014	0.020	0.050	0.005	0.014	0.051
BDL - pod detekčním limitem							

Tabulka 12: Pokračování

Zrno	3_Tr-1_7	3_Tr-1_8	3_Tr-1_9	4_Tr-1_1	4_Tr-1_2	4_Tr-1_3	4_Tr-1_4
Na	280	170	BDL	BDL	370	BDL	320
P	210	61	62	196	405	90	267
Sc	201.2	71.7	151.9	73.4	51.2	190.5	57.2
Ti	2998	1766	547	1601	1477	977	2780
V	395.4	175.3	377.5	274.8	149.3	475.8	231.1
Cr	71120	10420	47730	11190	290	46540	100
Mn	4274	2098	2775	2758	2003	5347	1880
Co	76	40	35	38	31	75	43
Ni	114.4	53	37.3	25	10	67.6	11.9
Zn	20.3	10	7.9	10.7	128.3	19.3	67.8
Ga	15.5	8.4	6.8	11.8	13.5	15.1	13.2
Ge	2.1	1.8	2.1	2.0	3.9	1.9	2.0
Sr	0.07	0.08	0.3	0.09	1.62	0.14	0.21
Y	12.22	14.55	3.8	22.37	87.05	5.36	9.07
Zr	18.68	13.33	18.47	22.1	72.35	2.76	42.36
Nb	0.09	0.06	0.26	0.04	BDL	0.21	0.12
Sn	0.5	0.3	0.4	0.4	0.9	0.4	0.3
La	BDL	BDL	0.182	BDL	0.399	0.040	0.489
Ce	0.09	0.03	1.71	0.07	3.61	0.32	2.53
Pr	0.038	0.018	0.424	0.039	1.450	0.091	0.157
Nd	0.55	0.30	2.37	0.50	12.98	0.77	1.79
Sm	0.52	0.42	0.41	0.75	9.81	0.26	0.86
Eu	0.23	0.26	0.10	0.42	3.52	0.07	0.26
Gd	1.17	1.26	0.46	2.45	14.10	0.31	0.94
Tb	0.228	0.275	0.082	0.534	2.398	0.064	0.162
Dy	1.802	2.220	0.590	3.970	15.360	0.641	1.408
Ho	0.470	0.561	0.144	0.870	3.313	0.194	0.336
Er	1.55	1.80	0.48	2.35	9.47	0.70	1.09
Tm	0.250	0.265	0.080	0.325	1.419	0.125	0.183
Yb	2.10	1.93	0.69	2.22	9.62	0.91	1.44
Lu	0.325	0.319	0.119	0.325	1.428	0.157	0.244
Hf	0.58	0.46	0.50	0.52	1.37	0.05	0.63
Ta	BDL	0.005	0.033	BDL	BDL	0.017	0.010
Th	0.025	0.010	0.310	0.018	0.263	0.086	0.054
U	0.069	0.009	0.544	0.070	0.174	0.188	0.108
BDL - pod detekčním limitem							

Tabulka 12: Pokračování

Zrno	4_Tr-1_5	4_Tr-1_6	4_Tr-1_7	4_Tr-1_8	5_T-31_1	5_T-31_2	5_T-31_3
Na	BDL	160	210	270	BDL	90	300
P	23	109	148	318	58	71	890
Sc	117.3	63.8	57.4	43.7	111.8	76.6	69.2
Ti	427	2007	2363	857	857	1710	194
V	340.3	145.5	172.5	96.6	276.8	194.3	56.9
Cr	33380	8430	4490	140	32240	17090	70
Mn	2730	2210	2333	5283	2403	1860	1781
Co	37	39	41	29	39	38	14
Ni	39.7	34	34.9	BDL	57	62.1	9.7
Zn	10.8	12	11.5	176.5	10.3	10.3	249.2
Ga	8.2	9.1	14	9.6	6.1	8.2	5.4
Ge	2.1	1.8	1.7	2.8	1.8	1.9	5.2
Sr	0.07	0.13	4.4	0.14	0.19	BDL	0.11
Y	3.82	17.86	26.55	91.39	3.96	10.77	142.1
Zr	0.87	25.89	36.82	20.37	19.59	20.45	11.59
Nb	0.09	0.03	0.04	BDL	0.12	0.06	BDL
Sn	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3
La	0.013	BDL	0.609	0.023	0.017	BDL	BDL
Ce	0.11	0.07	0.73	0.45	0.26	0.08	0.10
Pr	0.027	0.028	0.075	0.308	0.106	0.045	0.093
Nd	0.20	0.29	0.54	4.94	1.10	0.58	1.70
Sm	0.10	0.42	0.68	6.85	0.49	0.57	3.30
Eu	0.03	0.28	0.42	2.54	0.15	0.28	1.19
Gd	0.19	1.48	2.36	13.79	0.51	1.22	9.55
Tb	0.045	0.342	0.500	2.555	0.083	0.241	2.301
Dy	0.428	2.670	4.310	16.690	0.601	1.760	20.755
Ho	0.135	0.688	0.994	3.455	0.146	0.397	5.270
Er	0.56	2.23	3.05	9.51	0.52	1.21	17.09
Tm	0.106	0.342	0.453	1.220	0.093	0.197	2.655
Yb	0.96	2.47	3.02	8.03	0.81	1.45	18.68
Lu	0.164	0.365	0.416	1.129	0.144	0.234	2.760
Hf	0.04	0.52	0.67	0.30	0.47	0.53	0.18
Ta	0.004	BDL	0.006	BDL	0.011	0.009	BDL
Th	0.025	0.027	0.201	0.002	0.018	0.008	BDL
U	0.033	0.073	0.160	0.010	0.030	0.010	0.007
BDL - pod detekčním limitem							

Tabulka 12: Pokračování

Zrno	5_T-31_4	5_T-31_5	5_T-31_6	5_T-31_7	5_T-31_8	5_T-31_9
Na	BDL	200	170	BDL	220	210
P	239	79	108	58	773	446
Sc	191.9	68.8	73.4	155.3	58.5	61.5
Ti	1685	2222	3290	1736	553	514
V	392.6	176.5	210	461.1	54.6	41.4
Cr	42500.0	10250.0	10780.0	34340.0	60.0	60.0
Mn	5113	2062	2412	4110	2416	2636.425
Co	77	41	42	72	22	27.29
Ni	84.8	57.9	55	108.1	9.2	BDL
Zn	21.5	11.8	12.2	20.9	328.9	338.9
Ga	13.4	8.6	12.6	15.8	8.7	6.025
Ge	3.5	4.1	1.8	1.8	4.6	4.8
Sr	0.12	0.38	0.18	BDL	0.3	0.47
Y	71.52	33.45	15.22	9.17	137.81	149.05
Zr	16.04	45.2	28.34	2.2	19.69	12.4
Nb	0.07	0.11	0.09	0.09	BDL	BDL
Sn	0.2	0.8	0.5	0.3	0.6	0.4
La	BDL	BDL	0.011	0.011	BDL	0.016
Ce	0.05	0.30	0.10	0.05	0.30	0.33
Pr	0.046	0.092	0.039	0.017	0.236	0.247
Nd	0.92	0.82	0.53	0.16	3.68	3.64
Sm	2.10	1.07	0.59	0.17	4.93	5.15
Eu	0.70	0.62	0.30	0.12	1.92	2.14
Gd	5.09	2.98	1.36	0.60	13.15	14.02
Tb	1.170	0.643	0.303	0.139	2.985	3.190
Dy	10.343	5.340	2.435	1.333	22.580	24.305
Ho	2.638	1.292	0.592	0.356	5.210	5.510
Er	8.60	4.14	1.89	1.20	15.68	16.82
Tm	1.377	0.643	0.279	0.189	2.300	2.435
Yb	9.67	4.47	2.10	1.44	16.39	17.79
Lu	1.481	0.718	0.316	0.217	2.345	2.550
Hf	0.42	1.27	0.74	0.11	0.34	0.21
Ta	0.009	BDL	0.009	0.007	0.003	0.005
Th	0.005	0.058	0.008	0.028	0.001	0.001
U	0.009	0.214	0.023	0.079	0.019	0.009
BDL - pod detekčním limitem						

Tabulka 13: Obsahy vedlejších a stopových prvků ve standardech použitých při měření pomocí LA-ICP-MS pro granáty z vrtů Tř-1 a T-31 v porovnání s referenčními hodnotami

Standardy	BHVO_2G c)	BHVO_2G a)	NKT1_G b)	NKT1-1G a)	NIST610 d)	NIST610 a)	
Prvky	GEOREM	Tato práce	GEOREM	Tato práce	GEOREM	Tato práce	jednotky
B	2.09 - 6.84	3.92 ± 0.41		10.75 ± 0.48	350 ± 56	356 ± 1.6	ppm
Na	2.09 - 6.84	13 700 ± 42		24 400 ± 191	49700 ± 1112	99 000 ± 1 486.36	ppm
Mg	2.29 - 19062	46 800 ± 2 143		111 200 ± 4 256	432 ± 29	575 ± 21.51	ppm
Al	71000 - 74300	66 700 ± 1 523		58 500 ± 2 205	476 ± 31	10 500 ± 415.88	ppm
Si	223218 - 233456	230 400 ± 0		181 800 ± 0	5160 ± 106	327 000 ±	ppm
P	462.32 - 1539	922 ± 9		3 752 ± 48	413 ± 46	381 ± 7.42	ppm
Ca	71700 - 82000	70 100 ± 5 251		103 100 ± 9 167	32600 ± 2337	82 000 ± 7 246	ppm
Sc	26.9 - 36.4	26.88 ± 1.73		22.50 ± 1.21	455 ± 10	450 ± 22	ppm
Ti	2.9 - 27309	14 500 ± 578		23 500 ± 1 156	452 ± 10	480 ± 28	ppm
V	273.2 - 352	279 ± 10		293 ± 15	450 ± 9	440 ± 22	ppm
Cr	259.3 - 334	241 ± 8		424 ± 27	408 ± 10	400 ± 23	ppm
Mn	1164.4 - 1390	1 080 ± 61		1 510 ± 118	444 ± 13	420 ± 33	ppm
Fe	12.1 - 89700	75 000 ± 3 487		94 000 ± 5 996	458 ± 9	440 ± 24	ppm
Co	34 - 54.4	39 ± 2		66 ± 3	410 ± 10	410 ± 22	ppm
Ni	103.16 - 146	96 ± 4		290 ± 13	458.7 ± 4	410 ± 17	ppm
Zn	85.5 - 154	101 ± 6		138 ± 12	460 ± 18	440 ± 29	ppm
Ga	18.61 - 26.8	17.84 ± 0.28		20.20 ± 2.56	433 ± 13	430 ± 33	ppm
Ge	1.6 - 2.4	1.60 ± 0.08		1.22 ± 0.21	447 ± 78	429 ± 2	ppm
Rb	8.13 - 11.2	8.65 ± 0.02		31.22 ± 0.16	425.7 ± 1	442 ± 4	ppm
Sr	305 - 414	370.35 ± 1.42		1 257.52 ± 10.27	515.5 ± 1	538.7 ± 0.5	ppm
Y	17.2 - 29.2	22.93 ± 0.08	32	29.98 ± 0.17	462 ± 11	498 ± 2	ppm
Zr	113 - 184.31	152.42 ± 0.47	310	278.50 ± 1.48	448 ± 9	459 ± 1	ppm
Nb	13.5.2020	16.39 ± 0.16	95.9	87.49 ± 0.64	465 ± 34	513 ± 4	ppm
Sn	1.409 - 5.86	1.90 ± 0.12		2.76 ± 0.06	430 ± 29	475 ± 3	ppm
Ba	104 - 139	120.1 ± 0.7	753	735.0 ± 2.6	452 ± 9	470 ± 3	ppm
La	10.8.2018	14.02 ± 0.07	63.3	61.94 ± 0.47	440 ± 10	460 ± 2	ppm
Ce	28.1.1945	34.12 ± 0.27	126	124.40 ± 0.29	453 ± 8	480 ± 2	ppm
Pr	3.99 - 5.99	4.77 ± 0.06	15	14.83 ± 0.08	448 ± 7	168 ± 0	ppm
Nd	19.8 - 27.5	22.16 ± 0.17	61.4	60.16 ± 0.63	430 ± 8	453 ± 2	ppm
Sm	5.37 - 7.32	5.54 ± 0.16	12.3	12.07 ± 0.08	453 ± 11	472 ± 1	ppm
Eu	1.32 - 2.26	1.90 ± 0.03	3.75	3.71 ± 0.05	447 ± 12	482 ± 2	ppm
Gd	4.6 - 6.657	5.58 ± 0.05	10.1	9.46 ± 0.18	449 ± 12	460 ± 2	ppm
Tb	0.76 - 1.02	0.84 ± 0.03	1.3	1.30 ± 0.02	437 ± 9	463 ± 0	ppm
Dy	4.37 - 5.943	4.81 ± 0.09	6.69	6.68 ± 0.08	437 ± 11	451 ± 3	ppm
Ho	0.8 - 1.14	0.90 ± 0.02	1.09	1.12 ± 0.03	449 ± 12	463 ± 2	ppm
Er	2.12 - 3.3	2.35 ± 0.02	2.54	2.60 ± 0.03	455 ± 14	458 ± 2	ppm
Tm	0.27 - 0.48	0.31 ± 0.01	0.3	0.30 ± 0.01	435 ± 10	436 ± 1	ppm
Yb	1.38 - 3.25	1.87 ± 0.07	1.79	1.79 ± 0.09	450 ± 9	466 ± 3	ppm
Lu	0.16 - 0.48	0.254 ± 0.004	0.23	0.218 ± 0.010	439 ± 8	437 ± 4	ppm
Hf	2.88 - 5.02	4.13 ± 0.09	6.44	6.48 ± 0.12	435 ± 12	451 ± 1	ppm
Ta	0.85 - 1.35	0.98 ± 0.02	4.99	4.70 ± 0.05	446 ± 33	479 ± 1	ppm
Th	0.82 - 1.5	1.11 ± 0.01	6.92 - 7.35	7.17 ± 0.06	457.2 ± 1	496 ± 1	ppm
U	0.33 - 0.6	0.40 ± 0.01	1.96 - 2.28	2.18 ± 0.01	461.5 ± 1	496 ± 2	ppm

Poznámky: **a)** standardy měřené laboratoři; **b)** NKT-1G (nephelinite glass) [United States Geological Survey, Box 25046, MS 963, Denver, CO 80225, USA]; **c)** BHVO-2G (basalt glass); **d)** Jochum et al. (2011) (Max-Planck-Institut fuer Chemie)

Tabulka 14: Obsahy vedlejších a stopových prvků v granátech z lokalit Linhorka, Žejdlík, Malý Syslík a Chrástany

Zrno	Grt_1_fial_1	Grt_1_fial_2	Grt_1_fial_3	Grt_1_cerv_1	Grt_1_cerv_2	Grt_1_cerv_3
Na	10	40	110	280	120	440
P	27	34	38	65	56	87
Sc	141.5	138.0	109.5	114.1	121.5	78.4
Ti	321	565	932	2046	1136	2997
V	401.4	377.0	255.3	260.9	288.3	223.1
Cr	29820	29900	21260	32360	29060	15400
Mn	2260	2252	2466	2183	2294	2262
Co	43	43	44	42	41	43
Ni	69.4	72.2	53.4	63.3	54.8	58.0
Zn	11.5	13.1	12.3	13.0	11.8	13.1
Ga	8.0	8.2	8.4	8.7	7.9	11.3
As	0.25	0.21	0.19	0.17	0.33	0.18
Sr		0.16		0.19	0.19	0.22
Y	3.44	3.90	8.16	7.58	7.85	16.23
Zr	0.90	3.50	3.31	16.99	11.44	28.92
Nb	BDL	0.41	BDL	BDL	0.32	0.39
Sn	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5
La	0.013	0.058	0.008	0.014	0.019	0.011
Ce	0.08	0.42	0.03	0.16	0.14	0.10
Pr	0.021	0.103	0.014	0.069	0.055	0.036
Nd	0.15	0.63	0.16	0.73	0.59	0.51
Sm	0.058	0.167	0.176	0.677	0.457	0.620
Eu	0.027	0.056	0.098	0.324	0.214	0.355
Gd	0.13	0.23	0.59	1.26	0.86	1.69
Tb	0.033	0.047	0.132	0.218	0.159	0.344
Dy	0.357	0.462	1.137	1.416	1.207	2.610
Ho	0.124	0.143	0.299	0.284	0.291	0.613
Er	0.52	0.57	1.07	0.80	0.97	1.88
Tm	0.099	0.109	0.185	0.131	0.160	0.276
Yb	0.84	0.91	1.34	0.96	1.24	1.97
Lu	0.162	0.164	0.230	0.171	0.210	0.296
Hf	0.03	0.09	0.14	0.49	0.35	0.83
Ta	0.02	0.02	0.01	0.02	BDL	0.02
Bi	0.012	0.087	0.020	0.008	0.100	0.016
Th	0.007	0.157	0.025	0.011	0.219	0.041

BDL - pod detekčním limitem

Tabulka 14: Pokračování

Zrno	Grt_1_cerv_4	Grt_1_cerv_5	Grt_1_cerv_6	Grt_1_cerv_7	Grt_1_cerv_8	Grt_1_oranz_1
Na	120	70	270	130	50	490
P	35	33	77	41	50	121
Sc	127.6	106.7	93.9	94.3	158.0	73.7
Ti	511	645	1968	798	877	3058
V	310.8	324.1	218.9	235.7	393.2	201.7
Cr	27720	20500	23700	22790	37150	10460
Mn	2282	2246	2603	2347	2483	2145
Co	42	43	43	44	41	45
Ni	59.1	62.9	51.3	59.0	58.1	66.0
Zn	12.8	13.2	14.1	12.6	10.9	14.9
Ga	8.1	9.7	9.4	8.7	6.6	11.5
As	0.16	0.19	0.38	0.18	0.27	0.14
Sr	0.17		0.21	0.23	0.20	0.23
Y	4.54	7.16	11.92	7.97	3.94	17.22
Zr	1.87	0.42	16.64	2.47	7.97	31.83
Nb	0.34	0.43	0.43	0.41	0.38	0.37
Sn	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.5
La	0.012	0.007	0.007	0.011	0.065	0.008
Ce	0.12	0.02	0.07	0.08	0.67	0.10
Pr	0.045		0.030	0.029	0.183	0.049
Nd	0.44	0.02	0.38	0.30	1.18	0.57
Sm	0.250	0.059	0.505	0.263	0.382	0.645
Eu	0.097	0.044	0.258	0.114	0.154	0.350
Gd	0.30	0.38	1.21	0.58	0.51	1.67
Tb	0.059	0.095	0.249	0.135	0.086	0.343
Dy	0.544	0.940	1.902	1.172	0.605	2.680
Ho	0.169	0.266	0.461	0.297	0.151	0.655
Er	0.65	0.96	1.46	0.99	0.54	2.08
Tm	0.121	0.155	0.219	0.165	0.095	0.312
Yb	1.01	1.28	1.62	1.27	0.89	2.25
Lu	0.186	0.218	0.260	0.210	0.166	0.359
Hf	0.04	0.02	0.46	0.10	0.24	0.87
Ta	0.02	BDL	0.02	0.02	BDL	0.02
Bi	0.011	0.040	0.015	0.011	0.228	0.006
Th	0.015	0.035	0.071	0.019	0.227	0.008
BDL - pod detekčním limitem						

Tabulka 14: Pokračování

Zrno	Grt_1_oranz_2	Grt_1_oranz_3	Grt_1_oranz_4	Grt_1_oranz_5	Grt-31	Grt-26
Na	510	400	390	340	190	80
P	124	94	132	155	42	37
Sc	74.7	81.0	75.2	70.3	94.7	164.2
Ti	3180	2458	2693	2497	1816	354
V	203.5	214.2	223.8	132.1	292.5	376.2
Cr	10840	13480	9330	5110	15900	42840
Mn	2306	2366	2062	2312	2805	2513
Co	45	44	44	45	44	42
Ni	57.3	58.6	67.8	48.6	42.6	56.9
Zn	15.7	12.7	12.5	13.5	12.5	11.9
Ga	11.9	10.4	11.2	9.3	12.9	6.4
As	0.17	0.39	0.41	0.42	0.15	1.13
Sr	0.23		0.27	0.18	0.13	0.37
Y	16.99	16.39	16.42	19.69	11.84	2.02
Zr	34.03	23.22	35.68	55.15	4.92	2.64
Nb	0.37	0.36	BDL	0.40	BDL	0.29
Sn	0.5	0.3	0.6	0.7	0.3	0.2
La	0.010	0.008	0.013	0.012	0.008	0.078
Ce	0.11	0.08	0.19	0.13	0.05	0.54
Pr	0.058	0.033	0.079	0.052	0.014	0.114
Nd	0.59	0.44	0.95	0.58	0.17	0.69
Sm	0.676	0.522	0.803	0.694	0.292	0.213
Eu	0.361	0.303	0.357	0.370	0.173	0.062
Gd	1.66	1.53	1.60	2.04	0.95	0.18
Tb	0.350	0.321	0.326	0.438	0.217	0.033
Dy	2.666	2.536	2.577	3.272	1.762	0.257
Ho	0.657	0.619	0.630	0.763	0.465	0.071
Er	2.04	1.97	1.98	2.30	1.48	0.32
Tm	0.316	0.302	0.305	0.353	0.222	0.065
Yb	2.20	2.16	2.21	2.55	1.68	0.67
Lu	0.346	0.341	0.334	0.395	0.263	0.130
Hf	0.93	0.65	0.99	1.24	0.23	0.07
Ta	0.01	BDL	0.01	BDL	0.02	0.02
Bi	0.006	0.025	0.072	0.021	0.013	0.064
Th	0.019	0.080	0.108	0.080	0.015	0.211
BDL - pod detekčním limitem						

Tabulka 14: Pokračování

Zrno	Grt-13	Zejd_1_oranz_3	Zejd_1_oranz_2	Zejd_1_oranz_1	Zejd_1_ruz_4	Zejd_1_ruz_3
Na	500	590	530	400	140	170
P	100	94	109	73	20	44
Sc	88.5	60.9	68.4	68.6	84.5	86.2
Ti	4116	2919	3315	2405	609	1390
V	284.1	188.9	196.9	177.7	232.1	236.5
Cr	23550	5440	12340	9610	16470	28050
Mn	2542	1931	2226	2130	2129	2329
Co	44	44	42	42		39
Ni	56.9	63.8	51.6	47.8	53.8	49.1
Zn	14.5	14.9	15.2	13.2	11.2	10.9
Ga	13.2	10.1	9.4	9.1	7.5	7.5
As	0.14	0.31	0.18	0.16	0.14	0.11
Sr	0.21	0.30	0.23	BDL	BDL	0.16
Y	12.69	25.50	18.77	18.12	9.51	10.07
Zr	31.89	29.57	40.33	25.34	BDL	14.70
Nb	0.34	BDL	BDL	0.42	BDL	BDL
Sn	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4
La	0.007	0.022	0.013	0.007	BDL	0.011
Ce	0.07	0.13	0.14	0.05	BDL	0.16
Pr	0.037	0.058	0.060	0.037	BDL	0.062
Nd	0.52	0.44	0.73	0.47	0.03	0.60
Sm	0.760	0.536	0.782	0.593	0.097	0.507
Eu	0.427	0.310	0.414	0.338	0.074	0.252
Gd	1.74	1.89	1.94	1.67	0.53	1.12
Tb	0.329	0.431	0.384	0.352	0.132	0.224
Dy	2.355	3.742	3.087	2.832	1.303	1.618
Ho	0.514	0.984	0.723	0.705	0.359	0.400
Er	1.45	3.23	2.26	2.18	1.24	1.21
Tm	0.198	0.500	0.342	0.339	0.202	0.189
Yb	1.39	3.53	2.38	2.42	1.62	1.46
Lu	0.206	0.553	0.370	0.371	0.261	0.215
Hf	0.96	0.84	1.09	0.78	0.05	0.45
Ta	0.01	0.01	0.02	0.01	BDL	0.03
Bi	0.005	0.024	0.005	0.003	0.002	0.009
Th	0.005	0.081	0.009	0.001	0.000	0.012
BDL - pod detekčním limitem						

Tabulka 14: Pokračování

Zrno	Zejd_1_ruz_2	Zejd_1_ruz_1	Zejd_1_tm cerv_2	Zejd_1_tm cerv_1	Zejd_1_hn_2	Zejd_1_hn_1
Na	160	260	330	360	300	530
P	34	65	59	68	101	110
Sc	92.6	82.0	102.1	74.2	52.4	62.0
Ti	879	2389	2108	1977	1947	3383
V	254.1	224.2	246.2	200.3	149.9	185.8
Cr	23360	20340	30440	13540	4300	7450
Mn	2077	2115	2170	2068	2109	2159
Co	39	39	41	43	41	44
Ni	58.9	59.2	58.8	63.4	44.7	58.1
Zn	13.1	11.7	13.3	12.4	10.9	14.7
Ga	7.9	7.3	7.8	8.6	10.9	12.1
As		0.38	0.18	BDL	1.44	0.17
Sr		0.27	0.21	BDL		0.24
Y	7.16	11.29	11.31	14.58	9.56	18.34
Zr	1.95	30.96	23.75	18.36	21.41	37.92
Nb	0.51	0.60	0.32	BDL	BDL	BDL
Sn	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5
La	0.006	0.054	0.012	0.006	0.009	0.009
Ce	0.04	0.40	0.12	0.06	0.06	0.08
Pr	BDL	0.117	0.057	0.034	0.029	0.038
Nd	0.23	1.07	0.72	0.47	0.30	0.53
Sm	0.234	0.694	0.728	0.565	0.384	0.677
Eu	0.113	0.313	0.339	0.309	0.224	0.371
Gd	0.56	1.28	1.36	1.43	1.06	1.75
Tb	0.113	0.251	0.252	0.288	0.222	0.374
Dy	1.029	1.879	1.882	2.320	1.695	2.992
Ho	0.262	0.430	0.449	0.572	0.369	0.728
Er	0.91	1.33	1.38	1.76	1.09	2.19
Tm	0.156	0.202	0.214	0.271	0.160	0.328
Yb	1.23	1.53	1.60	1.97	1.08	2.37
Lu	0.203	0.236	0.251	0.311	0.161	0.372
Hf	0.08	0.89	0.68	0.58	0.44	1.03
Ta	0.03	0.06	BDL	BDL	BDL	0.02
Bi	0.010	0.069	0.013	0.005	0.031	0.003
Th	0.007	0.184	0.023	0.012	0.179	0.004
BDL - pod detekčním limitem						

Tabulka 14: Pokračování

Zrno	Zejd_1_fial_3	Zejd_1_fial_2	Zejd_1_fial_1	CH-3	CH-2	MS-2
Na	60	100	120	280	340	430
P	26	34	35	82	70	102
Sc	118.1	135.7	113.0	92.0	74.5	76.3
Ti	522	462	502	2130	1874	3005
V	278.8	317.2	291.9	225.3	195.2	223.0
Cr	35720	38570	27400	21590	10810	13270
Mn	2208	2493	2566	2178	2129	3021
Co	39	41	44	41	43	46
Ni	59.0	50.8	53.4	47.5	58.0	34.7
Zn	8.8	11.3	11.7	10.6	12.6	13.8
Ga	6.1	6.2	5.7	9.5	8.8	15.6
As	0.25	0.43	0.11	0.38	0.30	0.15
Sr	BDL	0.21	BDL	0.27	0.19	
Y	3.95	4.72	4.22	12.61	16.89	19.00
Zr	2.66	3.06	3.01	24.13	20.51	22.11
Nb	BDL	0.44	BDL	BDL	BDL	BDL
Sn	0.3	0.3	0.2	0.5	0.4	0.3
La	0.095	0.028	0.027	0.009	0.011	0.006
Ce	0.25	0.25	0.17	0.09	0.08	0.05
Pr	0.043	0.076	0.042	0.045	0.037	0.027
Nd	0.27	0.62	0.34	0.58	0.45	0.32
Sm	0.132	0.243	0.183	0.566	0.509	0.505
Eu	0.054	0.092	0.075	0.259	0.276	0.298
Gd	0.24	0.43	0.33	1.20	1.44	1.62
Tb	0.055	0.081	0.071	0.247	0.315	0.357
Dy	0.511	0.654	0.617	1.911	2.540	2.947
Ho	0.148	0.176	0.164	0.482	0.647	0.718
Er	0.55	0.64	0.56	1.54	2.15	2.32
Tm	0.104	0.122	0.093	0.234	0.322	0.349
Yb	0.91	1.08	0.77	1.73	2.32	2.47
Lu	0.164	0.202	0.126	0.278	0.363	0.367
Hf	0.10	0.09	0.12	0.66	0.63	0.56
Ta	BDL	0.02	BDL	BDL	0.02	BDL
Bi	0.203	0.054	0.120	0.010	0.008	0.012
Th	0.237	0.104	0.235	0.042	0.044	0.039
BDL - pod detekčním limitem						

Tabulka 15: Obsahy vedlejších a stopových prvků ve standardech použitých při měření pomocí LA-ICP-MS pro granáty z Linhorky, Žejdlíku, Malého Syslíku a Chrástřan v porovnání s referenčními hodnotami

Standardy	BHVO_2G c)	BHVO - 2G a)	NKT-1G b)	NKT-1 a)	NIST610 d)	NIST610 a)	
Prvky	GEOREM	Tato práce	GEOREM	Tato práce	GEOREM	Tato práce	jednotky
B	2.09 - 6.84	3.55 ± 0.17		9.27 ± 0.05	350 ± 56	334.6 ± 0.4	ppm
Na	2.09 - 6.84	16 000 ± 160		25 800 ± 156	49700 ± 1112	101 600 ± 1 522	ppm
Mg	2.29 - 19062				432 ± 29		ppm
Al	71000 - 74300	77 300 ± 2 661		59 800 ± 461	476 ± 31	11 020 ± 346	ppm
Si	223218 - 233456	230 400 ± 0.004		181 800 ±	5160 ± 106	327 200 ±	ppm
P	462.32 - 1539	1 000 ± 7		3 800 ± 6	413 ± 46	370 ± 6	ppm
Ca	71700 - 82000	75 800 ± 3 350		95 600 ± 594	32600 ± 2337	78 700 ± 2 844	ppm
Sc	26.9 - 36.4	30 ± 1		23 ± 0	455 ± 10	460 ± 16	ppm
Ti	2.9 - 27309	16 000 ± 706		24 100 ± 120	452 ± 10	470 ± 18	ppm
V	273.2 - 352	310 ± 12		300 ± 1	450 ± 9	440 ± 12	ppm
Cr	259.3 - 334	260 ± 16		400 ± 3	408 ± 10	380 ± 14	ppm
Mn	1164.4 - 1390	1 200 ± 72		1 600 ± 9	444 ± 13	420 ± 19	ppm
Fe	12.1 - 89700	78 020 ± 4 173		89 700 ± 427	458 ± 9	440 ± 15	ppm
Co	34 - 54.4	44 ± 2		67.4 ± 0.3	410 ± 10	400 ± 12.8	ppm
Ni	103.16 - 146	120 ± 5		332.0 ± 3	458.7 ± 4	440 ± 15	ppm
Zn	85.5 - 154	110 ± 7		142.5 ± 1.7	460 ± 18	440 ± 21.1	ppm
Ga	18.61 - 26.8	20 ± 1		21.3 ± 0.1	433 ± 13	420 ± 18.9	ppm
Ge	1.6 - 2.4	1.53 ± 0.11		1.30 ± 0.05	447 ± 78	404 ± 3.0	ppm
Rb	8.13 - 11.2	8.60 ± 0.09		30.11 ± 0.12	425.7 ± 1	434 ± 4.2	ppm
Sr	305 - 414	371.83 ± 1.24		1 221.16 ± 3.55	515.5 ± 1	536 ± 5.9	ppm
Y	17.2 - 29.2	22.72 ± 0.12	32	29.64 ± 0.17	462 ± 11	484 ± 3.8	ppm
Zr	113 - 184.31	148.47 ± 1.19	310	274.61 ± 1.46	448 ± 9	442 ± 3.4	ppm
Nb	13.5.2020	15.96 ± 0.03	95.9	83.36 ± 0.52	465 ± 34	501 ± 1.9	ppm
Sn	1.409 - 5.86	1.74 ± 0.07		2.70 ± 0.02	430 ± 29	437 ± 2.9	ppm
Ba	104 - 139	119.09 ± 0.95	753	703.73 ± 3.53	452 ± 9	445 ± 1.1	ppm
La	10.8.2018	13.81 ± 0.07	63.3	59.75 ± 0.16	440 ± 10	473 ± 1.4	ppm
Ce	28.1.1945	33.70 ± 0.23	126	119.09 ± 0.56	453 ± 8	494 ± 2.5	ppm
Pr	3.99 - 5.99	4.66 ± 0.04	15	14.26 ± 0.04	448 ± 7	11.81 ± 0.2	ppm
Nd	19.8 - 27.5	21.62 ± 0.18	61.4	58.11 ± 0.23	430 ± 8	428 ± 1.3	ppm
Sm	5.37 - 7.32	5.43 ± 0.06	12.3	11.68 ± 0.11	453 ± 11	449 ± 4.2	ppm
Eu	1.32 - 2.26	1.84 ± 0.03	3.75	3.59 ± 0.01	447 ± 12	467.7 ± 0.8	ppm
Gd	4.6 - 6.657	5.38 ± 0.10	10.1	9.31 ± 0.11	449 ± 12	443 ± 3.0	ppm
Tb	0.76 - 1.02	0.79 ± 0.01	1.3	1.27 ± 0.01	437 ± 9	455.7 ± 0.6	ppm
Dy	4.37 - 5.943	4.72 ± 0.04	6.69	6.47 ± 0.12	437 ± 11	428 ± 2.9	ppm
Ho	0.8 - 1.14	0.88 ± 0.01	1.09	1.10 ± 0.01	449 ± 12	466 ± 2.9	ppm
Er	2.12 - 3.3	2.26 ± 0.01	2.54	2.54 ± 0.02	455 ± 14	468 ± 4.4	ppm
Tm	0.27 - 0.48	0.29 ± 0.01	0.3	0.30 ± 0.00	435 ± 10	447 ± 1.0	ppm
Yb	1.38 - 3.25	1.81 ± 0.06	1.79	1.69 ± 0.04	450 ± 9	456 ± 1.9	ppm
Lu	0.16 - 0.48	0.24 ± 0.00	0.23	0.22 ± 0.01	439 ± 8	455 ± 2.3	ppm
Hf	2.88 - 5.02	4.00 ± 0.04	6.44	6.45 ± 0.10	435 ± 12	438 ± 2.5	ppm
Ta	0.85 - 1.35	0.97 ± 0.02	4.99	4.62 ± 0.03	446 ± 33	463 ± 2.0	ppm
Th	0.82 - 1.5	1.08 ± 0.02	6.92 - 7.35	6.92 ± 0.01	457.2 ± 1	474 ± 1.2	ppm
U	0.33 - 0.6	0.39 ± 0.01	1.96 - 2.28	2.05 ± 0.01	461.5 ± 1	472 ± 1.4	ppm

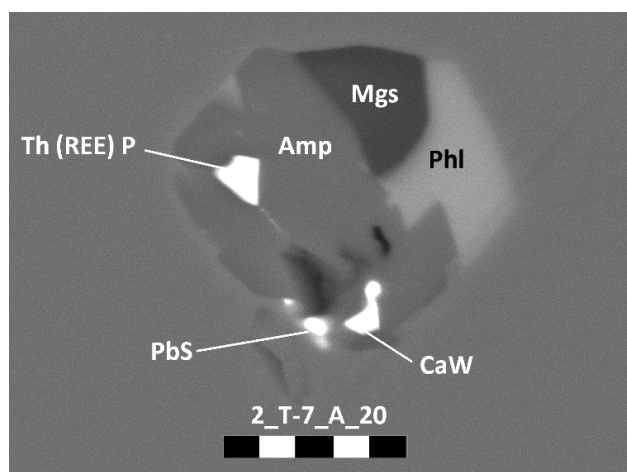
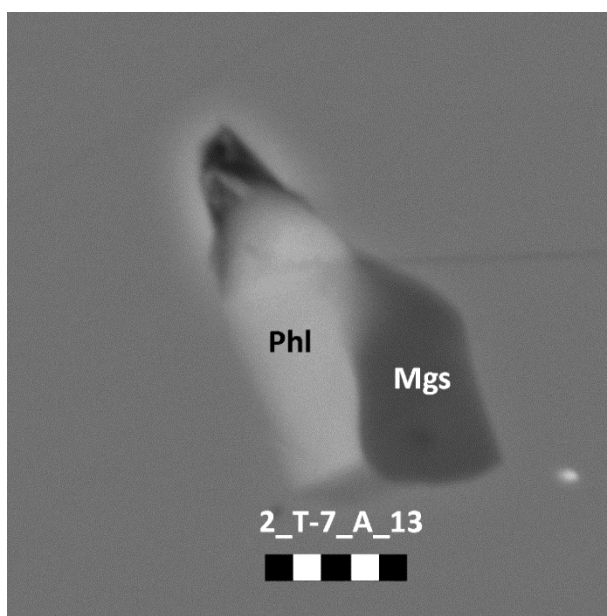
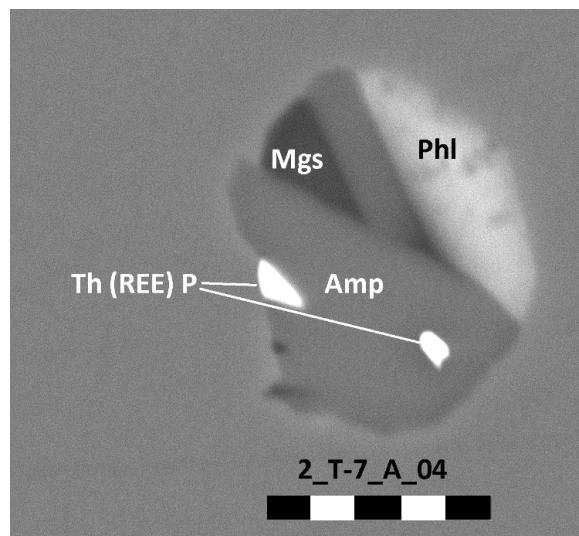
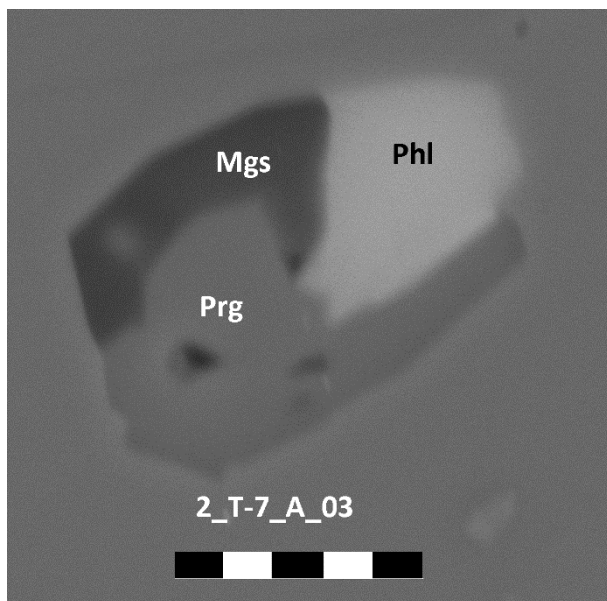
Poznámky: **a)** standardy měřené laboratoří; **b)** NKT-1G (nephelinite glass) [USGS]; **c)** BHVO-2G (basalt glass); **d)** Jochum et al. (2011) (Max-Planck-Institut fuer Chemie)

Příloha IV: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Zobrazení inkluzí ve zpětně odražených elektronech

Měřítka pro všechny fotografie je 5 μ m. Zkratky minerálů byly použity podle Whitney & Evans (2010)

Inkluze v granátu z výbrusu 2_T-7 z hloubky 256 m vrtu T-7

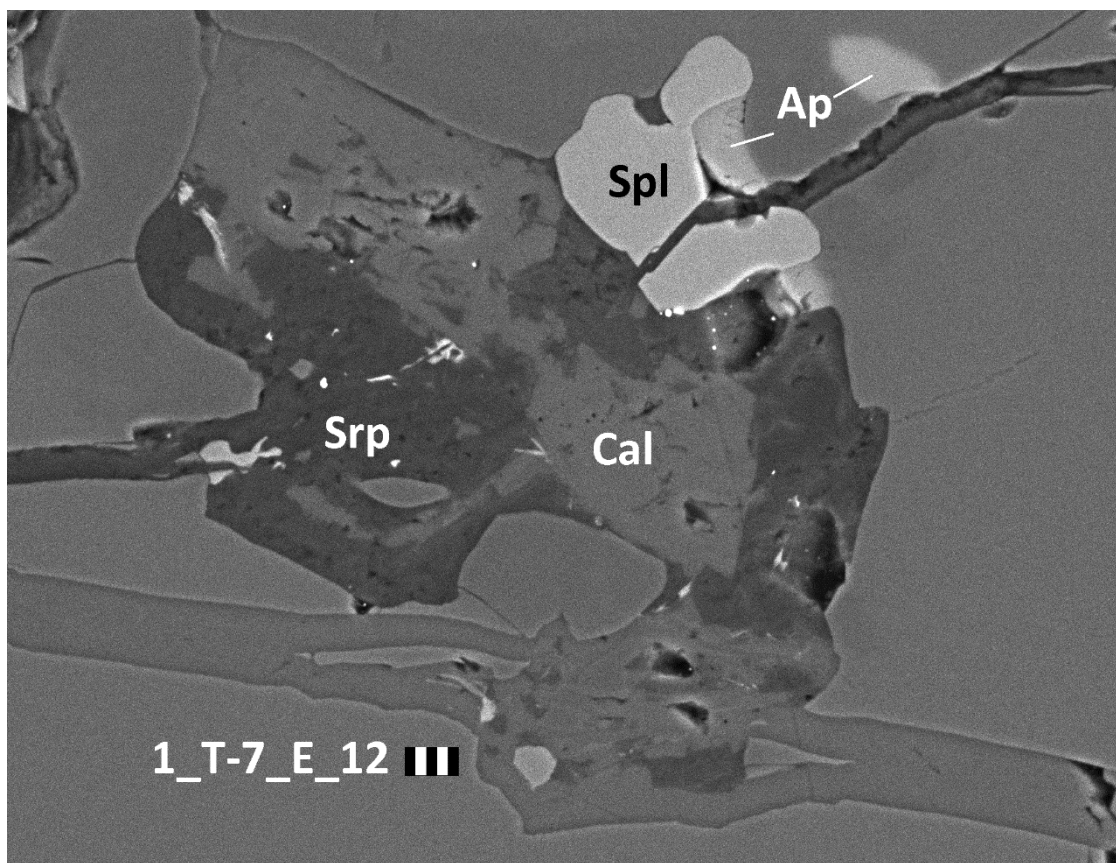
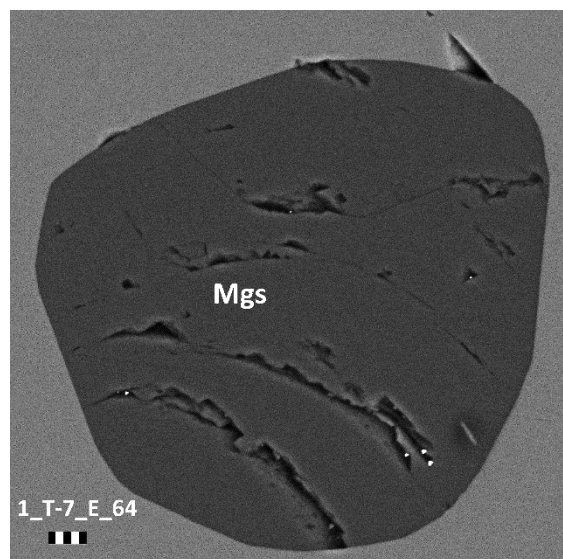
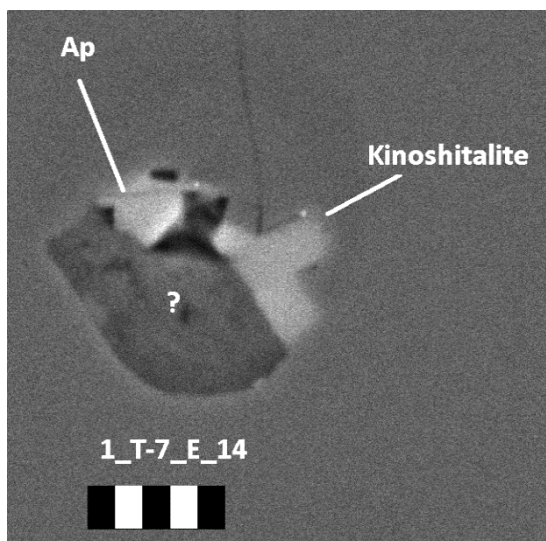
Zrno A



Obrázek 68: Pylofázové inkluze z lherzolitových granátů z hloubky 256 m z vrtu T-7. Amp – amfibol, Prg – pargasit, Phl – flogopit, Mgs – magnezit. Pro koexistující fáze, které se nepodařilo jednoznačně mineralogicky určit, jsou uvedeny chemické prvky v nich zjištěné.

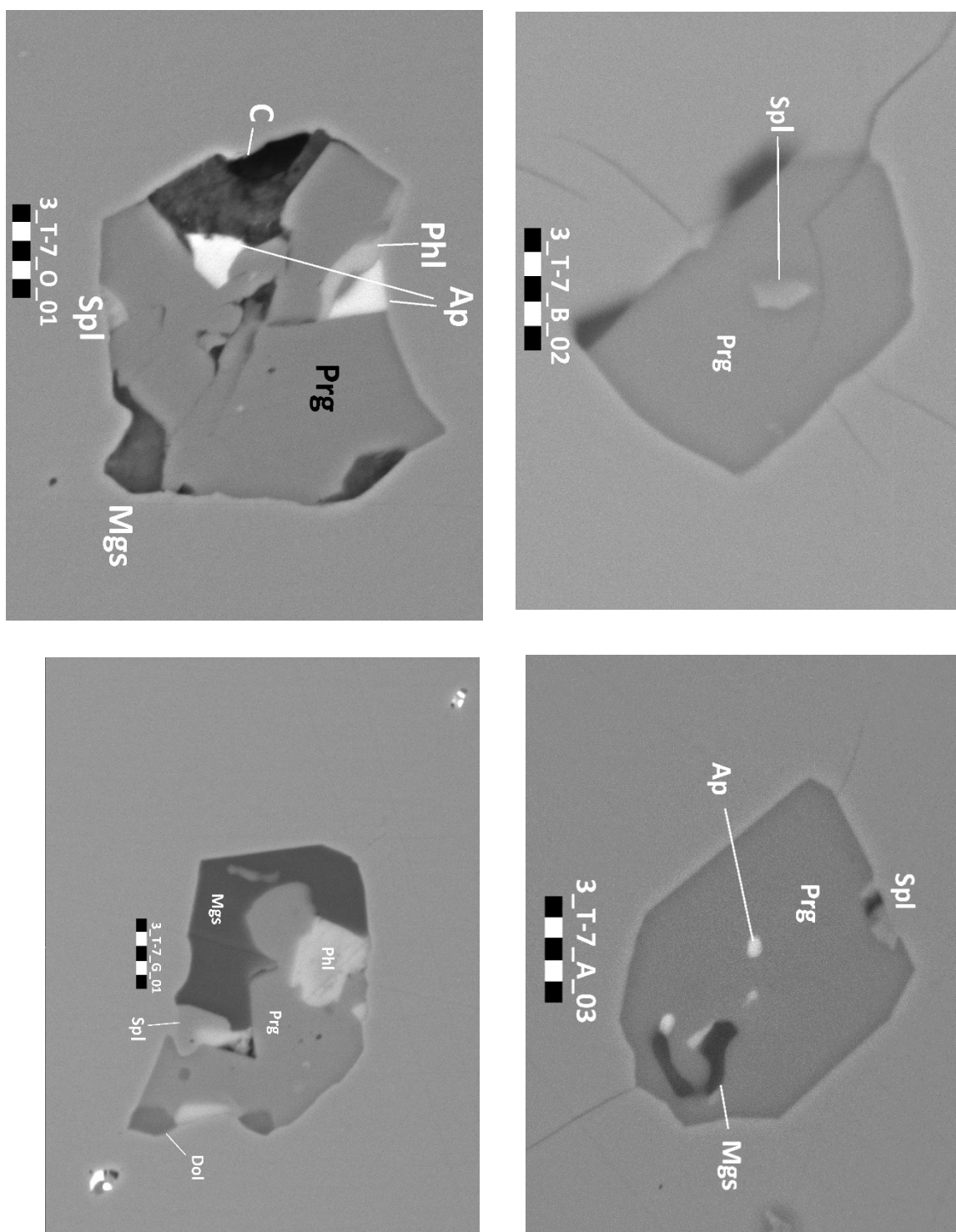
Inluze v granátu z 1. výbrusu z hloubky 256 m vrtu T-7, z pyroxenitu

Zrno E



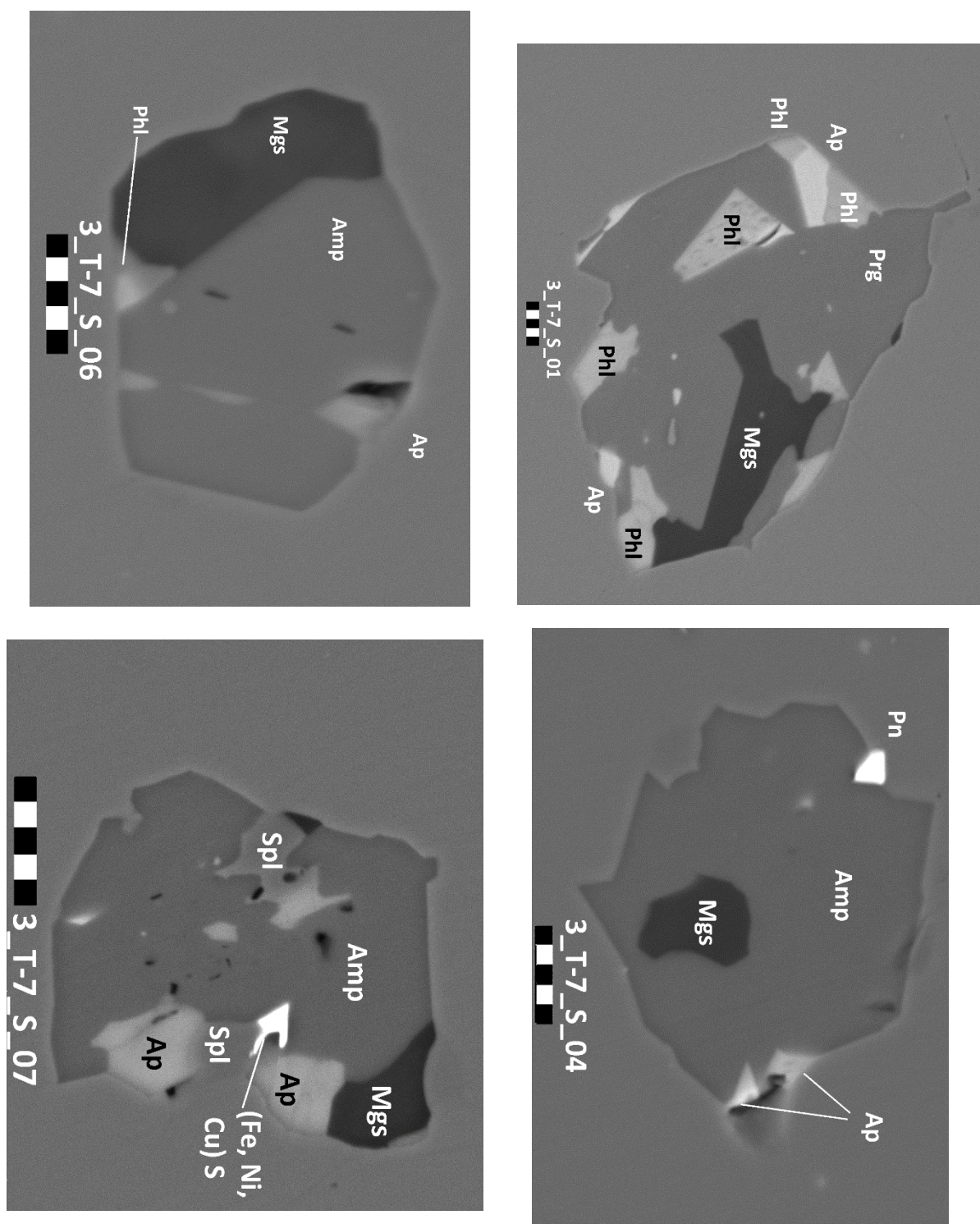
Obrázek 69: a) inkluze apatitu (Ap) a kinoshitalitu v asociaci se směsí dále neurčených silikátů, b) inkluze magnezitu (Mgs), c) inkluze na puklině se zbytky spinelu (Spl), apatitu a částečně nahrazená serpentinem (Srp) a kalcitem (Cal).

Polyfázové inkluze v granátech z 3. výbrusu hloubky 282 m vrtu T-7 z lherzolitu.



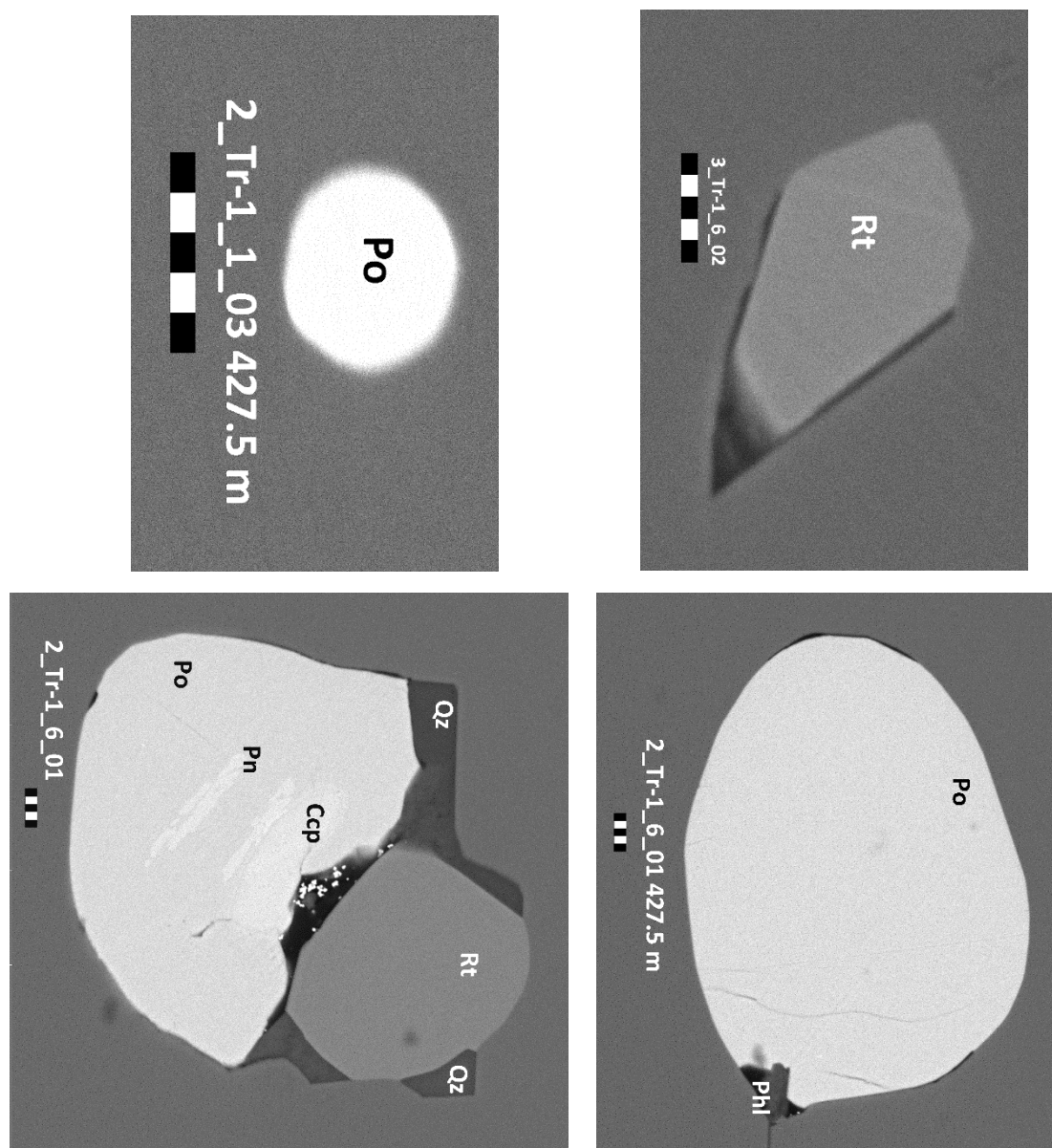
Obrázek 70: Polyfázové inkluze pargasitu v asociaci se spinely, magnezitem a apatity z vrtu T-7. Prg- pargasit, Mgs – magnetit, Dol – dolomit, Ap - apatit, Phl – flogopit a Spl - spinel.

Polyfázové inkluze z 3. výbrusu hloubky 282 m vrtu T-7 z lherzolitu.



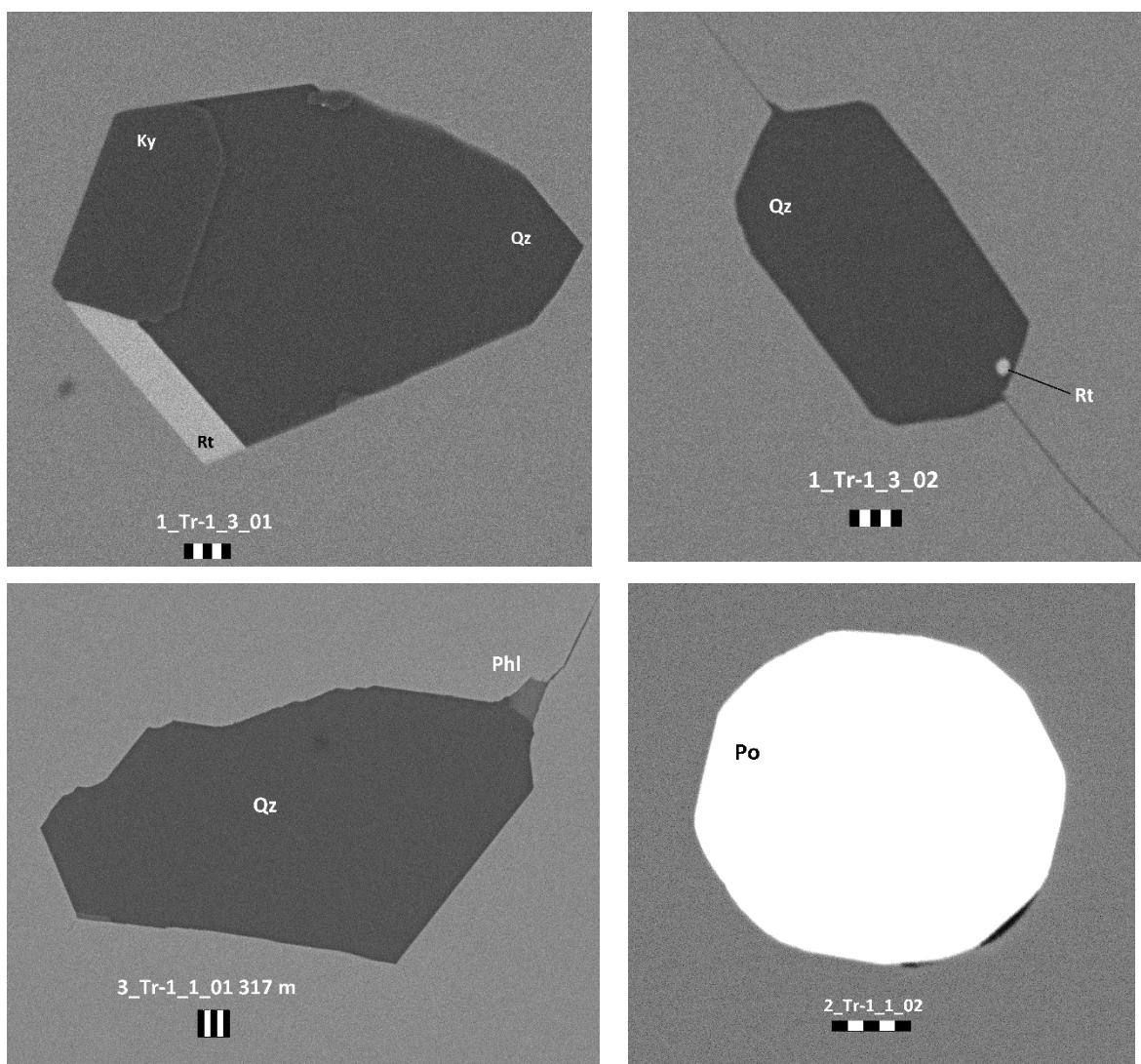
Obrázek 71: Polyfázové inkluze z lherzolitových granátů. Amp – amfibol, Mgs – magnetit, Ap – apatit, Phl – flogopit, Spl – spinel, Prg –pargasit, Pn – pentlandit. Pro koexistující fázi, kterou se nepodařilo jednoznačně mineralogicky určit, jsou uvedeny zjištěné chemické prvky.

Monofázové a polyfázové inkluze z almandin – pyropových granátů z hloubek 427.5 a 330 m vrtu Tř-1



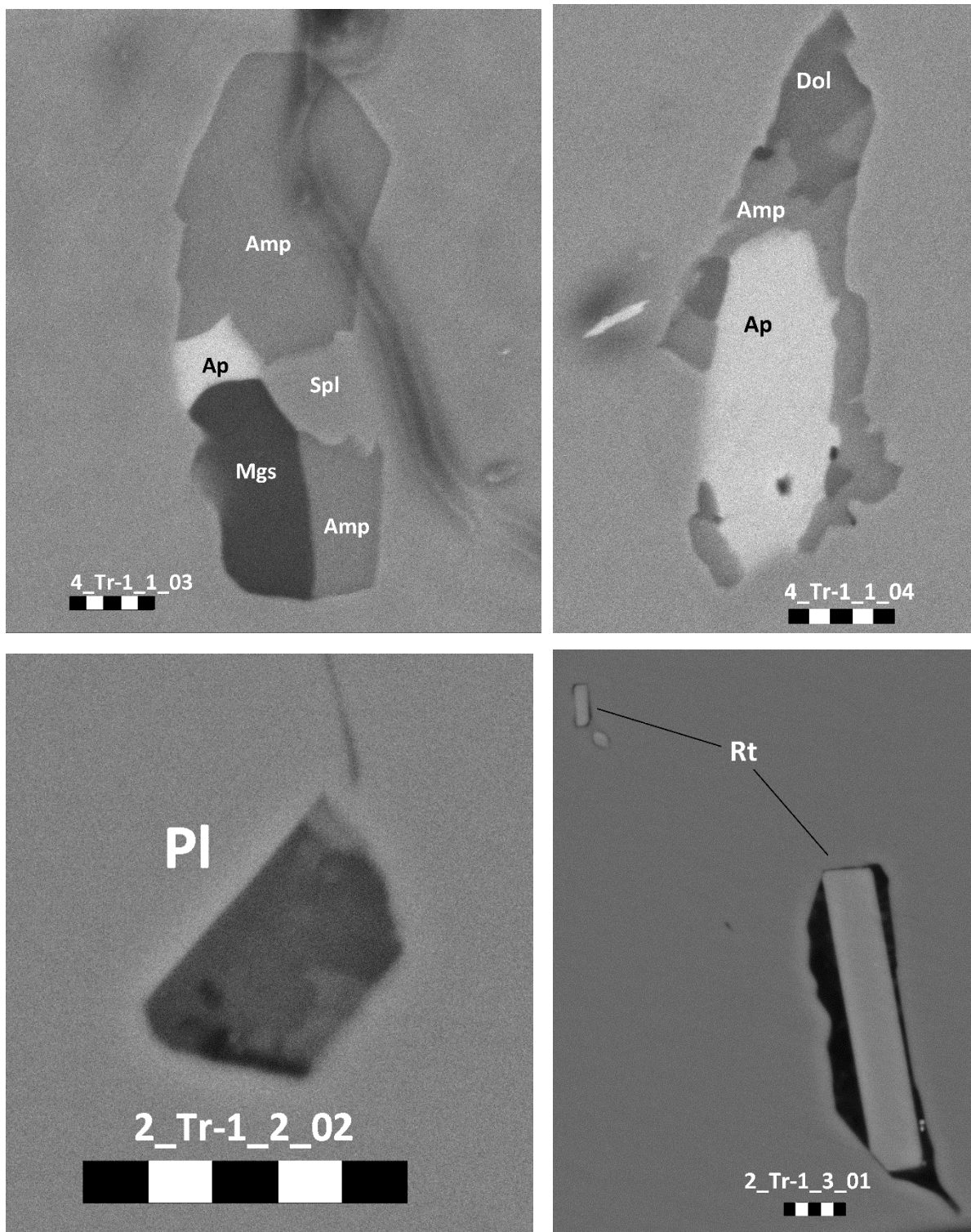
Obrázek 72: Ukázka inkluzí sulfidů v asociaci s rutillem - Rt a flogopitem - Phl, Po - pyrrhotin, CCp - chalkopyrit, Pn – pentlandit, Qz – křemen.

Inkluze z almandin – pyropových granátů z jednotlivých hloubek vrtu Tř-1



Obrázek 73: Ukázky polyfázových inkluzí v asociaci s křmenem – Qz a jedna monofázová inkluze pyrhotinu – Po. Ky – kyanit, Rt – rutil, Phl – flogopit.

Polyfázové inkluze z pyrop – almandinových granátů (horní řada) a z almandin – pyropových granátů (dolní řada) z vrtu Tř-1



Obrázek 74: Jehličkovité a sloupcovité polyfázové inkluze. Amp – amfibol, Mgs – magnetit, Spl – spinel, Ap – apatit, Dol – dolomit, Pl – plagioklas, Rt – rutil.

Příloha V: Bc. Barbora Pišová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Klasifikace granátů

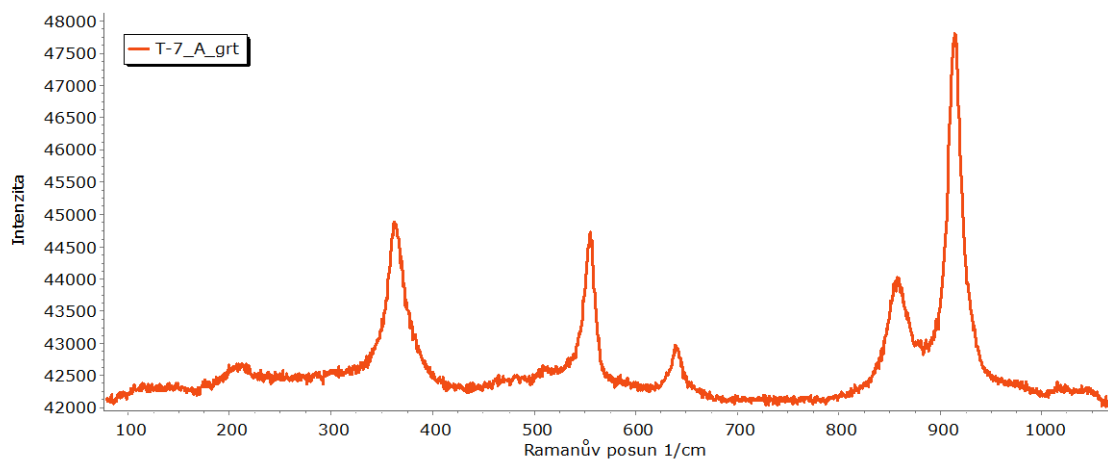
Tabulka 16: Klasifikace granátů podle Schulzeho (2003), Grütter et al. (2004) a Aubrechta et al. (2009)

Vzorek	Grütter et al. (2004)	Grütter et al. (2004)	Schulze (2003)	Schulze (2003)	Aubrecht et al. (2009)
1_Tr-1_1	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
1_Tr-1_2	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
1_Tr-1_3	G4D/G4	a)		korový	felsický HP granulit
1_Tr-1_4	G4/G4D	a)		korový	felsický HP granulit
1_Tr-1_5	G4D/G0	a)		korový	felsický HP granulit
1_Tr-1_6	G11	peridotit (TiO ₂ ++)	lherzolit	plášťový	peridotit
1_Tr-1_7	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
1_Tr-1_8	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
1_Tr-1_9	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
2_Tr-1_1	G4/G4D	a)		korový	felsický HP granulit
2_Tr-1_2	G4/G4D	a)		korový	felsický HP granulit
2_Tr-1_3	G4/G4D	a)		korový	felsický HP granulit
2_Tr-1_4	G4	a)		korový	felsický HP granulit
2_Tr-1_5	G4	a)		korový	felsický HP granulit
2_Tr-1_6	G4	a)		korový	felsický HP granulit
3_Tr-1_1	G4	a)	eclogitic-B/crustal	korový	felsický HP granulit
3_Tr-1_2	G4	a)		korový	felsický HP granulit
3_Tr-1_3	G3D/G3	eklogit	eklogit typ B	plášťový	b)
3_Tr-1_4	G3/G3D	eklogit	eklogit typ B	plášťový	b)
3_Tr-1_5	G4	a)		korový	felsický HP granulit
3_Tr-1_6	G4	a)		korový	felsický HP granulit
3_Tr-1_7	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
3_Tr-1_8	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
3_Tr-1_9	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
4_Tr-1_1	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
4_Tr-1_2	G3D	eklogit	eklogit typ B	plášťový	b)
4_Tr-1_3	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
4_Tr-1_4	G3D/G3	eklogit	eklogit typ B	plášťový	b)
4_Tr-1_5	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
4_Tr-1_6	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
4_Tr-1_7	G4	a)	eklogit typ A	plášťový	felsický HP granulit
4_Tr-1_8	G3	eklogit	eklogit typ B	plášťový	b)
5_T-31_1	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
5_T-31_2	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
5_T-31_3	G4D	a)		korový	felsický HP granulit
5_T-31_4	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
5_T-31_5	G9/G1	lherzolit / megakryst	lherzolit	plášťový	peridotit
5_T-31_6	G1	megakryst	megakryst	plášťový	peridotit
5_T-31_7	G9	lherzolit	lherzolit	plášťový	peridotit
5_T-31_8	G4/G4D	a)		korový	felsický HP granulit
5_T-31_9	G4/G4D	a)	korový/eklogit B		felsický HP granulit

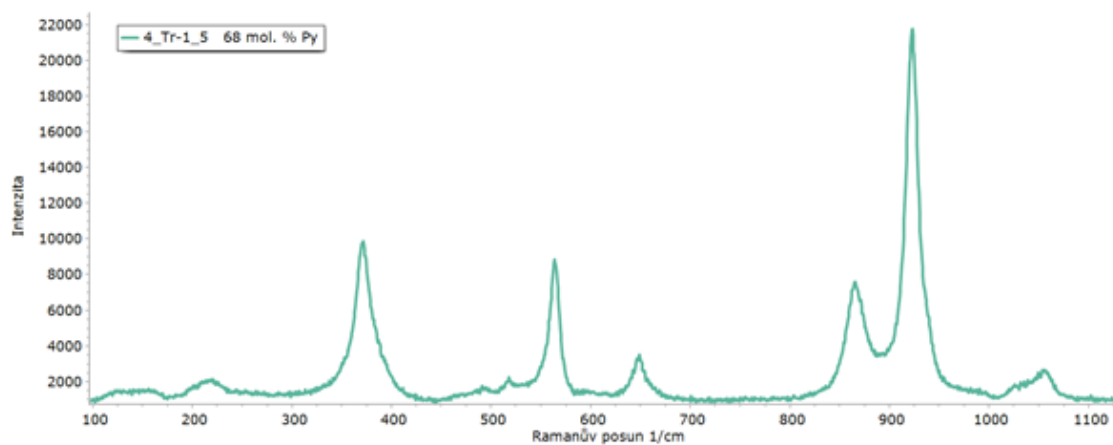
poznámka: a) pyroxenit / websterit s nízkým obsahem Cr zahrnující eklogity chudé na CaO, b) HP eklogit/ mafický granulit

Příloha VI: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Ramanova spektra granátů a minerálních inkluzí

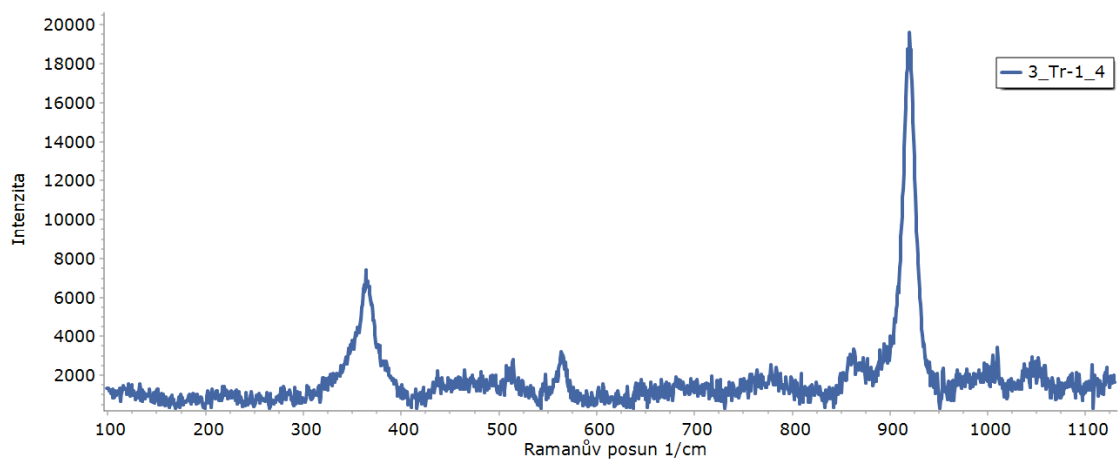
Ramanova spektra granátů



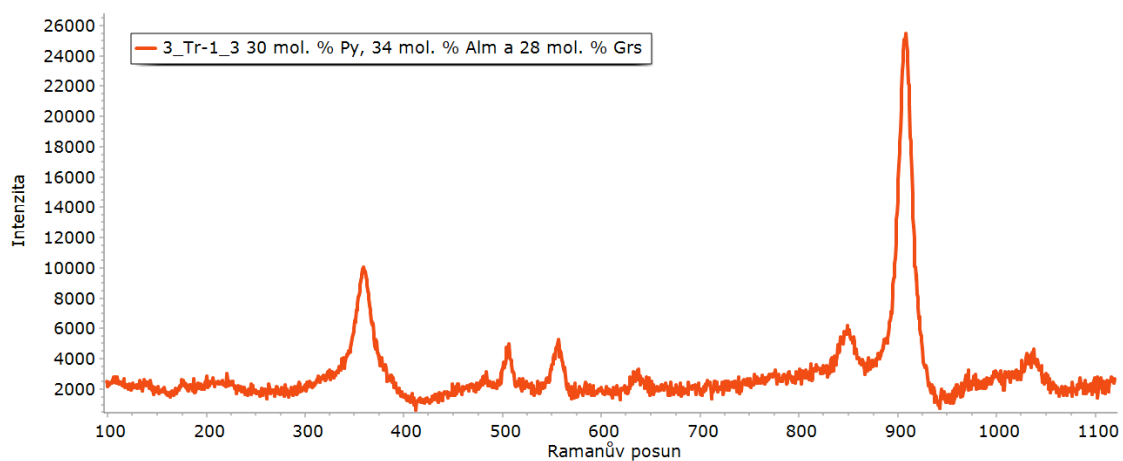
Obrázek 75: Ramanovo spektrum granátu z vrtu T-7 z harzburgitu



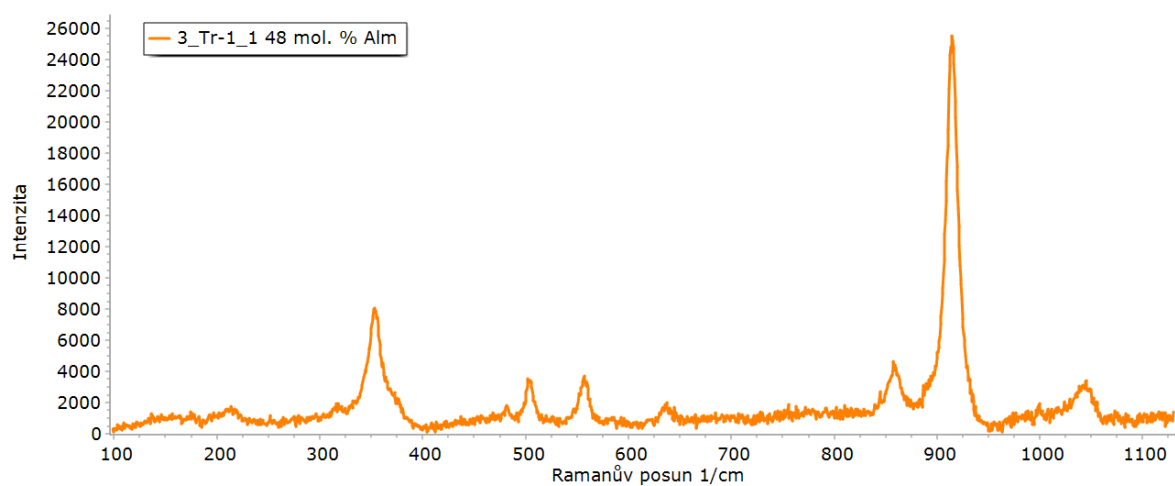
Obrázek 76: Ramanovo spektrum pyropového granátu z vrtu Tř-1



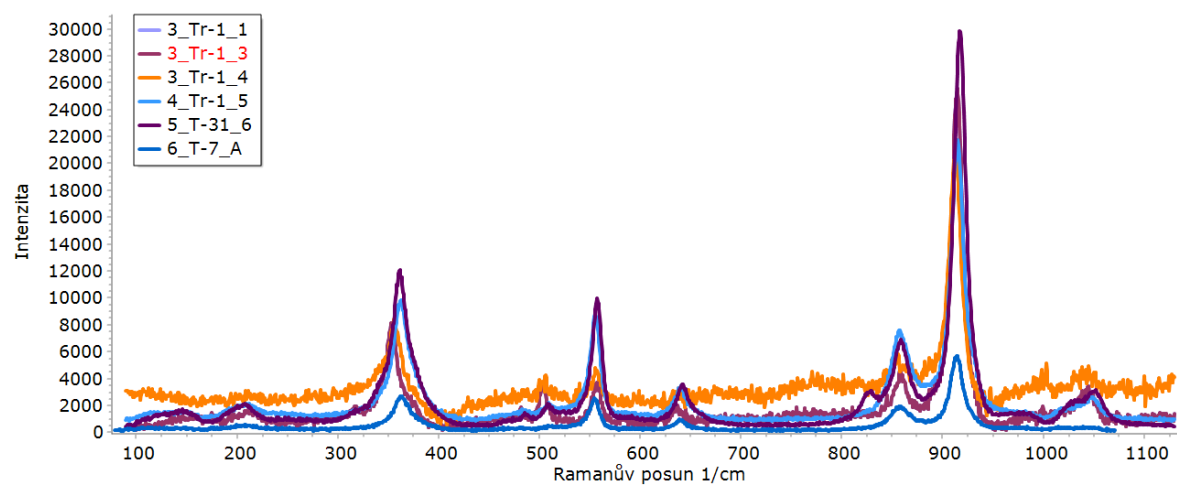
Obrázek 77: Ramanovo spektrum grosulár – almandinového granátu 3_Tr-1_4 z vrtu Tř-1 z eklogitu podle Aubrechta *et al.* (2009)



Obrázek 78: Ramanovo spektrum almandinového granátu z Tř-1

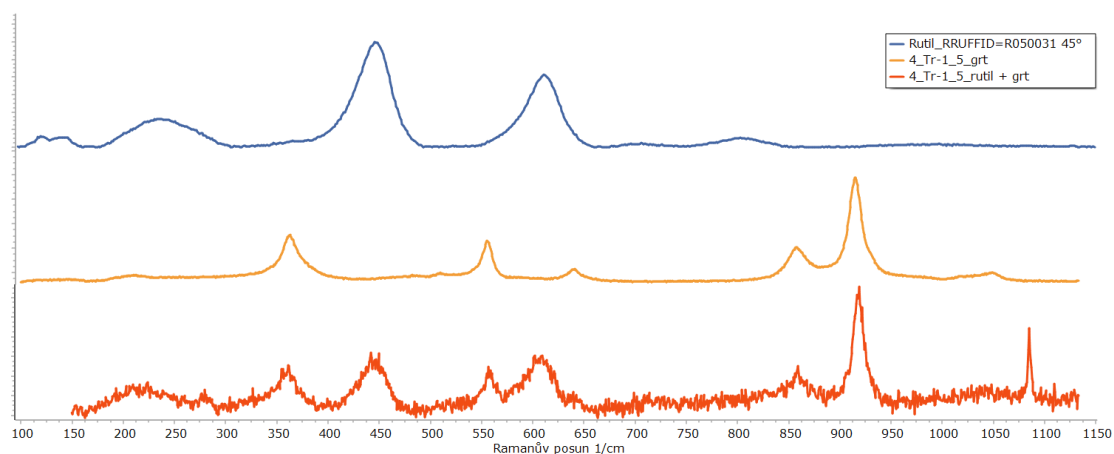


Obrázek 79: Ramanovo spektrum almandin-pyropového granátu z lokality Tř-1

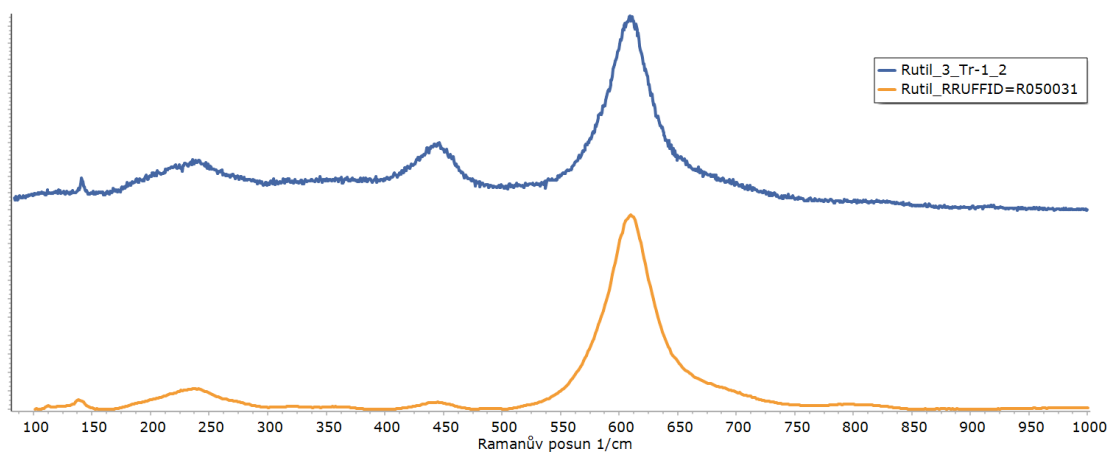


Obrázek 80: Spektrum 6 granátů o různém zastoupení koncových členů skupiny granátu a z různých lokalit Českého středohoří

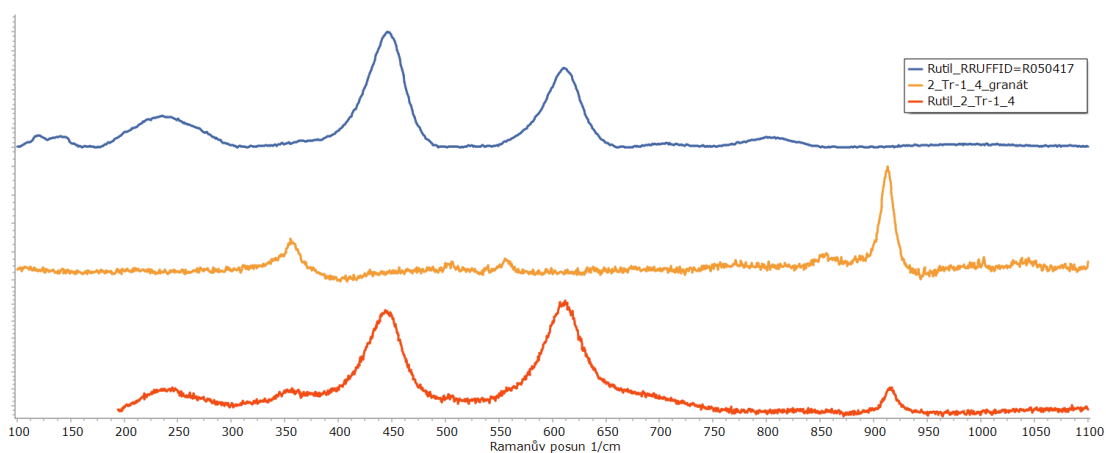
Ramanova spektra inkluzí rutilu v porovnání se spektry z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015)



Obrázek 81: Spektrum rutilu 4_Tr-1_5 z hloubky 317 m vrtu Tř-1 v porovnání s hostitelským granátem a spektrem rutilu z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015)

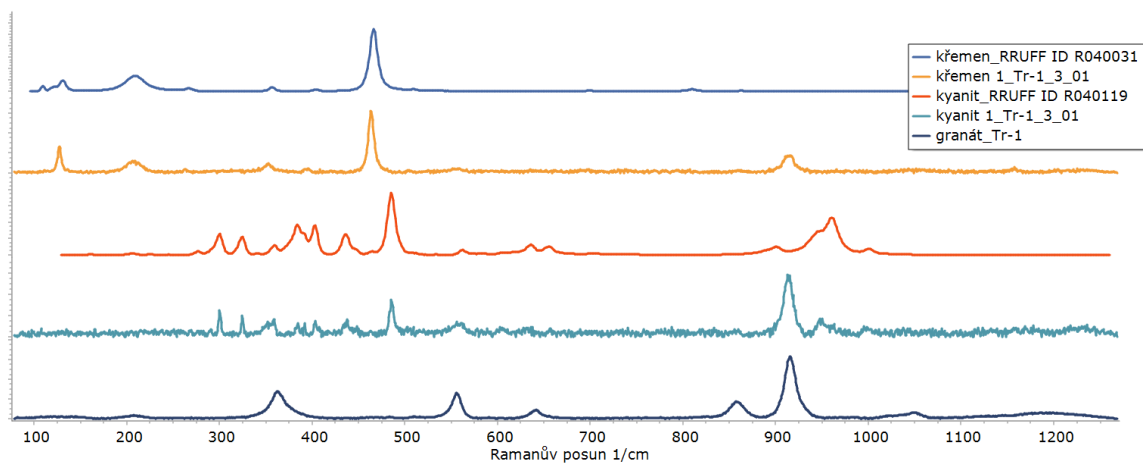


Obrázek 82: Spektrum rutilu 3_Tr-1_2 z hloubky 330 m vrtu Tř-1 v porovnání se spektrem rutilu z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015)



Obrázek 83: Spektrum rutilu 2_Tr-1_4 z hloubky 427.5 m vrtu Tř-1 v porovnání s hostitelským granátem a spektrem rutilu z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015)

Ramanova spektra kyanitu a křemen v porovnání se spektry z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015) a fotoluminiscenční spektrum kyanitu



Obrázek 84: Inkluze křemene a kyanitu v porovnání se spektry kyanitu a křemene z databáze RRUFF (Lafuente *et al.*, 2015)

Příloha VII: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a
 charakterizace jejich minerálních inkluzí, Typy asociací inkluzí ze všech studovaných
 lokalit

Tabulka 17: Typy asociací inkluzí a četnost jejich výskytu na jednotlivých lokalitách.

Nalezené asociace inkluzí																																	
Minerály	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.		
pargasit	x	x			x	x	x	x	x										()														
magnesiohornblend																											x						
omfacit																x																	
enstatit																											x						
olivín				x																													
serpentin			()	x																													
magnezit			()		x	()		x	()			x																					
dolomit						x	()	()	()						()																		
kalcit				()					()																								
spinel				x					()	()																		x					
magnesiochromit				()			x		()					()	x																		
gahnit																										x							
apatit	()							()	x	()			x													x		x					
monazit					()			()	()										x														
xenotim								()																									
slída									x	x						x			()		()		x		x	x	()						
kinoshitalit						()																											
klinochlór														x																			
baryt														()																			
pentlandit		x							()		x					x																()	
pyrhotin																																()	
sulfid neznámý									()																								
chalkopyrit																																()	
kyanit																																	
rutil																	x															x	
křemen																			x													x	
zirkon																			x													x	
plagioklas																				x												x	
K živec																								x									
Četnost inkluzí:																																	
T-31				1			1	2	2		2			X*												1	1	2	2	2	X ^a		
1_Tř-1 + 2_Tř-1 427.5 m																		2		1	1	1	4	1	3		1	1	2	2	2	X ^a	
3_Tř-1 330 m	1							1	1		1						20		X*								8	1	X ^a	X*	X ^a	1	
4_Tř-1 317 m																	X*		2	1			2										
T-7 pyroxenit	4		15	4		2		40	20	24		8			5		1																
T-7 lherzolit								1	10	17		2	1		2																		
Žejdlík	1		1		2	1	5	3	8	1	1			X*	1																		
Linhorka	2	4			17	5	20	4	11					4	1	1																	
Chrášťany								2																									
Poznámky: x - vždy přítomen, () možný výskyt * velké množství - neměřitelné; a) neznámé množství - velikost 1 μm																																	

Příloha VIII: Bc. Barbora Píšová, Chemická variabilita granátů z Českého středohoří a charakterizace jejich minerálních inkluzí, Geotermobarometrie

Tabulka 18: Teploty a tlaky vypočtené pro lherzolitové granáty pomocí dat získaných pomocí LA-ICP-MS.

Zrno	T [° C]			P [kbar]				
	Griffin, 1989	Canil, 1999	Ryan et al., 1996	p ³⁸	p ³⁵	p ⁴⁰	p ⁴⁵	p ⁵⁰
1_Tr-1_1	1060 (30)	1046 (15)	1010 (28)	32.3 (9)	33.6 (9)	31.6 (9)	29.7 (9)	27.7 (9)
1_Tr-1_2	1100 (36)	1065 (18)	1045 (34)	25.7 (4)	27.0 (4)	25.0 (4)	29.4 (4)	27.5 (4)
1_Tr-1_7	1000 (18)	1020 (10)	960 (17)	25.5 (5)	26.7 (5)	24.8 (5)	27.3 (5)	25.4 (5)
1_Tr-1_8	1090 (13)	1060 (7)	1035 (12)	30.6 (3)	31.9 (3)	29.9 (3)	26.9 (3)	24.9 (3)
1_Tr-1_9	1030 (13)	1030 (7)	980 (12)	32.9 (5)	34.1 (5)	32.2 (5)	26.4 (5)	24.5 (5)
3_Tr-1_7	1130 (16)	1080 (8)	1080 (15)	30.7 (6)	31.9 (6)	30.0 (6)	28.0 (6)	26.1 (6)
3_Tr-1_8	1110 (26)	1070 (12)	1060 (24)	20.3 (3)	21.5 (3)	19.6 (3)	17.7 (3)	15.7 (3)
3_Tr-1_9	990 (26)	1010 (8)	944 (14)	34.2 (6)	35.4 (6)	33.5 (6)	30.9 (2)	28.9 (2)
4_Tr-1_1	880 (15)	950 (30)	840 (48)	20.1 (5)	21.4 (5)	19.4 (5)	17.5 (5)	15.6 (5)
4_Tr-1_3	1000 (50)	1012 (26)	950 (46)	25.6 (5)	26.9 (5)	24.9 (5)	23.0 (5)	21.0 (5)
4_Tr-1_5	1020 (50)	1025 (9)	970 (16)	29.1 (5)	30.3 (5)	28.4 (5)	26.4 (5)	24.5 (5)
4_Tr-1_6	995 (18)	1012 (32)	950 (56)	19.6 (3)	20.8 (3)	18.9 (3)	17.0 (3)	15.0 (3)
5_T-31_1	1123 (60)	1012 (13)	1070 (26)	28.2 (4)	29.4 (4)	27.5 (4)	25.6 (4)	23.6 (4)
5_T-31_2	1180 (19)	1078 (9)	1125 (18)	23.9 (4)	25.2 (4)	23.2 (4)	21.3 (4)	19.4 (4)
5_T-31_4	1045 (24)	1106 (12)	1000 (22)	24.8 (5)	26.0 ()	24.1 ()	22.2 (9)	20.2 (9)
5_T-31_5	1145 (12)	1040 (6)	1090 (11)	20.4 (3)	21.7 (3)	19.8 (3)	17.8 (3)	15.9 (3)
5_T-31_6	1100 (52)	1090 (25)	1050 (49)	20.3 (4)	21.6 (4)	19.6 (4)	17.7 (4)	15.7 (4)
5_T-31_7	1120 (7)	1066 (4)	1065 (7)	23.6 (4)	24.9 (4)	22.9 (4)	21.0 (4)	19.0 (4)

Tabulka 18: Teploty a tlaky vypočtené pro granulitové granáty z lokalit Tř-1 a T-31 pomocí LA-ICP-MS.

Zrno	T [° C]				P [kbar]				
	Griffin, 1989	Canil, 1999	Ryan et al., 1996	Pyle&Spear, 2000	p ³⁸	p ³⁵	p ⁴⁰	p ⁴⁵	p ⁵⁰
1_Tr-1_3	655 (7)	805 (5)	629 (6)	605 (2)	14.3 (1)	15.5 (1)	13.6 (1)	29.0 (6)	27.0 (6)
1_Tr-1_4	657 (6)	806 (5)	631 (6)	614 (1)	14.8 (1)	16.0 (1)	14.1 (1)	28.5 (1)	26.6 (1)
1_Tr-1_5	661 (7)	809 (5)	635 (7)	609 (3)	15.5 (2)	16.8 (2)	14.9 (2)	28.2 (2)	26.2 (2)
2_Tr-1_1	659 (3)	808 (2)	633 (3)	601 (5)	14.9 (3)	16.1 (3)	14.2 (3)	12.2 (3)	10.3 (3)
2_Tr-1_2	654 (15)	804 (11)	628 (15)	602 (1)	14.2 (1)	15.5 (1)	13.5 (1)	11.6 (1)	9.6 (1)
2_Tr-1_3	656 (8)	806 (5)	630 (7)	599 (2)	14.3 (2)	15.5 (2)	13.6 (2)	11.7 (2)	9.7 (2)
2_Tr-1_4	661 (2)	809 (2)	634 (2)	619 (1)	14.9 (1)	16.1 (1)	14.2 (1)	12.3 (1)	10.3 (1)
2_Tr-1_5	655 (8)	805 (5)	628 (7)	609 (3)	14.9 (1)	16.2 (1)	14.2 (1)	12.3 (1)	10.4 (1)
2_Tr-1_6	657 (3)	806 (2)	631 (3)	606 (3)	14.4 (3)	15.7 (3)	13.8 (3)	11.8 (3)	9.9 (3)
3_Tr-1_1	649 (7)	801 (5)	623 (6)	595 (3)	14.1 (2)	15.4 (2)	13.4 (2)	11.5 (1)	9.5 (1)
3_Tr-1_2	649 (6)	801 (4)	624 (6)	586 (3)	15.3 (2)	16.5 (2)	14.6 (2)	12.6 (2)	10.7 (2)
3_Tr-1_5	680 (35)	821 (24)	652 (33)	600 (1)	14.5 (1)	15.8 (1)	13.8 (1)	11.9 (1)	10.0 (1)
3_Tr-1_6	660 (4)	808 (3)	633 (3)	604 (4)	14.6 (1)	15.8 (1)	13.9 (1)	12.0 (1)	10.0 (1)
5_T-31_3	664 (15)	811 (10)	637 (14)	609 (2)	15.4 (1)	16.7 (1)	14.7 (1)	12.8 (1)	10.8 (1)
5_T-31_8	667 (14)	813 (9)	640 (13)	609 (0)	14.2 (1)	15.4 (1)	13.5 (1)	11.6 (1)	9.6 (1)
5_T-31_9	668 (4)	814 (3)	641 (3)	605 (1)	14.2 (1)	15.5 (1)	13.5 (1)	11.6 (1)	9.7 (1)

Tabulka 18: Teploty a tlaky vypočtené pro granáty odlišující se od lherzolitových a granulitových na lokalitách Tř-1 a T-31 společně s eklogitovými granáty z Tř-1 z dat získaných pomocí LA-ICP-MS.

Zrno	T [° C]				P [kbar]				
	Griffin, 1989	Canil, 1999	Ryan et al., 1996	Pyle&Spear, 2000	P ³⁸	P ³⁵	P ⁴⁰	P ⁴⁵	P ⁵⁰
1_Tr-1_6	920 (20)	970 (10)	880 (20)	760 (10)	31.3 (3)	32.5 (3)	30.6 (3)	27.7 (4)	25.8 (4)
3_Tr-1_1	880 (50)	950 (30)	840 (50)	710 (1)	14.1 (2)	15.4 (2)	13.4 (2)	11.5 (1)	9.5 (1)
3_Tr-1_2	700 (40)	840 (30)	670 (40)	640 (1)	15.3 (2)	16.5 (2)	14.6 (2)	12.6 (2)	10.7 (2)
3_Tr-1_3	680 (30)	820 (20)	650 (30)	630 (1)	12.4 (1)	13.7 (1)	11.8 (1)	9.9 (1)	7.9 (1)
4_Tr-1_2	700 (40)	830 (30)	670 (40)	670 (1)	12.5 (1)	13.8 (1)	11.8 (1)	9.9 (1)	7.9 (1)
4_Tr-1_4	720 (50)	850 (40)	690 (50)	670 (5)	12.2 (0)	13.5 (0)	11.5 (0)	9.6 (0)	7.6 (0)
4_Tr-1_8	690 (60)	830 (40)	660 (60)	630 (1)	13.3 (1)	14.6 (1)	12.6 (1)	10.7 (1)	8.7 (1)

Tabulka 18: Teploty a tlaky počítané pro lherzolitové až pyroxenitové granáty z vrtnu T-7 z dat získaných pomocí EPMA.

Zrno	T [° C]				P [kbar]				
	Creighton (2009)	Griffin, 1989	Canil, 1999	Ryan et al., 1996	P ³⁸	P ³⁵	P ⁴⁰	P ⁴⁵	P ⁵⁰
1_T-7_A	980 (45)	944 (33)	1 243 (21)	897 (30)	22.6 (4)	23.9 (4)	22.0 (4)	20.0 (4)	18.1 (4)
1_T-7_B	860 (10)	878 (84)	1 199 (57)	836 (78)	29.3 (4)	30.5 (4)	28.6 (4)	26.6 (4)	24.7 (4)
1_T-7_C	1 000 (49)	956 (39)	1 250 (24)	908 (36)	23.5 (2)	24.8 (2)	22.8 (2)	17.5 (2)	15.6 (2)
1_T-7_D	900 (35)	898 (32)	1 214 (21)	854 (30)	28.0 (1)	29.2 (1)	27.3 (1)	23.2 (8)	21.3 (8)
1_T-7_E	920 (42)	944 (29)	1 243 (19)	897 (27)	22.9 (4)	24.2 (4)	22.2 (4)	20.3 (4)	18.4 (4)
1_T-7_F	890 (55)	878 (39)	1 200 (25)	836 (36)	24.7 (2)	25.9 (2)	24.0 (2)	19.8 (1)	17.9 (1)
2_T-7_A	990 (40)	958 (34)	1 252 (21)	910 (31)	20.2 (2)	21.5 (2)	19.6 (2)	17.6 (2)	15.7 (2)
2_T-7_C	950 (43)	916 (37)	1 225 (23)	871 (34)	21.2 (1)	22.4 (1)	20.5 (1)	18.6 (1)	16.6 (1)
2_T-7_D	1 000 (56)	961 (53)	1 254 (34)	913 (49)	21.1 (4)	22.3 (4)	20.4 (4)	18.4 (4)	16.5 (4)
2_T-7_G	940 (25)	913 (20)	1 224 (13)	868 (19)	21.5 (2)	22.8 (2)	20.9 (2)	18.9 (2)	17.0 (2)
2_T-7_I	1 010 (45)	971 (39)	1 260 (25)	922 (36)	20.2 (2)	21.5 (2)	19.5 (2)	17.6 (2)	15.7 (2)
2_T-7_J	950 (48)	924 (43)	1 230 (28)	879 (40)	20.6 (5)	21.9 (5)	19.9 (5)	18.0 (5)	16.0 (5)
3_T-7_B	960 (50)	992 (45)	1 273 (28)	941 (42)	19.8 (2)	21.1 (2)	19.1 (2)	17.2 (2)	15.3 (2)
3_T-7_D	910 (57)	939 (66)	1 239 (42)	892 (61)	19.9 (2)	21.1 (2)	19.2 (2)	17.3 (2)	15.3 (2)
3_T-7_F	980 (34)	1 004 (30)	1 280 (18)	952 (28)	19.9 (2)	21.1 (2)	19.2 (2)	17.2 (2)	15.3 (2)
3_T-7_H	990 (47)	1 000 (46)	1 277 (28)	948 (43)	19.8 (2)	21.0 (2)	19.1 (2)	17.2 (2)	15.2 (2)
3_T-7_O	980 (42)	1 006 (36)	1 281 (22)	954 (33)	19.7 (2)	21.0 (2)	19.0 (2)	17.1 (2)	15.2 (2)
3_T-7_I	990 (43)	1 001 (53)	1 278 (32)	949 (49)	19.7 (1)	21.0 (1)	19.1 (1)	17.1 (1)	15.2 (1)

Tabulka 18: Teploty a tlaky počítané pro eklogitové (2-2_T-7) a granulitové (2-4_T-7) granáty z dat získaných pomocí EPMA.

Zrno	T [° C]			P [kbar]				
	Griffin, 1989	Canil, 1999	Ryan, 1996	P ³⁸	P ³⁵	P ⁴⁰	P ⁴⁵	P ⁵⁰
2-2_T-7_A	830 (84)	1 167 (56)	791 (78)	11.4 (9)	12.7 (9)	10.7 (9)	8.8 (9)	6.9 (9)
2-2_T-7_B	913 (10)	1 222 (70)	868 (96)	12.1 (3)	13.4 (3)	11.4 (3)	9.5 (3)	7.6 (3)
2-2_T-7_C	957 (57)	1 251 (36)	909 (53)	12.1 (1)	13.3 (1)	11.4 (1)	8.0 (1)	6.0 (1)
2-2_T-7_D	916 (90)	1 224 (58)	871 (83)	12.0 (2)	13.3 (2)	11.4 (2)	9.4 (2)	7.5 (2)
2-2_T-7_E	960 (47)	1 253 (30)	911 (43)	12.2 (2)	13.5 (2)	11.5 (2)	8.9 (0)	7.0 (0)
2-2_T-7_K1	981 (47)	1 265 (29)	931 (43)	11.9 (2)	13.2 (2)	11.3 (2)	9.3 (2)	7.4 (2)
2-2_T-7_K2	868 (86)	1 193 (55)	826 (80)	12.2 (2)	13.5 (2)	11.5 (2)	9.6 (2)	7.7 (2)
2-4_T-7_A	523 (87)	937 (58)	503 (81)	12.9 (1)	14.1 (1)	12.2 (1)	10.3 (1)	8.3 (1)
2-4_T-7_B	557 (92)	964 (71)	534 (86)	13.3 (5)	14.5 (5)	12.6 (5)	10.7 (5)	8.7 (5)
2-4_T-7_C	609 (61)	1 007 (49)	584 (58)	13.3 (2)	14.6 (2)	12.6 (2)	10.7 (2)	8.7 (2)
2-4_T-7_E	687 (43)	1 067 (34)	657 (41)	13.2 (2)	14.5 (2)	12.6 (2)	10.6 (2)	8.7 (2)
2-4_T-7_D	623 (42)	1 017 (32)	597 (40)	13.6 (2)	14.8 (2)	12.9 (2)	11.0 (2)	9.0 (2)
2-4_T-7_F1	657 (36)	1 045 (28)	629 (34)	13.4 (2)	14.7 (2)	12.8 (2)	10.8 (2)	8.9 (2)
2-4_T-7_F2	676 (38)	1 059 (29)	647 (36)	13.5 (2)	14.7 (2)	12.8 (2)	10.9 (2)	8.9 (2)