

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE

MINERALOGIE
BERYL-COLUMBITOVÝCH PEGMATITŮ
SEVEROVÝCHODNÍ ČÁSTI
ČESKÉHO MASIVU

diplomová práce

Veronika Štosová

Biologie – Geologie a ochrana životního prostředí (N1501)
prezenční studium

vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

listopad 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. RNDr. Jiřího Zimáka, CSc. a použila jsem pouze uvedenou literaturu.

.....

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří mi jakoukoli formou pomohli dokončit mou diplomovou práci.

Především děkuji vedoucímu práce doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc. za jeho obětavý a trpělivý přístup.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Veronika Štosová

Název práce: Mineralogie beryl-columbitových pegmatitů severovýchodní části Českého masivu

Typ práce: diplomová

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

Rok obhajoby práce: 2009

Abstrakt: Práce se zabývá mineralogií beryl-columbitových pegmatitů na lokalitách Bienergraben a Oplustilberg u Sobotína a Lysá hora u Maršíkova. Na základě získaných výsledků jsou studované pegmatity srovnávány navzájem a též s beryl-columbitovým pegmatitem na lokalitě Dämmbaude u Branné.

Klíčová slova: beryl-columbitový pegmatit, silezikum, mineralogie

Počet stran: 61

Počet příloh: 1 (CD-ROM)

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Veronika Štosová

Title: Mineralogy of beryl-columbite pegmatites of the northeastern part of the Bohemian Massif

Type of thesis: master

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

The year of presentation: 2009

Abstract: The thesis deals with mineralogy of beryl-columbite pegmatites at localities Bienergraben and Oplustilberg near Sobotín and Lysá hora near Maršíkov. Based on the gained results are researched pegmatites compared each to other and also to beryl-columbite pegmatite at the locality Dämmbaude near Branná.

Keywords: beryl-columbite pegmatite, Silesicum, mineralogy

Number of pages: 61

Number of appendices: 1 (CD-ROM)

Language: Czech

OBSAH

1. Úvod.....	6
2. Pracovní metody	7-9
3. Obecná charakteristika granitických pegmatitů	10-13
4. Granitické pegmatity Českého masivu	14
5. Beryl-columbitové pegmatity silezika	15-18
6. Výsledky mineralogického studia materiálu z vybraných lokalit	19
6. 1. Lokalita Bienergraben u Sobotína	19-28
6. 2. Lokalita Oplustilberg u Sobotína	29-42
6. 3. Lokalita Lysá hora u Maršíkova.....	43-54
7. Diskuze	55-58
8. Závěr	59
9. Literatura	60-61

1. ÚVOD

Pro svou diplomovou práci jsem si vybrala téma „Mineralogie beryl-columbitových pegmatitů severovýchodní části Českého masivu“.

Cílem mé diplomové práce je detailní charakteristika minerálů beryllia na vybraných lokalitách na základě studia výbrusů a výsledků WDX analýzy.

Součástí mé bakalářské práce je jak literární rešerše, tak i terénní výzkum a laboratorní zpracování odebraného materiálu. Především se věnuji beryl-columbitovému pegmatitu na lokalitě Bienergraben u Sobotína, která dosud nebyla mineralogicky podrobně zhodnocena. Práci jsem si proto dovolila obohatit i výzkumem minerálů skupiny columbitu. Celá práce je doplněna fotodokumentací jednak stavu lokalit, ale také mikrofotografiemi výbrusů z odebraných vzorků. V práci provádím srovnání dvou významných beryl-columbitových pegmatitů v sileziku, a to lokality Dämmbaude u Branné a mnou studované lokality Bienergraben.

2. PRACOVNÍ METODY

Počáteční fází mé diplomové práce byla literárně rešeršní příprava, v níž jsem se zabývala jak granitickými pegmatity obecně, a to jejich vznikem, nerostným složením a rozšířením v Českém masivu, tak zejména beryl-columbitovým pegmatitům silezika.

V rámci terénních prací jsem navštívila a dokumentovala zájmové lokality. Konkrétně lokalitu Bienergraben a Oplustilberg u Sobotína a Lysou horu u Maršíkova. Zde byla provedena geologická dokumentace, fotodokumentace a odběr vzorků, jež mohly být použity ke zhotovení leštěných výbrusů (p. Jiřím Povolným, MU Brno).

Hlavní součástí práce byl laboratorní výzkum, během něhož jsem zkoumala zhotovené výbrusy na polarizačních mikroskopech Olympus BX41 a BX50. Na mikroskopu Olympus BX50 byla zhotovena i fotodokumentace pomocí fotoaparátu C – 7070.

Chemismus jednotlivých minerálů byl studován vlnově disperzní analýzou (WDX) na elektronové mikrosondě Cameca SX100 (analytik RNDr. Radek Škoda, PhD., PŘF MU Brno). Na téže přístroji byly pořízeny i snímky BSE (ve zpětně odražených elektronech).

WDX analýzy byly provedeny za těchto podmínek:

Lokalita Bienergraben

Granát: průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 15keV, 20nA, použité standardy: hornblend (Ti), chromit (Cr), andradit (Ca, Fe), rhodonit (Mn), albit (Na), sanidin (K, Si, Al), apatit (P), MgAl_2O_4 (Mg), YAG (Y).

Columbit: průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 15keV, 20nA, použité standardy: $\text{Cr}_2\text{Ta}_2\text{O}_6$ (Ta), andradit (Ca, Si), columbit-Ivigtut (Nb, Fe), Sn (Sn), TiO (Ti), rhodonit (Mn), U (U), Bi (Bi), W (W), YAG (Y), zirkon (Zr), $\text{ScP}_5\text{O}_{14}$ (Sc), Hf (Hf), chromit (Al), olivín (Mg), Th (Th).

Zirkon: Průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 15keV, 40nA, použité standardy:

augit (Si), zirkon (Zr), almandin (Al), apatit (P), ThO_2 (Th), U (U), HfO_2 (Hf), andradit (Fe), rhodonit (Mn), YAG (Y), topaz (F), $\text{YbP}_5\text{O}_{14}$ (Yb), $\text{ScP}_5\text{O}_{14}$ (Sc), columbit-Ivigtut (Nb), Ta_2O_5 (Ta).

Lokalita Oplustilberg

Slídy: průměr svazku $5\mu\text{m}$, 15keV, 10nA, použité standardy: vanadinit (Cl), benitoit (Ba), hornblend (Ti), andradit (Mn), spessartin (Mn), gahnit (Ni), Ni (Ni), chromit (Cr), topaz (F), sanidin (K, Si, Al), fluorapatit (P), Albit A (Na), MgAl_2O_4 (Mg).

Zirkon: průměr svazku 5 μ m, 15keV, 10nA, použité standardy: titanit (Si, Ti), zirkon (Zr), HfO₂-5 (Hf), AYG (Y), sanidin (Al), fluorapatit (P), ThO₂ (Th), U (U), andradit (Fe), rhodonit (Mn), InAs (As), topaz (F), columbit-Ivigtut (Nb), Bi (Bi), ScVO₄ (Sc), vanadinit (Cl), W (W).

Živce: průměr svazku 5 μ m, 15keV, 10nA, použité standardy: andradit (Fe, Ca), baryt (Ba), fluorapatit (P), NaCl (Cl), albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), SrSO₄ (Sr), PbS (Pb).

Titanit: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), titanit (Si, Ca, Ti), sanidin (Al), zirkon (Zr), olivín (Mg), YGI (Y), Sn (Sn), columbit-Ivigtut (Nb), CrTaO₆ (Ta), W (W), andradit (Fe), rhodonit (Mn), Bi (Bi), chromit (Cr), topaz (F), ScP₅O₁₄ (Sc).

Columbit: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: Ta₂O₅ (Ta), andradit (Ca, Si), columbit-Ivigtut (Nb), TiO (Ti), Sn (Sn), almandin (Fe), spessartin (Mn), U (U), Bi (Bi), W (W), YAG (Y), zirkon (Zr), ScVO₄ (Sc), chromit (Cr), olivín (Mg), fluorapatit (P), Sb (Sb), PbSe (Pb), InAs (As).

Mikrolit: průměr svazku 1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), YAG (Y), Cr₂Ta₂O₆ (Ta), zirkon (Zr), sanidin (Al, Si, K), andradit (Ca), ScPO₄ (Sc), TiO (Ti), rhodonit (Mn), columbit-Ivigtut (Nb), U (U), ThO₂ (Th), Sn (Sn), W (W), LaB₆ (La), CeAl₂ (Ce), PrF₃ (Pr), SmF₃ (Sm), NdF₃ (Nd), GdF₃ (Gd), REE-4 (Dy), YErAG (Er), YbGI (Yb), MgAl₂O₄ (Mg), topaz (F), EuF₃ (Eu), fluorapatit (P), vanadinit (Pb).

Lokalita Lysá hora

Nb-Ta-Ti-REE: průměr svazku 2 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), YAG (Y), Cr₂Ta₂O₆ (Ta), zirkon (Zr), sanidin (Al, Si, K), andradit (Ca), ScPO₄ (Sc), TiO (Ti), rhodonit (Mn), columbit-Ivigtut (Fe, Nb), U (U), ThO₂ (Th), Sn (Sn), W (W), LaB₆ (La), CeAl₂ (Ce), PrF₃ (Pr), SmF₃ (Sm), NdF₃ (Nd), GdF₃ (Gd), REE-4 (Dy), YErAG (Er), YbGI (Yb), MgAl₂O₄ (Mg), topaz (F), EuF₃ (Eu), fluorapatit (P), vanadinit (Pb).

Monazit: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: fluorapatit (P), brabantit (Ca, Th), LaB₆ (La), CeAl₂ (Ce), U (U), PbS (Pb), YAG (Y), spessartin (Si), almandin (Al), DyPO₄ (Dy), PrF₃ (Pr), NdF₃ (Nd), GdF₃ (Gd), SmF₃ (Sm), YErAG (Er), baryt (S), EuPO₄ (Eu), rhodonit (Mn), andradit (Fe), InAs (As), topaz (F), ScVO₄ (Sc), SrSO₄ (Sr), zirkon (Zr).

Nb-Ta oxidy: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: Ta₂O₅ (Ta), andradit (Ca, Si), columbit-Ivigtut (Nb, Fe), TiO (Ti), Sn (Sn), spessartin (Mn), U (U), Bi (Bi), W (W), YAG (Y), zirkon (Zr), ScVO₄ (Sc), chromit (Al), olivín (Mg), fluorapatit (P), Sb (Sb), PbSe (Pb), InAs (As).

Rutil: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: olivín (Mg), titanit (Si, Ti, Ca), sanidin (Al), zirkon (Zr), YGI (Y), Sn (Sn), chromit (Cr), almandin (Fe), spessartin (Mn), W (W), PbS (Pb), columbit-Ivigtut (nb), U (U), ScVO₄ (Sc), Cr₂Ta₂O₆ (Ta), gahnit (Zn), Ni (Ni).

Živce: průměr svazku 5 μ m, 15keV, 10nA, použité standardy: andradit (Fe, Ca), baryt (Ba), fluorapatit (P), NaCl (Cl), albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), SrSO₄ (Sr), PbS (Pb).

Granát: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: hornblend (Ti), chromit (Cr), apatit (P), albit A (Na), spessartin (Si, Mn), sanidin (Al, K), MgAl₂O₄ (Mg), YAG (Y), topaz (F), almandin (Fe), Ni (Ni), andradit (Ca).

Nb-Ti-U: průměr svazku 2 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), Ta₂O₅ (Ta), andradit (Ca, Si), columbit-Ivigtut (Nb, Fe), TiO (Ti), Sn (Sn), spessartin (Mn), U (U), brabantit (Th), Bi (Bi), W (W), YAG (Y), zirkon (Zr), ScVO₄ (Sc), chromit (Al), olivín (Mg), fluorapatit (P), Sb (Sb), PbSe (Pb), InAs (As), CeAl₂ (Ce).

Slídy: průměr svazku 5 μ m, 15keV, 10nA, použité standardy: vanadinit (Cl), benitoit (Ba), hornblend (Ti), almandin (Fe), spessartin (Mn), gahnit (Ni), Ni (Ni), chromit (Cr), topaz (F), sanidin (K, Al, Si), andradit (Ca), fluorapatit (P), MgAl₂O₄ (Mg), albit A (Na).

Reprezentativní vzorky z určitých jednotek pegmatitů o hmotnosti cca 1kg byly homogenizovány a zaslány do laboratoří ACME ve Vancouveru ke stanovení jak makroelementů, tak relativně širokého spektra mikroelementů.

3. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA GRANITICKÝCH PEGMATITŮ

Vznik granitických pegmatitů

Granitické pegmatity patří mezi magmatické horniny a z hlediska jejich uložení můžeme hovořit o horninách žilných. Kromě krystalizace z magmatické taveniny se u pegmatitů uplatňují procesy metasomatózy a krystalizace z fluid.

Na vznik pegmatitů existuje několik hypotéz, z nichž nejlépe je propracována magmatická hypotéza, která předpokládá vznik pegmatitu postupnou krystalizací ze zbytkového magmatu.

Oproti tomu další hypotéza – magmaticko-metasomatická – uvažuje o vzniku pegmatitů ve dvou oddělených fázích, přičemž během metasomatické fáze dochází k zatlačování magmatických produktů mladšími minerály. V této hypotéze se nejdříve jedná o polouzavřenou soustavu a později o soustavu otevřenou.

Třetí je hydrotermálně-metasomatická hypotéza, která je zcela odlišná od předchozích a uvažuje o vzniku pegmatitů prakticky z jakýchkoli hornin jejich rekrystalizací vyvolanou hydrotermálními roztoky. Takto vzniklé pegmatity mohou být později ovlivněny metastatickými procesy.

V neposlední řadě je zde hypotéza metamorfní. Podle ní jsou pegmatity produktem regionální metamorfózy. Vznikají buď působením metamorfogenních roztoků, nebo z anatektických magmat.

Všechny čtyři hypotézy jsou reálné a můžeme tedy říct, že ke vzniku pegmatitů může docházet porozdílných procesech v závislosti na geologických podmínkách (podle Zimáka, 2001).

Stavba granitických pegmatitů

Pegmatity tvoří zpravidla žilná tělesa, popřípadě tělesa čočkovitého či hnízdovitého tvaru, v závislosti na podmínkách vzniku. Charakteristická je pro ně zonální stavba. Jednotlivé zóny (jednotky) se liší mineralogickým složením, velikostí zrn i texturou. Mohou se vyskytovat jako souvislé nebo jen jako nepravidelné partie. Nejhojněji se vyskytují směrem do středu granitická zóna, grafická zóna, bloková zóna a křemenné jádro (Novák 2005). Mezi nimi se ovšem mohou objevovat i další jednotky (např. aplitická). Vzhledem k tomu, že v řadě pegmatitů jsou výše zmiňované texturně a mineralogicky odlišné horniny uspořádány

spíše v nepravidelných partích, je pro ně používán termín texturně – paragenetické jednotky (Novák 2005).

Klasifikace granitických pegmatitů

Současná klasifikace granitických pegmatitů byla vypracována před cca 20 lety prof. Černým a jeho kolektivem (např. Černý 1991a,b). Pegmatity jsou děleny do 6 základních tříd, v rámci nichž může být vyčleňováno několik podtypů, které se liší převážně svým nerostným složením (viz tabulka 1 a 2).

Tab. 1. Klasifikace granitických pegmatitů (Černý 1991a). Novákem (2005) modifikováno zařazením nové skupiny a subtypů označených kurzívou. (Pegmatity studované oblasti zvýrazněny).

Třída	Subtyp	Typické minerály
Abysální	<i>dumortieritový</i>	dumortierit, turmalín (olenit, skoryl), muskovit
<i>Skupina subabysální</i>	<i>cordieritový</i>	cordierit, turmalín (dravit, skoryl), biotit
	<i>turmalínový</i>	turmalín (dravit, skoryl), apatit, cordierit
	<i>andalusitový</i>	andalusit, apatit, turmalín
Muskovitová		muskovit
Muskovitová – vzácných prvků		muskovit, beryl, spodumen
Vzácných prvků	viz tab. 2	viz tab. 2
Miarolitická		

Tab. 2. Klasifikace granitických pegmatitů třídy vzácných prvků (Černý 1991a, pegmatity vzácných zemin členěny podle Wise 1999). Novákem (2005) modifikováno zařazením nového typu a subtypů označených kurzívou. (Pegmatity studované oblasti vyznačeny).

Typ	Subtyp	Typické minerály
Primitivní	turmalínový	Turmalín (skoryl, foitit), apatit, ilmenit, granát
	andalusitový	Andalusit, turmalín, ilmenit, muskovit
	fosfátový	Triplit, zwieselit, trifylín, turmalín, ixiolit
Vzácných zemin	Allanitový	Allanit, fluorit, monazit, magnetit
	Euxenitový	Euxenit, aeschynit, allanit, monazit, zirkon, xenotim, ilmenit, (beryl)
	gadolinitový	Gadolinit, fergusonit, allanit, xenotim, samarskit, euxenit, aeschynit, zirkon, (beryl)
Berylový	Beryl-columbitový	Beryl, columbit, niobový rutil
	Beryl-columbit-fosfátový	Beryl, columbit-tantalit, trifylín, triplit, zwieselit
Komplexní Li	spodumenový*	Spodumen, beryl, tantalit, amblygonit, montebrasit, kassiterit, trilithionit, polucit,
	Petalitový	Petalit, beryl, trilithionit, elbait, polucit, amblygonit, montebrasit, manganocolumbit, manganotantalit, kassiterit
	Lepidolitový	Trilithionit, polyolithionit, elbait, beryl, amblygonit, spodumen, petalit, mikrolit, topaz, polucit, kassiterit, manganocolumbit, manganotantalit, stibiotantalit
	elbaitový	Elbait, liddicoatit, beryl, polyolithionit, hambergit, kassiterit, danburit, rhodizit, manganocolumbit, spodumen, petalit
	amblygonitový	Amblygonit, montebrasit, beryl, trifylín, tantalit, kassiterit
Albit-spodumenový		Spodumen, kassiterit, beryl, tantalit, apatit, columbit
Albitový		Tantalit, beryl, kassiterit

*není znám z území České republiky

Předešlé členění pegmatitů do tříd je spíše deskriptivní. Pegmatity třídy vzácných prvků a mikrolitické jsou v závislosti na chemické povaze mateřské granitické horniny klasifikovány do tří genetických skupin (Černý 1991a):

- **LCT** – typické prvky: **Li, Rb, Cs, Be, Sn, Zr, Hf, W, Ga, Ta**>Nb, F, B, P
- **NYF** – typické prvky: **Nb**>Ta, Ti, Be, **Y, Sc, REE, Zr, U, Th, F**
- **Mixed** – nese společné geochemické rysy jak LCT, tak i NYF skupin, s více či méně výraznou převahou jedné z nich, a pegmatity patřící do této skupiny jsou vzácné a většinou nejsou spolehlivě zařaditelné (Černý 1991a, 2000).

V tab. 3 je uveden přehled pegmatitů třídy vzácných zemi a pegmatitů mikrolitických s přihlédnutím k poměrům na území ČR.

Tab. 3. Přehled pegmatitů třídy vzácných prvků a mikrolitické třídy Českého masivu (klasifikace upravena podle Černý 1991 a Wise 1999). (Pegmatity studované oblasti zvýrazněny).

Typ	Subtyp	Typické příklady
NYF skupina		
Vzácných zemin	Alunitový	Chlumeck, Babice, Ruprechtice, Žulová, Brno
	Euxenitový	Třebíč, Kožichovice, Pozdátky, Vladislav, Klučov, Bochovice
	Gadolinitový	Vepice
LCT skupina		
Berylový	Beryl-columbitový	Písek, Údraž, Věžná, Drahonín I, Žďár nad Sázavou, Kovářová, Kostelní Vydří, Rudolfovo, Třebešice, Plaňany, Chrástřany, Budislav, Maršíkov, Šumperk, Branná
	Beryl-columbit-fosfátový	Kynžvart u Mariánských Lázní
Komplexní (Li)	Petalitový	Nová Ves u Českého Krumlova
	Lepidolitový	Rožná, Dobrá Voda, Dolní Bory, Laštovičky, Drahonín II, Radkovice, Sedlatice, Krasonice, Jeclov I, Puklice, Panská Lhota, Chvalovice, Sušice I
	Elbaitový	Řečice, Pikárec, Dolní Rožínka, Biskupice, Komárovice, Jeclov II, Vlastějovice, Bližná, Černá, Písek, Sušice III
Mixed skupina		
		Kracovice, Drahonín III a IV

4. GRANITICKÉ PEGMATITY ČESKÉHO MASIVU

Granitickým pegmatitům Českého masivu, jakožto hojně rozšířeným horninám, byla věnována pozornost především za strany mineralogů. Méně se jimi zabývali petrologové a geologové, a proto jsou naše znalosti o jejich geologické pozici, vztahu pegmatitů k mateřským granitickým horninám a ke geologickému vývoji oblasti, v nichž se vyskytují, poměrně malé (Novák 2005).

Nejen granitické pegmatity samotné, ale především jejich nejvíce frakcionované typy, představují nejvyšší stupeň diferenciacie granitických hornin. Poskytují tedy významné informace o trendech vývoje jednotlivých magmatických komplexů, popř. o jejich protolitech. Důležitou informaci o relativním stáří pegmatitů a jejich vztahu k tektonickým a metamorfním procesům určité oblasti podávají jak minerální asociace pegmatitů, tak jejich vztah k okolním magmatickým a metamorfovaným horninám, jenž je převážně diskordantní (Novák 2005).

Granitické pegmatity se vyskytují prakticky ve všech dílčích regionálních jednotkách Českého masivu. V rámci své diplomové práce se blíže zmiňuji o výskytu těchto pegmatitů v sileziku.

V sileziku byly popsány dvě odlišné populace granitických pegmatitů (Novák 2005). Jednu linii tvoří primitivní pegmatity prevariského stáří v oblasti Hrubého Jeseníku, které se vyznačují především hojným turmalínem, místy s granáty a jen velmi vzácně přítomností berylu a Nb, Ta-oxidů. Na rozdíl od druhého typu je pro ně typická vysoká aktivita B a velmi nízká aktivita P, F a Be >>> Li. (Poznámka: beryl zjištěn pouze na lokalitě Vidly – Aichler et al. 1986). Tento typ pegmatitů je řazen do třídy muskovitové a tyto pegmatity jsou podle Nováka (2005) metamorfně deformovány.

Linií druhou jsou mladší variské beryl-columbitové pegmatity náležející třídě vzácných prvků. Ty jsou známy hlavně z okolí Maršíkova, Sobotína, Šumperku a Branné. Patří sem i pegmatity z mých zájmových lokalit (Bienergraben, Oplustilberg, Lysá hora). Rovněž podlely metamorfóze, v některých případech až v sillimanitové zóně (lokalita Schinderhübel u Maršíkova). U tohoto typu je velmi pravděpodobné genetické sepětí s variskými granitoidy silezika. Stáří pegmatitů je odvozeno z radiometrických měření pegmatoidního granitu z Čertových kamenů u Jeseníku (334 Ma) – Novák (2005).

Pro oblast silezika jsou typické LCT pegmatity s hojnými Be-minerály, na druhou stranu Li-minerály zcela chybí. Ať už jde o pegmatity prevariské či variské beryl-columbitové pegmatity, tak jsou to jediné výskyty těchto typů na území České republiky (Novák 2005).

5. BERYL – COLUMBITOVÉ PEGMATITY SILEZIKA

Beryl-columbitové pegmatity jako subtyp spadají do třídy vzácných prvků. Ta je sama o sobě velmi mnohotvárná a také nejdetailněji studovaná. Jde o horniny vystupující hlavně v metamorfovaných komplexech facie zelených břidlic až amfibolitové facie. Z mineralogického hlediska jsou velmi pestré, neboť vedle typických minerálů jako je křemen, K-živec či albit, jsou tvořeny také řadou akcesorických minerálů, např. beryl, lepidolit, columbit-tantalit, zirkon, apatit, topaz, REE-minerály a mnohé další. Vyskytují se buď jako drobná, nebo i prostorově rozsáhlá tělesa (Novák 2005).

Pro silezikum jsou charakteristické berylové pegmatity bez turmalínu, které se vyskytují jako poměrně jednoduché muskovitové pegmatity s hojným granátem (almandin – spessartin) a akcesorickými minerály – columbit, zirkon, apatit, gahnit (Branná, Loučná – Novák et al. 2003b, 2005). Oproti tomu se objevují i poměrně silně frakcionované žíly s granátem (spessartin – almandin) a dalšími akcesorickými minerály jako je ferrotapiolit, rynersonit, minerály skupiny mikrolitu, topaz, triplit, ryzí bismut, turmalín a chryzoberyl (Maršíkov – Scheibegraben, Schinderhübel). Zcela typická je přítomnost sekundárních Be-minerálů – bavenit, bertrandit, milarit a euklas (Pokorný a Staněk 1951).

Metamorfní postižení se u pegmatitů Hrubého Jeseníku projevuje výrazným usměrněním muskovitu, hlavně v okrajových zónách (Novák 2005).

Jak již bylo zmíněno, berylové pegmatity se v oblasti Hrubého Jeseníku vyskytují zejména s. a sv. od Šumperku (Ostředek, Velké Losiny, Loučná nad Desnou – např. Procházka 1966, Kruťa 1966, Novák 1988), dále v okolí Sobotína (Maršíkov, Štětínov, Vernířovice, Petrov nad Desnou – např. Pokorný a Staněk 1951, Dostál 1964, 1966, Staněk 1981, Novák 1988, Černý et al. 1992, 1995, Novák et al. 1994, 2003). Další nálezy berylových pegmatitů jsou v oblasti kolem Jeseníku (Adolfovice, Česká Ves, Salisov, Ondřejovice – Čech 1963, Kruťa 1973, Novák 1988, 2005). A mimo jiné je berylový pegmatit doložen rovněž z lokality Dämmbaude u Branné (Burkart 1953, Novák et al. 2003) a Videl pod Pradědem (Aichler et al. 1986).

Beryl-columbitový pegmatit z Branné

Lokalita Dämmbaude leží přibližně 5 km sv. od železniční zastávky Branná, ve stráni levého břehu říčky Branná. Pegmatit se nachází v hustě zalesněném terénu. V okolí starých průzkumných prací v prostoru lokality se vyskytují hojné bloky pegmatitu o velikosti až 2 m, fragmenty pegmatitu jsem našla i kolem lesní cesty. Nacházejí se rovněž v pramenné

oblasti říčky Branná. První zmínku o berylových pegmatitech z Branné uvádí von Rath (1880) a Neuwirth (1900). Podrobně tuto lokalitu studovali Novák et al. (2003).

Pegmatit proniká středně zrnitými dvojslídnyými rulami a nejspíš i kvarcity. Jeho kontakt s okolní horninou je ostrý a v kontaktní zóně se vyskytuje vzácný turmalín. Těleso o mocnosti 0,5 – 1,5 m a délce okolo 100 m je uloženo konkordantně s foliací okolních hornin a směr žíly je zhruba SZ – JV (podle Nováka et al. 2003).

Pegmatitová žíla má zonální stavbu, avšak texturní jednotky jsou rozmístěny poněkud nepravidelně. Novák et al. (2003) rozlišuje tři texturně-paragenetické jednotky:

1. blokový K-živce – mezi zrny živce je malé množství křemene a lupeny muskovitu, jen místy je muskovit hojný, vyskytují se zde vzácné dutinky, akcesoricky přítomen beryl, vzácně columbit a zcela výjimečně granát a turmalín;
2. cukrovitý albit – jemně zrnité agregáty složené převážně z albitu a malého množství křemene a muskovitu, proniká blokovým K-živcem jako žilné agregáty o mocnosti 10 – 30 cm, akcesorickými minerály jsou granát, apatit a výjimečně columbit;
3. křemen-muskovitová jednotka – objevuje se na kontaktu s okolní horninou, je složena z hrubě lupenitého muskovitu a křemene, místy obsahuje izolované krystaly K-živce, usměrnění muskovitu odpovídá foliaci okolních rul; výjimečně byl zjištěn beryl, granát a columbit.

Největší část žíly je tvořena K-živcem, který je zatlačován cukrovitým albitem a křemen-muskovitovou jednotkou. Vztah mezi těmito dvěma jednotkami je nejasný, ale zdá se, že cukrovitý albit je starší. V pegmatitu nebyly nalezeny texturně-paragenetické jednotky typické pro grafické pegmatity (např. blokový křemen, grafický pegmatit).

Detailní mineralogické hodnocení lokality Dämmbaude podává Novák et al. (2003). Podle těchto autorů je vedle živců a křemene nejhojnějším minerálem muskovit. Na lokalitě se vyskytuje v několika texturních a paragenetických typech:

- muskovit I – tvoří světle šedé lupeny a lupenité agregáty v blokovém K-živci o velikosti až několik cm,
- muskovit II – charakteristický pro křemen-muskovitovou jednotku, vznikl pravděpodobně zatlačením K-živce při metamorfóze a je ve formě světle šedých lupenů velkých až 5 cm; často vykazuje orientaci shodnou se slídkami okolních hornin,
- muskovit III – objevuje se v podobě žlutozelených lupínků s velikostí do 3 mm, a to na puklinách K-živce (nejspíš hydrotermální vznik).

Beryl zde vytváří stébelnaté agregáty z nedokonale vyvinutých sloupcovitých krystalů dosahující velikosti až 8 cm. Jeho barva je špinavě šedá, někdy až nazelenalá a nažloutlá.

Vzácný je v cukrovitém albitu a muskovitu. Vyskytuje se hlavně v blokovém K-živci. Ojedinele byly v berylu zjištěny inkluze gahnitu a Nb, Ta-oxidů. Obsahuje také malé množství FeO a Na₂O.

Granát náleží spíše k vzácným minerálům a jedná se o almandin-spessartin. Jeho izolovaná zrna byla zjištěna v blokovém K-živci a křemeni ve velikosti do 3 mm a je relativně bohatý Mn. Hojněji je granát v cukrovitém albitu, kde zrna dosahují velikosti až 1 mm a bývají zpravidla uspořádaná do proužků. Velice vzácný je granát z křemen-muskovitové jednotky, který má v některých případech okraje bohaté Mn a často bývá prostoupen tabulkami chloritizovaného biotitu.

Turmalín se objevuje v podobě černých sloupcovitých agregátů, dlouhých až 3 cm, v blokovém K-živci, často v blízkosti kontaktu s okolní horninou. Byla zjištěna i inkluze automorfně omezeného ferrocolumbitu. Dále se vyskytuje na kontaktu a v málo mocných diskordantních odžilcích. Složení je silně variabilní, turmalín z K-živce odpovídá skorylu, výjimečně až Fe-dravitu chudému Ca. Z oblasti kontaktní zóny odpovídá turmalín Fe-dravitu bohatému Ca.

Biotit vzácně tvoří chloritizované lupínky v granátu z křemen-muskovitové jednotky.

Gahnit byl zjištěn jako inkluze s vysokým obsahem Fe a nízkým obsahem Mg v berylu. Může se také vyskytovat v podobě drobných zrněk uspořádaných do proužků v cukrovitém albitu.

Apatit se nachází jako světle modrozelená zrna až 4 mm velká v cukrovitém albitu, dále je mikroskopicky přítomen v blokové zóně a ve formě inkluzí v berylu. Někdy je bohatý Mn.

Zirkon doprovází turmalín a columbit-tantalit. V asociaci s columbitem obsahuje až 5,95 hm. % HfO₂ a nízké obsahy U, P a Th.

Uraninit byl zjištěn v columbit-tantalitu a zirkonu jako mikroskopické inkluze.

Bismut, jehož mikroskopická zrna se vyskytují v asociaci s turmalínem, byl zjištěn v blokovém K-živci.

Columbit-tantalit je vedle granátu a berylu nejhojnějším akcesorickým minerálem. Černé krystaly, tenké až tlustě tabulkovité, nebo nepravidelná zrna až 15 mm velká se vyskytují především v blokovém K-živci, vzácně však také v cukrovitém albitu a křemen-muskovitové jednotce, výjimečně i přímo na kontaktu. Složení kolísá v poměrně širokém intervalu s výraznou převahou ferrocolumbitu. Případně spadá do pole ferrotantalitu a manganocolumbitu. Zvýšený je obsah minoritních prvků, nejvíce potom Ti, Fe³⁺, malé množství Sn a W.

Niobový rutil tvoří pouze mikroskopická zrna blízko turmalínu z blokového K-živce. Nb mírně převládá nad Ta.

Rynersonit-fersmit? – tomuto složení odpovídají zrna z dutiny berylu, ty obsahují v podstatném množství Ta a Nb (zhruba ve stejném množství), Ti a Ca a jako vedlejší Th, Y, U a REE. Tato zrna nelze přesně určit bez strukturního studia.

Mikrolit, jehož inkluze v columbit-tantalitu dosahují velikosti do 0,1 mm, byly zjištěny v blokovém K-živci. Plumbomikrolit tvoří lemy kolem těchto inkluzí nebo vyplňuje drobné trhlinky v columbit-tantalitu.

6. VÝSLEDKY MINERALOGICKÉHO STUDIA MATERIÁLU Z VYBRANÝCH LOKALIT

6. 1. LOKALITA BIENERGRABEN U SOBOTÍNA

Kretschmer (1895) se jako první zmiňuje o pegmatitu z lokality Bienergraben. Jeho stručná mineralogická charakteristika je posléze uvedena v další práci tohoto autora (Kretschmer 1911). Makroskopicky zde byl pozorován křemen, muskovit, živce (perthitický mikroklin a oligoklas) a dále pak akcesoricky granát, spinel (zřejmě gahnit) a rovněž beryl - podle Kretschmera (1911) jde o nejkrásnější krystaly berylu z okolí Sobotína a Maršíkova. Později byla řada akcesorických minerálů rozšířena o apatit a columbit (Kruťa et al. 1968).

Podle současných poměrů na lokalitě není možno stanovit mocnost pegmatitového tělesa. V literatuře je však uváděna jako 2 – 3 m (Kretschmer 1911, Kruťa et al. 1968) nebo 4 m (Novák 1988). Nynější stav lokality je dokumentován na obr. 1 a 2. Pegmatit prochází rulou a jeho dva výchozy, v nichž je odkryt v mocnosti cca 60 cm, jsou nad levým břehem potůčku protékajícího na dně rokle, odkud byla odebrána většina vzorků.

Obr. 1. Lokalita Bienergraben, foto Veronika Štosová, duben 2006



Obr. 2. Výchozy na lokalitě Bienergraben, foto Veronika Štosová, říjen 2006



Podle fragmentů pegmatitu na lokalitě a ze stávajících výchozů je zřejmé, že v tomto pegmatitovém tělese jsou zastoupeny tři texturně-paragenetické jednotky:

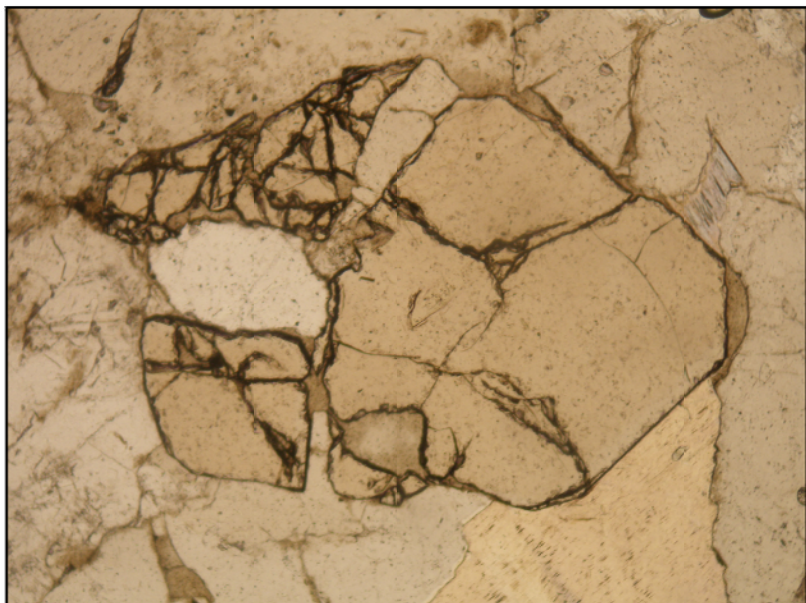
1. hrubě zrnitá živec-křemen-muskovitová jednotka
2. grafická jednotka
3. blokový K-živec (perthitický mikroklin, individua o velikosti až 12 cm)

Blokový K-živec a grafická jednotka zde pravděpodobně tvoří jen hnízda relativně malých rozměrů v hrubě zrnitém živec-křemen-muskovitovém pegmatitu, nikoli však souvislé zóny.

Zjevně převažuje hrubě zrnitá živec-křemen-muskovitová jednotka, která je tvořena křemenem šedavé barvy, hrubě lupenitým muskovitem, perthitickým K-živcem (mikroklinem) a poměrně hojnými xenomorfními zrny polysynteticky lamelovaného albitu (bazicita An_{01-02} byla stanovena na základě WDX analýz). Akcesoricky se běžně objevuje granát tvořící makroskopicky červená, ve výbrusech bezbarvá xenomorfní zrna o velikosti do 5 mm, často i hypidiomorfní individua velikosti do 1 mm.

Výsledky WDX analýz granátu (tab. 4) prokázaly, že jde o granát s výraznou převahou spessartinové složky nad složkou almandinovou ($Sps_{70-72}Alm_{26-27}Adr_{03-04}Prp_{01-02}$) – výsledky přepočtu analýz na jednotlivé složky jsou uvedeny v tab. 5. Granáty vykazují pro pegmatity zcela obvyklou chemickou zonálnost, i když ne příliš výraznou: v centru granátu je vyšší podíl manganu než v jeho okrajových partiích (anal. č. 3 až 5 představují výsledky 3 bodových analýz provedených na hypidoimorfním průřezu granátem, a to ve směru od středu individua (anal. č. 3) k jeho okraji (anal. č. 5)

Obr. 3. Hypautomorfní zrna granátu z křemen-živec-muskovitové jednotky, lokalita Bienergraben, výbrus, PPL, šířka snímku 1,8 mm.



Tab. 4. Chemické složení granátu z lokality Bienergraben, WDX, výsledky v hm.%, normalizace na 12 at. O a suma $R^{3+} = 2$

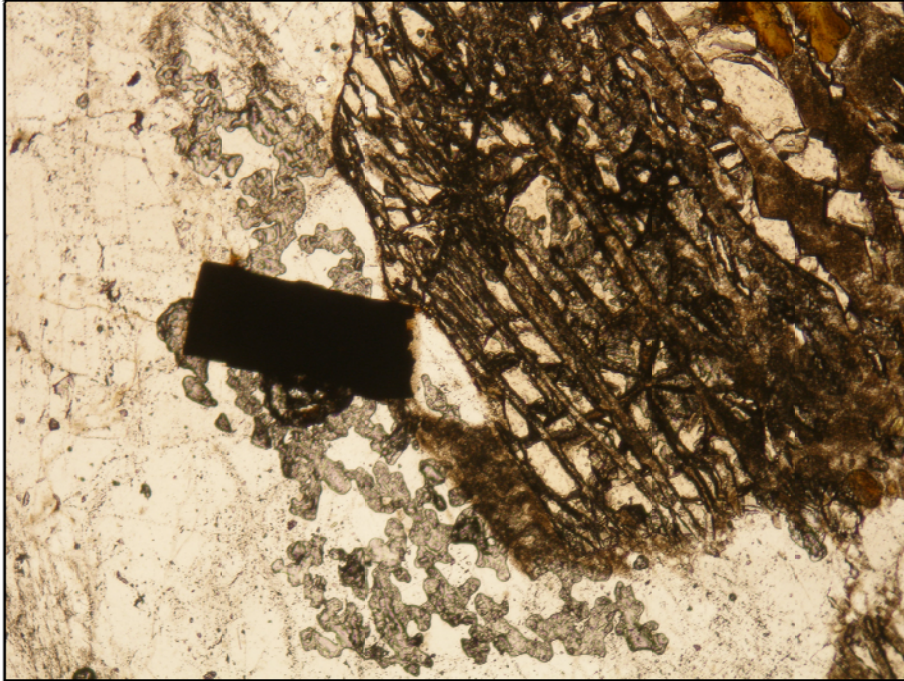
	1	2	3	4	5
SiO ₂	36,31	35,61	35,85	35,63	36,03
TiO ₂	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
P ₂ O ₅	0,17	0,18	0,24	0,26	0,23
Al ₂ O ₃	19,81	19,36	19,94	19,96	19,82
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,01	0
Y ₂ O ₃	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.
Sc ₂ O ₃	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.
Fe ₂ O ₃	1,47	1,38	1,26	1,06	1,49
FeO	11,34	11,05	11,61	11,63	12,10
CaO	0,45	0,42	0,40	0,46	0,44
MnO	31,16	29,96	31,84	31,56	30,93
MgO	0,38	0,36	0,36	0,37	0,47
NiO	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.
K ₂ O	0,005	0	0,005	0,003	0,001
Na ₂ O	0,01	0,02	0,06	0,05	0,01
suma	101,18	98,43	101,64	101,07	101,60
počet kationů na 12 atomů kyslíku, suma $R^{3+} = 2,000$					
Si	2,970	2,986	2,932	2,929	2,943
Ti	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
P	0,012	0,013	0,017	0,018	0,016
Al	1,910	1,913	1,922	1,933	1,908
Cr	-	-	-	0,001	-
Sc	-	-	-	-	-
Fe ³⁺	0,090	0,087	0,078	0,066	0,092
Fe ²⁺	0,776	0,775	0,794	0,800	0,827
Ca	0,039	0,038	0,035	0,041	0,039
Mn	2,159	2,128	2,206	2,197	2,140
Mg	0,046	0,045	0,044	0,045	0,057
K	0,001	-	0,001	-	-
Na	0,002	0,003	0,010	0,008	0,002

Tab. 5. Zastoupení koncových členů (mol. %) v granátech z lokality Bienergraben (označení vzorků je shodné jako v tab. 4)

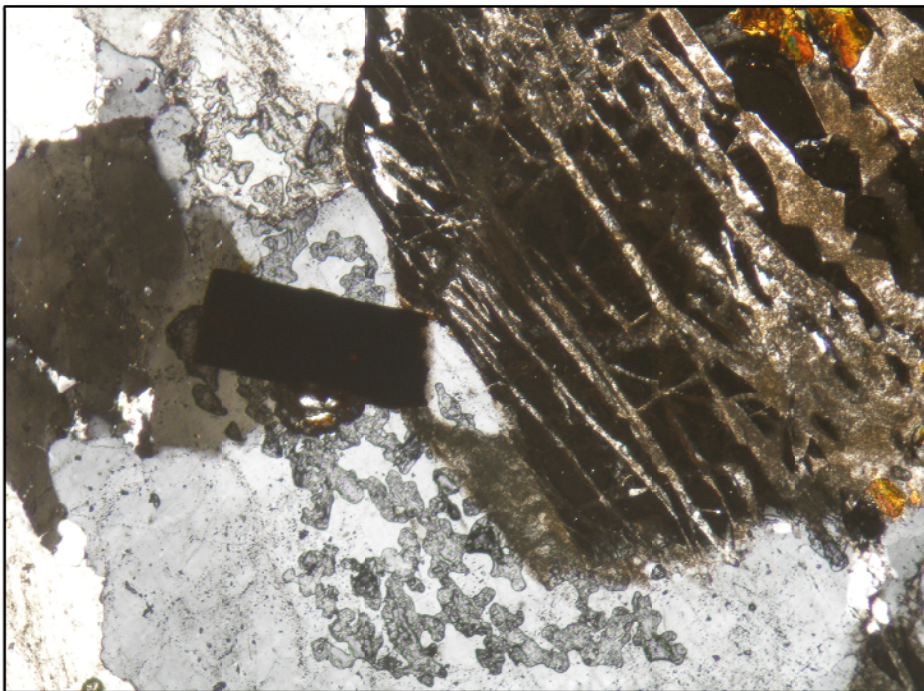
	1	2	3	4	5
Sps	71,50	71,27	71,64	71,28	69,88
Alm	25,66	25,96	25,79	29,94	26,99
Prp	1,53	1,51	1,43	1,47	1,87
Grs+Adr+Uvr	1,31	1,26	1,14	1,31	1,26

Dalším častým akcesorickým minerálem je columbit-tantalit. V hornině tvoří většinou krátce sloupcovité krystaly černé barvy o velikosti do 1 mm (viz obr. 4 a 5).

Obr. 4. Automorfní individuum columbit-tantalitu (opakní), vpravo granát, lokalita Bienergraben, výbrus, PPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 5. Automorfní individuum columbit-tantalitu (opakní), vpravo granát, lokalita Bienergraben, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.

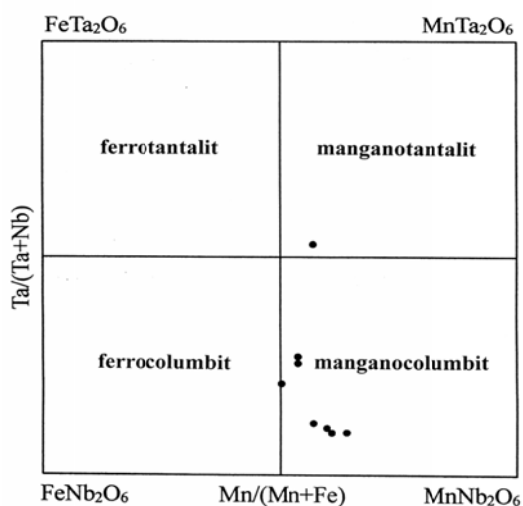


Z výsledků WDX analýz (tab. 6) je zřejmé, že jde převážně o manganocolumbit, v jediném případě o minerál na rozhraní mezi ferrocolumbitem a manganocolumbitem (anal.č. 7), v jednom případě o manganotantalit (anal. č. 13) – viz obr. 6. Poznámka: podle zcela nové nomenklatury minerálů skupiny columbitu jsou členy vyznačené na obr. 6 označovány jako tantalit-(Fe), tantalit-(Mn), columbit-(Fe), columbit-(Mn). Ve zpětně odražených elektronech viz obr. 7 je zřejmá výrazná nehomogenita columbit-tantalitu (tmavší partie mají vyšší podíl niobu, ve světlejších se zvyšuje obsah tantalu).

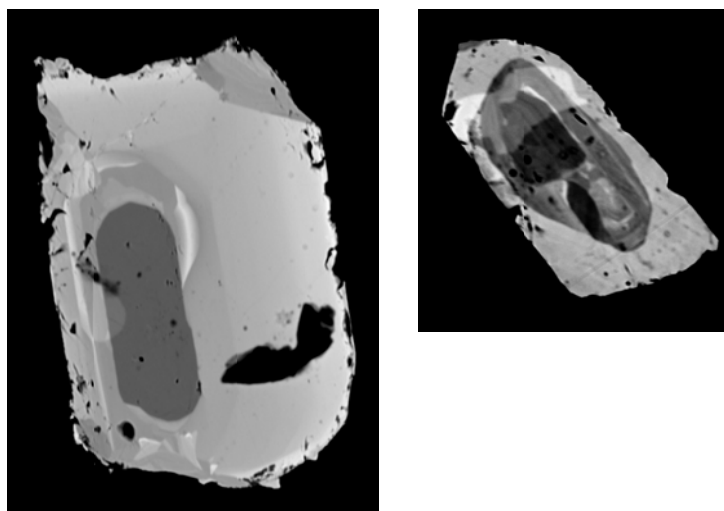
Tab. 6. Výsledky WDX analýz (hm. %) columbit-tantalitu, lokalita Bienergraben, atomové kvocienty na 6 atomů kyslíku.

	6	7	8	9	10	11	12	13
Nb ₂ O ₅	63,91	54,49	64,71	49,21	50,22	65,85	66,02	28,62
Ta ₂ O ₅	13,89	23,80	12,75	29,66	29,15	11,49	12,19	52,71
WO ₃	0,04	0,03	0,19	0,10	0	0,18	0,12	0,02
HfO ₂	0	0	0,05	0	0,03	0,02	0,01	0
SiO ₂	0,01	0,01	0,01	0	0,003	0,03	0,03	0
SnO ₂	0	0,02	0	0	0,003	0	0,03	0,01
ThO ₂	0	0	0	0	0	0	0,005	0
TiO ₂	0,98	1,12	0,88	1,11	1,16	1,18	1,10	0,82
UO ₂	0,04	0,08	0,09	0,05	0,07	0,17	0,17	0,05
ZrO ₂	0,09	0,06	0,25	0,06	0,10	0,24	0,31	0,08
Al ₂ O ₃	0,002	0,02	0,01	0	0	0,004	0	0,01
Bi ₂ O ₃	0	0	0,06	0,03	0,02	0	0,04	0
Sc ₂ O ₃	0,02	0,001	0	0,01	0,02	0,02	0,005	0,01
Y ₂ O ₃	0,14	0,13	0,10	0,10	0,06	0,10	0,14	0,03
CaO	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0
FeO	8,71	9,73	7,61	8,91	8,38	7,08	7,64	7,04
MgO	0,30	0,32	0,15	0,35	0,19	0,16	0,14	0,16
MnO	11,48	9,60	12,75	10,13	9,64	12,62	11,89	9,34
suma	99,63	99,42	99,63	99,73	99,07	99,18	99,86	98,90
Nb	1,718	1,532	1,736	1,416	1,449	1,759	1,757	0,928
Ta	0,225	0,402	0,206	0,513	0,506	0,185	0,195	1,028
W	0,001	-	0,003	0,002	-	0,003	0,002	-
Hf	-	-	0,001	-	0,001	-	-	-
Si	0,001	0,001	0,001	-	-	0,002	0,002	-
Sn	-	-	-	-	-	-	0,001	-
Th	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	0,044	0,052	0,039	0,053	0,056	0,052	0,049	0,044
U	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
Zr	0,003	0,002	0,007	0,002	0,003	0,007	0,009	0,003
Al	-	0,001	0,001	-	-	-	-	0,001
Bi	-	-	0,001	-	-	-	0,001	-
Sc	0,001	-	-	0,001	0,001	0,001	-	0,001
Y	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,001
Ca	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	-
Fe	0,433	0,506	0,378	0,474	0,447	0,350	0,376	0,422
Mg	0,027	0,030	0,013	0,033	0,018	0,014	0,012	0,017
Mn	0,578	0,506	0,641	0,546	0,521	0,632	0,593	0,568

Obr. 6. Klasifikační diagram minerálů skupiny columbitu v systému FeTa_2O_6 – MnTa_2O_6 – FeNb_2O_6 – MnNb_2O_6

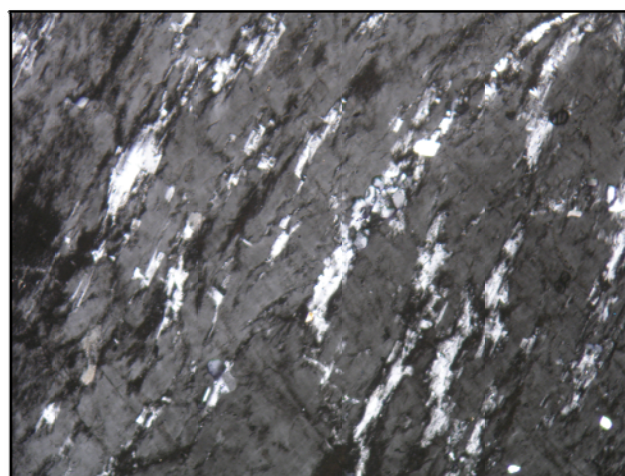


Obr. 7. Zonální krystaly columbit-tantalitu z lokality Bienergraben, BSE, foto Radek Škoda

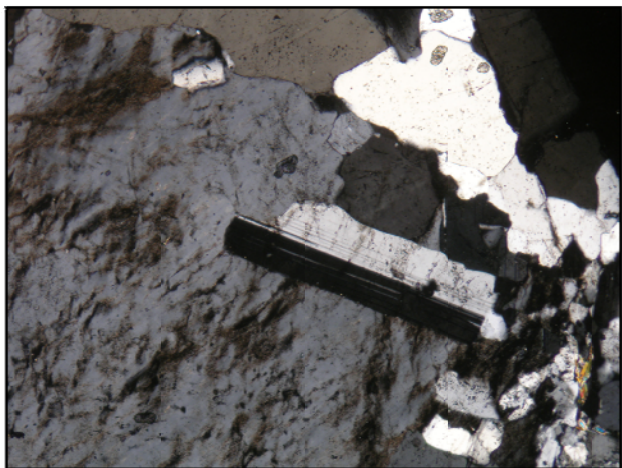


Živce jsou v podstatném množství zastoupeny ve všech třech jednotkách. V hrubě zrnitém živec-křemen-muskovitovém pegmatitu převažuje perthitický K-živec (mikroklin) nad albitem s bazicitou An01-02 (výsledky WDX analýz albitu uvádí tab. 7). Živce se vyskytují v podobě převážně xenomorfních zrn. Jejich rozměry v případě K-živce dosahují až 6 mm (ve studovaných výbrusech), makroskopicky lze velikost zrn odhadnout až na 10 cm (v blokové jednotce). K-živec někdy vykazuje jemné mřížkování charakteristické pro mikroklin, jsou v něm přítomny odmišleniny albitu (obr. 8).

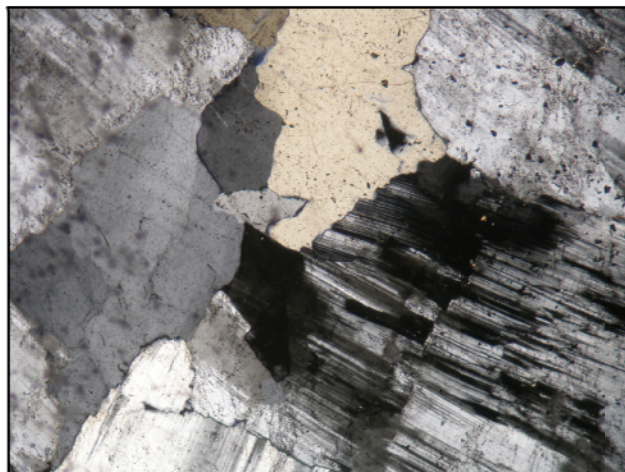
Obr. 8. Perthitický živec, z hrubě zrnité živec-křemen-muskovitové jednotky, lokalita Bienergraben, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 9. Lištovitý průřez hypautomorfním albitem s polysyntetickým lamelováním, z hrubě zrnité živce-křemen-muskovitové jednotky, lokalita Bienergraben, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 10. „Šachovnicový“ albit z hrubě zrnité živce-křemen-muskovitové jednotky, lokalita Bienergraben, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Tab. 7. Výsledky WDX analýz (hm. %) K-živce (anal.č. 14) a albitu (anal.č. 15,16), lokalita Bienergraben, atomové kvocienty na 8 atomů kyslíku.

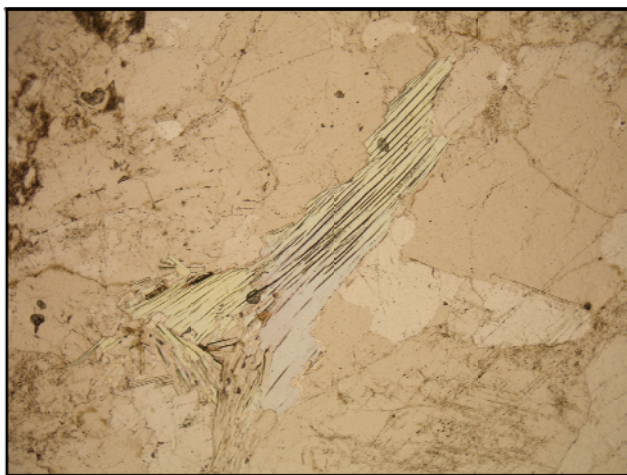
	14	15	16
SiO ₂	64,35	68,23	68,09
P ₂ O ₅	0,07	0,03	0,11
Al ₂ O ₃	18,30	19,46	20,04
CaO	0,01	0,38	0,52
FeO	0,01	0	0,01
BaO	0	0	0
MgO	0	0	0
MnO	0	0,003	0,002
SrO	0,06	0	0
K ₂ O	14,86	0,11	0,15
Na ₂ O	1,27	11,30	11,25
suma	98,93	99,51	100,17
Si	2,994	2,993	2,970
P	0,003	0,001	0,004
Al	1,003	1,006	1,030
Ca	-	0,018	0,024
Sr	0,002	-	-
K	0,882	0,006	0,008
Na	0,115	0,961	0,951

Muskovit se vyskytuje hlavně v hrubě zrnité živec-křemen-muskovitové jednotce, v níž tvoří lupeny o velikosti až 2 cm. Ve výbrusech je zastížen převážně v podobě hypautomorfních průřezů s nedokonale vyvinutými bazálními plochami. Pleochroismus není pozorovatelný, v XPL vykazuje interferenční barvy 2. řádu (viz obr. 11, 12). Výsledky WDX analýz muskovitu jsou uvedeny v tab. 7, z níž je zřejmý relativně vysoký podíl sodíku (až 0,07 apfu. Na).

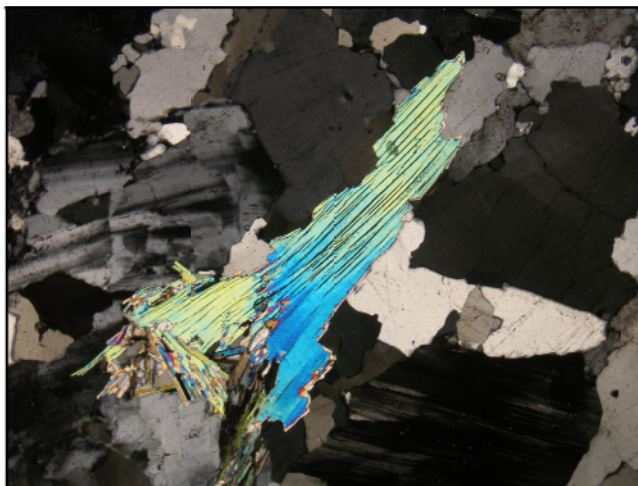
Tab. 8. Výsledky WDX analýz (hm. %) muskovitu, lokalita Bienergraben, atomové kvocienty na 11 atomů kyslíku.

anal.č.	17	18	19
SiO ₂	46,07	46,84	46,16
TiO ₂	0,06	0,12	0,11
P ₂ O ₅	0	0,03	0
Al ₂ O ₃	33,62	33,58	34,04
Cr ₂ O ₃	0,02	0	0
V ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.
BaO	0	0,004	0,04
CaO	0	0	0
FeO	3,38	3,03	2,90
MgO	0,65	0,75	0,61
MnO	0,02	0,02	0,06
NiO	0,002	0	0
ZnO	nest.	nest.	nest.
K ₂ O	9,63	8,98	8,89
Na ₂ O	0,35	0,53	0,56
F	0,21	0,27	0,25
Cl	0,006	0,004	0,001
O=F	-0,09	-0,11	-0,11
O=Cl	-	-	-
suma	93,93	94,04	93,52
Si	3,122	3,149	3,121
Ti	0,003	0,006	0,006
P	-	0,002	-
Al	2,685	2,660	2,713
Cr	0,001	-	-
Ba	-	-	0,001
Fe	0,192	0,170	0,164
Mg	0,066	0,075	0,061
Mn	0,001	0,001	0,003
Ni	-	-	-
K	0,833	0,770	0,767
Na	0,046	0,069	0,073
F	0,045	0,057	0,053
Cl	0,001	-	-
O	10,954	10,942	10,946

Obr. 11. Hypautomorfní průřez šupinou muskovitu z hrubě zrnité živec-křemen-muskovitové jednotky, lokalita Bienergraben, výbrus, PPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 12. Hypautomorfní průřez šupinou muskovitu z hrubě zrnité živec-křemen-muskovitové jednotky, lokalita Bienergraben, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Apatit a gahnit, které se mají na lokalitě vyskytovat jako akcesorie (viz např. Krut'á et al. 1968) ,jsem nezjistila ani při studiu výbrusů v procházejícím světle, ani nebyly pozorovány ve zpětně odražených elektronech. Jako akcesorický minerál jsem v hrubě zrnité živec.křemen-muskovitové jednotce našla zirkon, jenž zde tvoří apomorfní až hypautomorfní individua o velikosti max. 0, 05 mm. Výsledek WDX analýzy zirkonu je uveden v tab. 9, kromě dominantních složek (SiO₂, ZrO₂) byly zjištěny relativně vysoké obsahy hafnia (3,80 hm.% HfO₂) a uranu (1,70 hm.% UO₂).

Tab. 9. Výsledky WDX analýz (hm. %) zirkonu, lokalita Bienergraben, atomové kvocienty na 4 atomů kyslíku.

	20
SiO ₂	30,98
ZrO ₂	58,81
HfO ₂	3,80
ThO ₂	0,05
TiO ₂	0
UO ₂	1,70
WO ₃	0
P ₂ O ₅	0,24
Ta ₂ O ₅	0
Nb ₂ O ₃	0
Sc ₂ O ₃	0,02
Y ₂ O ₃	0,33
Yb ₂ O ₃	0,04
Al ₂ O ₃	0,06
CaO	0,27
FeO	0,29
MnO	0,58
F	0
suma	97,17
Si	0,998
Zr	0,924
Hf	0,035
Th	-
U	0,012
P	0,007
Sc	0,001
Y	0,006
Yb	-
Al	0,002
Ca	0,009
Fe	0,008
Mn	0,016

Údaje o chemickém složení jednoho vzorku reprezentujícího hrubě zrnitou živec-křemen-muskovitovou jednotku jsou uvedeny v tab. 10. Poměr mezi hlavními alkáliemi dobře odpovídá modálnímu složení této jednotky (kvantitativnímu zastoupení živců a muskovitu). Překvapením je nízký obsah beryllia i prvků skupiny vzácných zemin; analyzovaný vzorek naopak vykazuje nadklarkové obsahy niobu a tantalu (v souladu s očekáváním), a také rubidia a cesia (viz tab. 11).

Tab. 10. Chemické složení hrubě zrnité živec-křemen-muskovitové jednotky z lokality Bienergraben na základě výsledků analýz provedených v ACME.

	hm. %		ppm		ppm		ppm
SiO ₂	74,83	Y	3,6	Ag	<0,1	Rb	478,8
Al ₂ O ₃	14,36	La	2,5	As	<0,5	Sb	0,1
Fe ₂ O ₃	1,00	Ce	5,2	Ba	68,5	Sc	1
MgO	0,03	Pr	0,90	Be	4	Se	<0,5
CaO	0,17	Nd	3,2	Bi	0,2	Sn	<1
Na ₂ O	2,95	Sm	1,0	Cd	0,1	Sr	20,7
K ₂ O	6,49	Eu	0,09	Co	0,6	Ta	33,2
TiO ₂	0,02	Gd	0,73	Cs	8,5	Th	5,7
P ₂ O ₅	0,08	Tb	0,19	Cu	2,9	Ti	0,1
MnO	0,59	Dy	0,85	Ga	26,1	U	3,1
Cr ₂ O ₃	0,001	Ho	0,08	Hf	5,5	V	<5
LOI	0,3	Er	0,20	Hg	<0,01	W	0,9
suma	100,82	Tm	<0,05	Mo	0,2	Zn	3
celk. C	0,04	Yb	0,21	Nb	86,6	Zr	57,6
celk. S	0,02	Lu	0,04	Ni	1,8	Au	ppb
				Pb	2,1		11,2

Tab.11. Srovnání obsahů vybraných prvků z pegmatitu Bienergraben s publikovanými klarkovými hodnotami (v ppm, podle Boušky et al. 1980).

	Bienergraben	Clarke a Washington (1927)	Goldschmidt (1937)	Vinogradov (1962)	Taylor (1964)
Nb	86,6	-	20	20	20
Ta	33,2	-	2,1	2,5	2
Rb	478,8	X	280	150	90
Cs	8,5	0,00X	3,2	3,7	3
Ba	68,5	470	430	650	425
Sr	20,7	170	150	340	375
La	2,5	-	18,3	29	30
Ce	5,2	-	41,6	70	60

6. 2. LOKALITA OPLUSTILBERG U SOBOTÍNA

Tato lokalita dříve nazývaná též jako Parapluiberg se nachází zhruba 500 m východně od železniční stanice Sobotín a 625 m jihovýchodně od kóty 615,3 – Kamenitá (GPS souřadnice výskytu jsou N 50°01, 003'; E 17°04, 421'). Výchoz o mocnosti 0,5 – 1 m leží na okraji lesa v blízkosti katastrální hranice Petrov nad Desnou a Sobotín (obr. 13). Podle Kruti et al. (1968) je pegmatit složen ze tří jednotek, které citovaní autoři označují jako hrubozrnná muskovitová jednotka, bloková jednotka a metasomatická jednotka.

Obr. 13. Odběr vzorků z výchozu pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, foto Jiří Zimák, říjen 2007



Dostál (1964) uvádí následující minerální složení: křemen, muskovit, biotit, živce (albit, K-živce), granát, beryl, zirkon, bavenit, hematit, goethit, bismutit, columbit.

Beryl tvoří drobné sloupečky žlutozelené barvy velikosti kolem 1 cm. Bavenit tvoří křídově bílé vláknité agregáty, podobně jako na klasické lokalitě Schinderhübel u Maršíkova. Columbit tvoří černé krystaly, jen vzácně o velikosti nad 1 mm (Kruťa et al. 1968).

Detailně jsem studovala vzorky z metasomatické jednotky a též z partií reprezentujících přechody hrubě zrnité živce-křemen-muskovitové jednotky do jednotky metasomatické. Metasomatická jednotka je tvořena převážně albitem a křemenem, v podstatném množství je přítomen muskovit a K-živce. Jako akcesorie byl ve studovaných vzorcích vedle berylu zjištěn granát, biotit (zpravidla úplně chloritizovaný), zirkon, columbit a mikrolit. V pegmatitu byly zjištěny drobné žilky, které geneticky náležejí k mineralizaci alpského typu, na jejichž složení se vedle živců a křemene podílí chlorit, minerály klinozoisit-epidotové řady, granát grossular-andraditové řady a titanit.

Křemen a perthitický K-živec tvoří xenomorfní zrna o velikosti do 5 mm (v ploše výbrusu), křemen často vykazuje undulózní zhášení, K-živec jemné mřížkování charakteristické pro mikroklin, v odmíšeninách albitu je pozorovatelné polysyntetické lamelování. Albit, jenž je dominantní složkou metasomatické jednotky, tvoří často hypautomorfní individua s polysyntetickým lamelováním, běžně je přítomen i „šachovnicový“ albit.

Slídy jsou přítomny v podobě nedokonale vyvinutých tabulek. Výrazně převažuje muskovit nad biotitem, jenž bývá silně postižen chloritizací, někdy je zachován pouze v reliktech.

Nejběžnější akcesorií je granát v podobě červených, maximálně 1 mm velkých krystalů (tetragon-trioktaedrického typu). Ve výbrusech jsou patrné hypautomorfní až automorfní průřezy granátu, jenž je v procházejícím světle prakticky bezbarvý, v XPL je zřejmá jeho optická izotropie. Z výsledků WDX analýz granátů (tab. 12) je zřejmé, že se na složení pegmatitu podílejí granáty almandin-spessartinové řady s mírnou převahou spessartinové složky (tab. 13, analýzy číslo 21, 22, 24, 25, 26). Ve zpětně odražených elektronech je patrná málo výrazná kompoziční zonálnost granátů. WDX analýzy prokázaly, že v centrálních částech individuí bývá mírně zvýšený podíl manganu ve srovnání s okrajovou zónou (analýzy č. 21 reprezentuje střed zrna, nal. Č. 22 okraj téhož). Trhliny v granátech almandin-spessartinové řady někdy vyplňuje granát grossular-andraditové řady (nal.č.23). Granáty grossular-andraditové řady byly zjištěny i ve výplni trhlin, v nichž provázejí další minerály, které náležejí k mladší asociaci alpského typu (anal.č. 27, 28, 29). Z údajů v tabulce X je zřejmý poměr mezi Fe^{3+} a Al ve struktuře těchto granátů. Jde hlavně o granáty s poměrem adr versus Grs zhruba 1:1 (viz anal. Č. 27 a 29), přítomen je však i téměř čistý andradit (anal.č. 28).

Tab. 12. Chemické složení granátů z pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, hm.%, počty kationtů na 12 atomů kyslíku

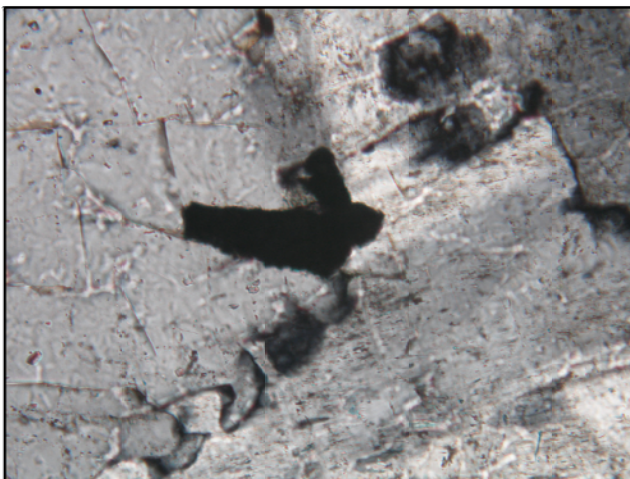
	21	22	23	24	25	26	27	28	29
P ₂ O ₅	0,31	0,06	0,03	0,31	0,29	0,24	0	0,03	0,02
TiO ₂	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0
SiO ₂	35,73	36,30	34,56	35,69	36,09	36,16	34,51	33,57	33,47
Cr ₂ O ₃	0	0,01	0	0	0	0	0,01	0,01	0
Al ₂ O ₃	19,86	20,25	9,16	19,56	19,64	19,77	9,83	0,26	10,07
Y ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0
Fe ₂ O ₃	0,62	0,42	18,00	1,03	1,19	0,91	16,88	29,99	16,09
FeO	14,22	19,55	0	13,21	14,81	13,53	0,58	0	0
MgO	0,09	0,78	0	0,11	0,25	0,17	0,01	0	0,04
MnO	27,36	21,19	0,61	27,90	26,40	27,33	0,59	0,05	0,19
NiO	0	0	0,02	0	0	0,11	0,02	0	0,02
CaO	0,24	0,59	35,12	0,25	0,21	0,32	34,31	34,20	36,36
Na ₂ O	0,03	0	0,04	0,09	0,04	0,03	0,05	0	0,08
K ₂ O	0,01	0	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,05	0
F	0	0	1,70	0	0	0	1,49	0,39	1,98
O=F			-0,72				-0,63	-0,16	-0,83
Suma	98,48	99,17	98,54	98,17	98,97	98,62	97,68	98,40	97,49
P	0,02	-	-	0,02	0,02	0,02	-	-	-
Ti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Si	2,99	3,00	2,83	3,00	3,00	3,01	2,84	2,90	2,76
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	1,96	1,97	0,88	1,94	1,93	1,94	0,95	0,03	0,98
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe ³⁺	0,04	0,03	1,11	0,06	0,07	0,06	1,05	1,95	1,00
Fe ²⁺	1,00	1,35	-	0,93	1,03	0,94	0,04	-	-
Mg	0,01	0,10	-	0,01	0,03	0,02	-	-	0,01
Mn	1,94	1,48	0,04	1,98	1,86	1,93	0,04	-	0,01
Ni	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-
Ca	0,02	0,05	3,08	0,02	0,02	0,03	3,03	3,17	3,22
Na	0,01	-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	-	0,01
K	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-
F	-	-	0,44	-	-	-	0,39	0,11	0,52

Tab. 13. Zastoupení koncových členů (mol. %) v granátech z lokality Oplustilberg (označení vzorků je shodné jako v tab. 12)

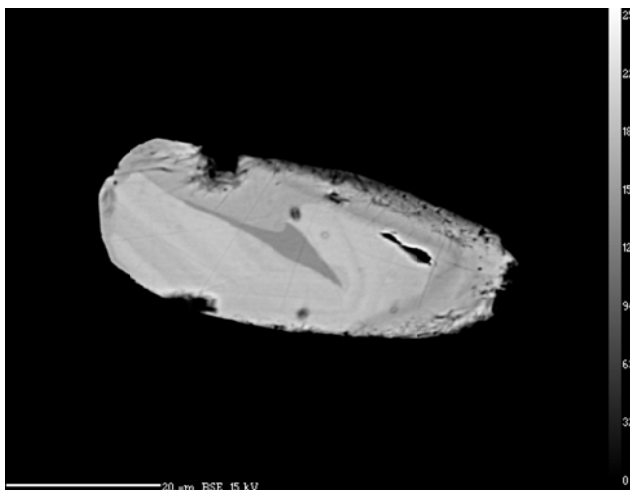
	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Sps	65	50	1	67	63	66	1		
Alm	34	45		31	35	32			
Prp		3			1				
Grs+Adr+Uvr			99			1	99	100	99

Columbit jsem zjistila poze v podobě drobných zrn a tabulek černé barvy polokovového lesku, ve výbrusech je patrné apomorfní omezení columbitu (viz obr. 14). Ve zpětně odražených elektronech je patrná výrazná chemická zonálnost minerálu (viz obr. 15). WDX analýzou provedenou na dvou různých zrnech bylo zjištěno takřka shodné chemické složení (tab. 14, anl.č. 30, 31). Z výsledků provedených analýz je zřejmé, že jde o ferrocolumbit (obr. 16).

Obr. 14. Automorfní zrna columbit-tantalitu v partii bohaté živci z pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku cca 0,5 mm.



Obr. 15. Zrno columbit-tantalitu s výraznou kompoziční zonálností z pegmatitu na lokalitě Oplustilberg. Foto Renata Čopjaková.

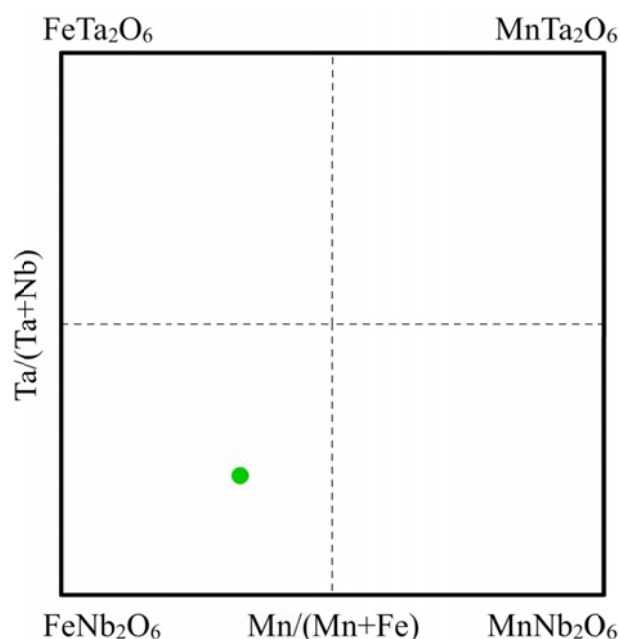


Tab. 14. Výsledky WDX analýz columbit-tantalitu, hm.%, počty kationtů na 6 atomů kyslíku

	30	31
Nb ₂ O ₅	53,12	53,31
Ta ₂ O ₅	25,64	25,72
P ₂ O ₅	0	0,04
WO ₃	0	0,06
TiO ₂	1,18	1,39
SnO ₂	0	0
UO ₂	0,08	0,05
SiO ₂	0,01	0,03
ZrO ₂	0,05	0,12
Bi ₂ O ₃	0	0
Y ₂ O ₃	0,07	0,09
Sc ₂ O ₃	0	0,01
Al ₂ O ₃	0	0
Sb ₂ O ₃	0	0
As ₂ O ₃	0	0
CaO	0,02	0
FeO	12,46	12,58
MnO	6,17	6,00
MgO	0,05	0,04
PbO	0,19	0,14
Suma	99,04	99,58
Nb	1,514	1,507
Ta	0,439	0,437
P	-	0,002
W	-	0,001
Ti	0,056	0,065
Sn	-	-
U	0,001	0,001
Si	0,001	0,002
Zr	0,002	0,004
Bi	-	-
Y	0,002	0,003
Sc	-	0,001
Al	-	-
Sb	-	-
As	-	-
Ca	0,001	-
Fe	0,657	0,658
Mn	0,329	0,318
Mg	0,005	0,004
Pb	0,003	0,002

Ta/(Ta+Nb)	0,22	0,22
Mn/(Mn+Fe)	0,33	0,33

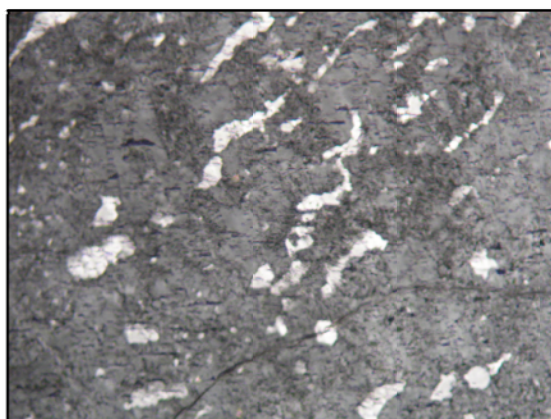
Obr. 16. Klasifikační diagram minerálů skupiny columbitu v systému $\text{FeTa}_2\text{O}_6 - \text{MnTa}_2\text{O}_6 - \text{FeNb}_2\text{O}_6 - \text{MnNb}_2\text{O}_6$



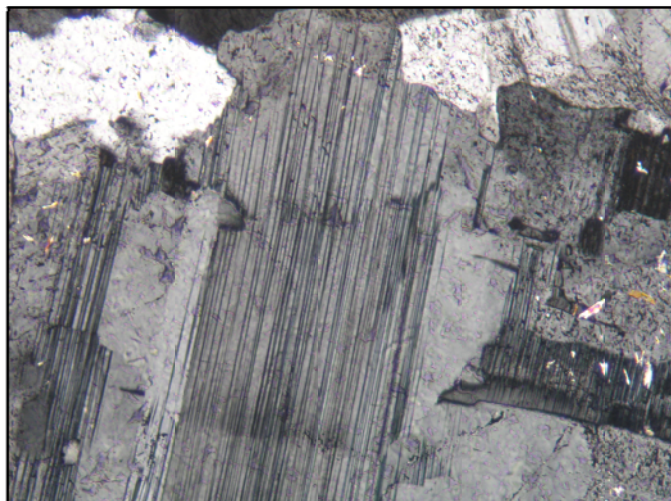
Dominantní složkou všech jednotek pegmatitu je křemen a živce. Křemen tvoří šedobílá zrna místy kouřově zbarvená o velikosti až 6 cm (v materiálu pocházejícím z blokové zóny). Ve výbrusech některá zrna křemene vykazují undulózni zhášení.

Živce jsou zastoupeny K-živcem a albitem. K-živce je šedobílý, nažloutlý, místy i narůžovělý. Tvoří zrna o velikosti až 10 cm (v blokové zóně). Ve výbrusech vykazuje jemné mřížkování charakteristické pro mikroklin. Jsou v něm přítomny jemné odmišenininy albitu (obr.17). WDX analýzou Or-dominantní fáze v ní byla zjištěna značná příměs albitové složky (téměř 10% Ab – tab.15, anal. 32). Kromě K-živce jsem v pegmatitu zjistila šedobílý albit, tvořící xenomorfní až hypautomorfní zrna o velikosti do 3mm (v ploše výbrusu) s charakteristickým polysyntetickým lamelováním (viz obr. 18). WDX analýza prokázala jen nepatrné zastoupení anortitové složky (2% An – viz tab. 15, anal.č. 33).

Obr. 17. Odmišenininy albitu v mikroklinu z pegmatitu na lokalte Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku 1mm.



Obr. 18. Polysynteticky lamelovaný albit v pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.

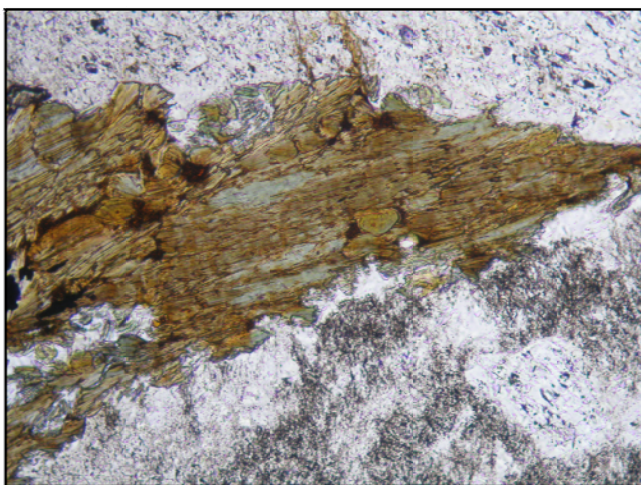


Tab. 15. Výsledky WDX analýz živců, hm.%, přepočten na 8 atomů kyslíku.

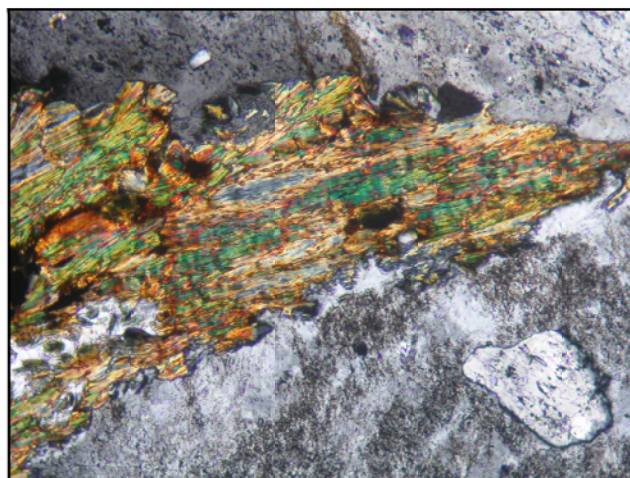
	32	33
P ₂ O ₅	0,02	0,06
SiO ₂	64,56	67,93
Al ₂ O ₃	18,10	19,90
FeO	0,02	0,02
BaO	0,04	0
SrO	0,07	0,03
CaO	0,02	0,35
PbO	0	0,17
Na ₂ O	1,02	11,55
K ₂ O	15,82	0,14
Cl	0	0,03
Suma	99,67	100,17
P	-	-
Si	3,00	2,97
Al	0,99	1,03
Fe	-	-
Ba	-	-
Sr	-	-
Ca	-	0,02
Pb	-	-
Na	0,09	0,98
K	0,94	0,01
Cl	-	-

Ve všech třech rozlišených texturních jednotkách pegmatitového tělesa, zejména však v hrubě zrnité živec-křemen-muskovitové jednotce, jsou přítomny slídy zastoupené hlavně muskovitem, méně biotitem. Muskovit tvoří lupínky, až několik cm velké tabulky. Ve výbrusech lze pozorovat jeho lištovité průřezy s dobře vyvinutými bazálními plochami. Biotit je obvykle silně postižen chloritizací (obr.19, 20). Vznikající chlorit náleží ke klinochlor-chamositové řadě, na základě převahy Fe nad Mg jej lze klasifikovat jako chamosit (tab. 16, anal.č. 34, 35). Chlorit je v pegmatitovém tělese přítomen i jako součást mineralizace alpského typu, v níž tvoří vějířovité agregáty černé barvy. Tento chlorit je určitě členem klinochlor-chamositové řady, nebyl však analyzován, jeho optické vlastnosti však ukazují na klinochlor (viz obr. 21)

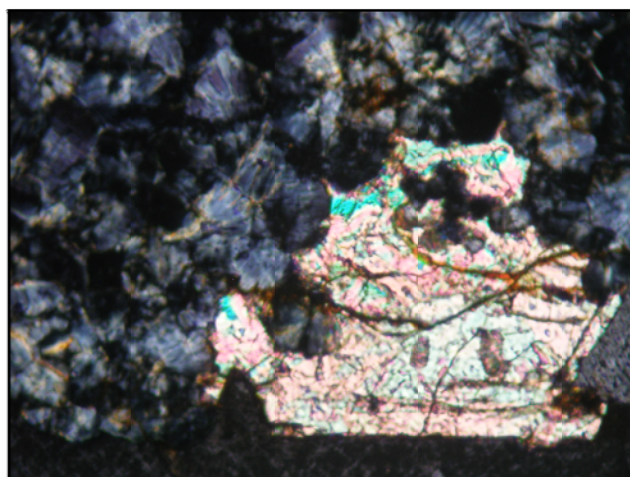
Obr. 19. relativně slabě chloritizované zrno biotitu v pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, výbrus, PPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 20. relativně slabě chloritizované zrno biotitu v pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 21. Vějířovité agregáty chloritu společně s titanitem v mineralizaci alpského typu ve výplni trhliny v pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Tab. 16. Výsledky WDX analýz chloritu (po biotitu), hm%,
přepočten na 14 atomů kyslíku

	34	35
P ₂ O ₅	0	0,02
TiO ₂	0,05	0,03
SiO ₂	25,61	25,96
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	19,83	19,67
BaO	0	0
FeO	28,82	27,96
MnO	1,76	1,35
ZnO	0,18	0,11
NiO	0,04	0
CaO	0	0,06
MgO	11,38	12,16
K ₂ O	0,11	0,15
Na ₂ O	0,01	0,04
Cl	0,01	0,01
F	0	0
Suma	87,86	87,54
P	-	-
Ti	-	-
Si	2,18	2,20
Cr	-	-
Al	1,99	1,97
Ba	-	-
Fe	2,05	1,98
Mn	0,13	0,10
Zn	0,01	0,01
Ni	-	-
Ca	-	0,01
Mg	1,44	1,54
K	0,01	0,02
Na	-	0,01
Cl	-	-
F	-	-

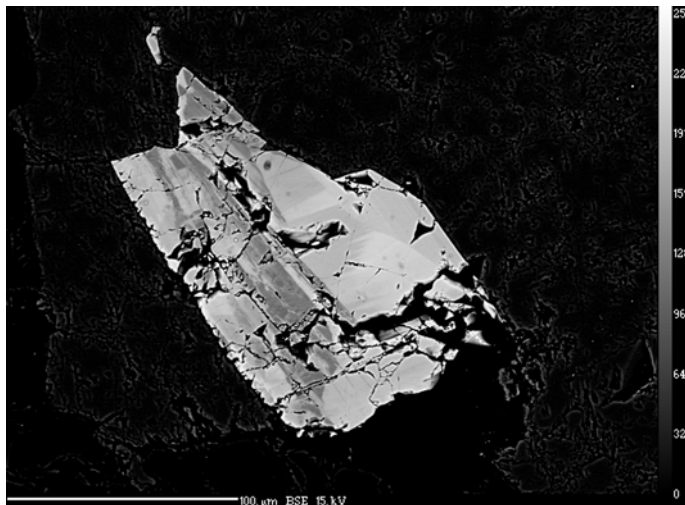
Teprve při studiu v odražených elektronech byla v pegmatitu zjištěna zcela ojedinělá zrna minerálu, jehož složení se blíží mikrolitu (viz tab.17). Zrna jsou silně metamiktně přeměněna, jejich průřezy jsou více méně izometrické, velikost do 15 μm. Z výsledku WDX analýzy je zřejmý poměrně vysoký obsah uranu, který iniciuje metamiktní přeměnu.

Tab. 17. Chemické složení minerálu blízkého mikrolitu, hm.%, přepočteno na 6 atomů kyslíku

	36		
Ta ₂ O ₅	39,46	Ta	0,84
Nb ₂ O ₅	19,82	Nb	0,70
P ₂ O ₅	0,21	P	0,01
WO ₃	0	W	-
ZrO ₂	0,10	Zr	-
SiO ₂	0,68	Si	0,05
TiO ₂	4,96	Ti	0,29
UO ₂	10,77	U	0,19
ThO ₂	0,04	Th	-
SnO ₂	0,14	Sn	-
Y ₂ O ₃	0	Y	-
Al ₂ O ₃	0,33	Al	0,03
Sc ₂ O ₃	0	Sc	-
La ₂ O ₃	0	La	-
Ce ₂ O ₃	0	Ce	-
Pr ₂ O ₃	0	Pr	-
Sm ₂ O ₃	0	Sm	-
Nd ₂ O ₃	0,03	Nd	-
Gd ₂ O ₃	0,01	Gd	-
Dy ₂ O ₃	0,03	Dy	-
Er ₂ O ₃	0,01	Er	-
Yb ₂ O ₃	0	Yb	-
CaO	8,01	Ca	0,67
MnO	0,14	Mn	0,01
FeO	2,63	Fe	0,17
MgO	0,02	Mg	-
EuO	0,02	Eu	-
PbO	1,69	Pb	0,04
Na ₂ O	0,10	Na	0,02
K ₂ O	0,26	K	0,03
F	0,40	F	0,10
Suma	89,69		

Titanit je součástí mineralizace alpského typu. Byl zjištěn až při studiu výbrusů, tvoří převážně xenomorfní zrna často s laločnatými okraji. Ve zpětně odražených elektronech je zřejmá sektorová stavba individuí titanitu (obr. 22). Výsledek WDX analýzy je uveden v tabulce 18.

Obr. 22. Sektorová stavba titanitu s mineralizace alpského typu, BSE obraz.
Foto Renata Čopjaková.



Tab.18. Výsledky WDX analýz titanitu z mineralizace alpského typu z lokality Oplustilberg, hm.%, přepočten na 5 atomů kyslíku.

	37	38	39	40
Nb ₂ O ₅	5,04	2,60	3,89	0,56
Ta ₂ O ₅	9,70	9,23	2,68	0,24
WO ₃	0	0,05	0	0
SiO ₂	28,64	28,85	30,07	30,98
ZrO ₂	0	0	0	0,01
SnO ₂	0,02	0,07	0,05	0,09
TiO ₂	22,01	24,60	27,06	29,28
Al ₂ O ₃	3,88	3,35	4,06	5,57
Y ₂ O ₃	0	0	0	0
Bi ₂ O ₃	0	0	0	0
Cr ₂ O ₃	0,01	0,02	0,03	0,03
V ₂ O ₃	0,18	0,01	0,13	0,32
Sc ₂ O ₃	0	0,01	0,01	0
MgO	0	0	0,01	0,03
FeO	1,96	2,01	1,55	1,63
MnO	0,03	0,05	0,06	0,03
CaO	26,61	27,50	28,44	28,78
Na ₂ O	0,10	0,04	0	0
F	0,47	0,56	1,19	1,86
Suma	98,45	98,71	98,73	98,63
Nb	0,08	0,04	0,06	0,01
Ta	0,09	0,09	0,03	-
W	-	-	-	-
Si	1,02	1,02	1,02	1,02
Zr	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-
Ti	0,59	0,65	0,69	0,72
Al	0,16	0,14	0,16	0,22
Y	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-
V	0,01	-	-	0,01
Sc	-	-	-	-
Mg	-	-	-	-
Fe	0,06	0,06	0,04	0,05
Mn	-	-	-	-
Ca	1,01	1,04	1,03	1,01
Na	0,01	-	-	-
F	0,05	0,06	0,13	0,19

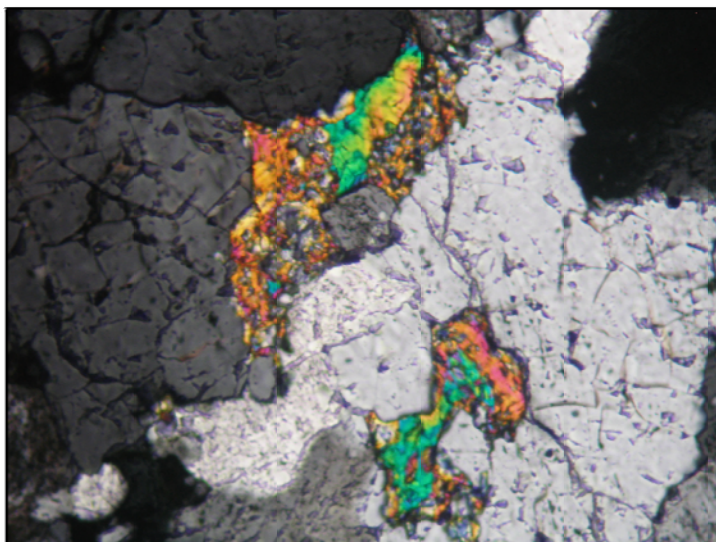
Patrně ojediněle se v pegmatitu vyskytuje ilmenit, jenž byl zjištěn až při studiu ve zpětně odražených elektronech v podobě izometrických nebo i lištovitých průřezů. WDX analýza prokázala velmi vysoký obsah manganu. Složení minerálu se blíží rozhraní ilmenit/pyrofanit (viz tab. 19).

Tab. 19. Výsledky WDX analýz ilmenitu z pegmatitu na lokalitě Oplustilbeg, hm.%, přepočten na 3 atomy kyslíku.

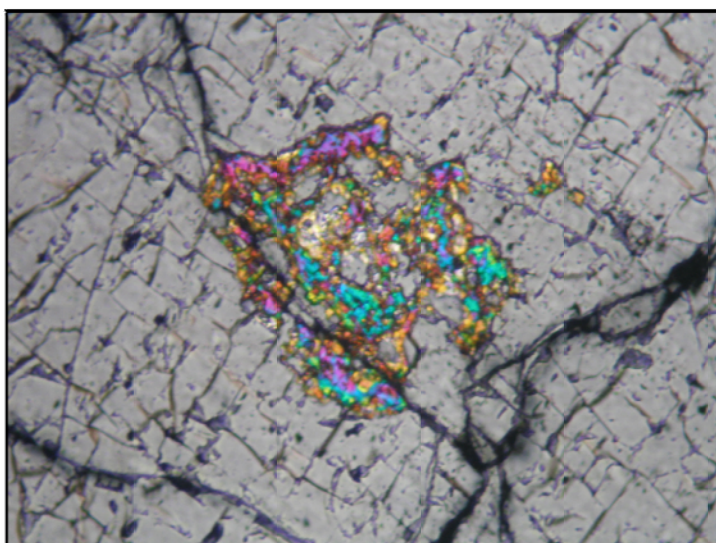
	41	42
Nb ₂ O ₅	1,30	1,46
Ta ₂ O ₅	0,59	0,43
WO ₃	0	0,14
SiO ₂	0,13	0,11
ZrO ₂	0	0
SnO ₂	0	0
TiO ₂	49,03	50,38
UO ₂	0,07	0,08
Al ₂ O ₃	0,01	0,02
Y ₂ O ₃	0	0
Cr ₂ O ₃	0	0
V ₂ O ₃	0	0,09
Sc ₂ O ₃	0	0,01
MgO	0,01	0,01
FeO	23,27	23,56
MnO	21,80	21,80
PbO	0	0
CaO	0,06	0,04
ZnO	0	0,06
NiO	0	0,00
Suma	96,27	98,19
Nb	0,02	0,02
Ta	-	-
W	-	-
Si	-	-
Zr	-	-
Sn	-	-
Ti	0,97	0,98
U	-	-
Al	-	-
Y	-	-
Cr	-	-
V	-	-
Sc	-	-
Mg	-	-
Fe	0,51	0,51
Mn	0,47	0,48
Pb	-	-
Ca	-	-
Zn	-	-
Ni	-	-

Poměrně hojnou součástí mineralizace alpského typu je epidot tvořící žlutozelená zrna, omezená převážně xenomorfně. Tento minerál se vyskytuje i mimo typické žilky alpského typu, a to v podobě velmi nepravidelných zrn zatlačujících K-živce (obr. 23,24).

Obr. 23. Políčkovaná zrna epidotu v K-živci na lokalitě Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku 1 mm.



Obr. 24. Epidot zatlačující K-živce v pegmatitu na lokalitě Oplustilberg, výbrus, XPL, šířka snímku 1 mm.



6. 3. LOKALITA LYSÁ HORA U MARŠÍKOVA

Nově objevený beryl-columbitový pegmatit se nachází na jihozápadním svahu Lysé hory u Maršíkova přibližně 1,5 km vsv. od maršíkovského kostela mezi kótami Lysá hora (744 m) a Zadní vrch (626 m). GPS-souřadnice jsou N 50°02,331'; E 17°05,825'. Tak jako klasické naleziště „Scheibengraben“ leží i tento nový pegmatitový výskyt na území obory, a to asi 60 m od její hranice (Chládek, Zimák 2008).

Obr. 25. Odběr vzorků na lokalitě Lysá hora, foto Jiří Zimák, červen 2008



Jedná se o silně frakcionovaný pegmatit s pestrou asociací akcesorických minerálů uložený v amfibolitu a také amfibolické rule. Na lokalitě se nacházejí vedle hlavního výchozu také další fragmenty pegmatitu o velikosti až 0,6 m. Opět lze u pegmatitového tělesa rozlišit tři texturně-paragenetické jednotky, z nichž nejvíce zastoupená je hrubě zrnitá jednotka tvořená především živci (albit, perthitický živec), křemenem, muskovitem a lokálně hojným biotitem. Nežádka se objevují i několikacentimetrové partie cleavelanditu. Zcela běžnou akcesorií je granát, avšak jen velmi zřídka se vyskytuje beryl (Zimák, Chládek 2008).

Stručnou charakteristiku texturně-paragenetických jednotek tohoto tělesa uvádí Zimák a Chládek (2008). Z výchozu a větších fragmentů je zřejmé, že hrubě zrnitá jednotka často přechází do jednotky grafické s charakteristickým prorůstáním křemene a alkalického živce. Kromě biotitu je minerální složení této jednotky stejné jako u hrubě zrnité jednotky. Třetí je

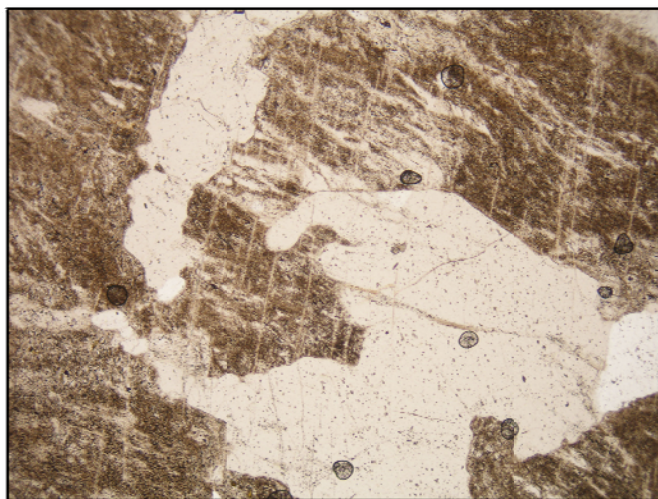
bloková jednotka s až 10 cm velkými individui perthitického živce a křemene. Muskovit a albit místy s charakterem cleavelanditu jsou rovněž hojně zastoupeny.

Z mikroskopického studia výbrusů je zřejmá dominance následujících minerálů: křemen, alkalický živec (mikroklin, albit). V proměnlivé množství (zpravidla vedlejším) jsou přítomny fylosilikáty, zastoupené biotitem (většinou silně chloritizovaným), jenž je přítomen hlavně v okrajové části pegmatitu, a také muskovitem, jenž je součástí všech tří jednotek. Akcesoricky je přítomen granát, rutil, zcela ojediněle beryl, místy jsou hojná opakní zrna, mikroskopicky blíže neurčitelná, s výjimkou pyritu.

Křemen tvoří xenomorfní zrna, která dosahují v ploše výbrusu až 6 mm (makroskopicky je zřejmé, že křemen poměrně často tvoří individua o velikosti 3 – 5 cm). Zrna křemene často vykazují undulózní zhášení.

Alkalické živce se vyskytují v podobě zrn omezených xenomorfně až hypautomorfně, vyšší stupeň idiomorfie vykazuje zpravidla albit (lišťovité průřezy tzv. cleavelanditu). Celkově v pegmatitu z alkalických živců převažuje mikroklin s charakteristickým mřížkováním a s odmišeninami albitu (perthitický živec). V některých partiích je mikroklin postižen sericitizací, někdy je silně zakalen (kaolinizace? – viz obr. 26). Albit vykazuje zpravidla polysyntetické lamelování, nejlépe patrné u cleavelanditu. WDX analýza prokázala, že bazicita albitu je v intervalu An_{01-03} (viz tab. 20).

Obr. 26. Silně zakalený mikroklin a křemen z písmenkového pegmatitu, lokalita Lysá hora, výbrus, PPL, šířka snímku 1,8 mm.

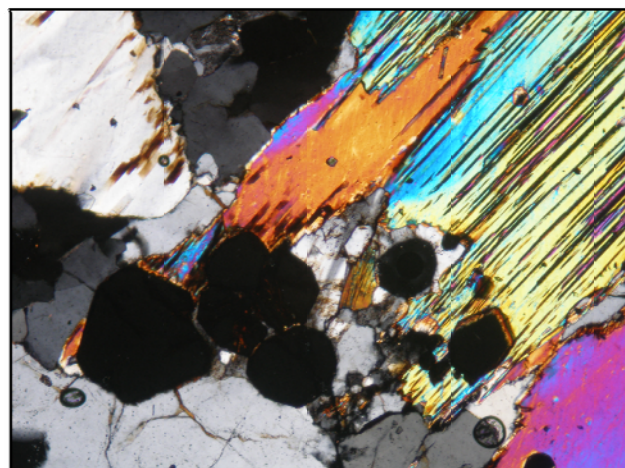


Tab. 20. Výsledky WDX analýz albitu, hm.%, přepočet na 8 atomů kyslíku

	43	44	45
SiO ₂	68,75	67,23	68,89
P ₂ O ₅	0	0,11	0,13
Al ₂ O ₃	19,42	20,11	19,73
FeO	0,09	0,01	0
BaO	0	0	0
SrO	0,02	0,02	0,01
CaO	0,30	0,59	0,64
PbO	0,12	0,14	0
K ₂ O	0,12	0,11	0,18
Na ₂ O	11,70	11,71	11,27
Cl	0,01	0	0
suma	100,53	100,03	100,85
Si	2,994	2,949	2,984
P	0	0,004	0,005
Al	0,997	1,040	1,007
Fe	0,003	0	0
Ba	0	0	0
Sr	0,001	0,001	0
Ca	0,014	0,028	0,030
Pb	0,001	0,001	0
K	0,007	0,006	0,010
Na	0,988	0,996	0,947
Cl	0,001	0	0

Slídy jsou zastoupeny hlavně muskovitem, jehož šupinky až velké tabulky (do 3 cm) jsou přítomny ve všech třech texturně-paragenetických jednotkách. Často mají dokonale vyvinuté bazální plochy, ve výbrusech je patrna jejich perfektní štěpnost (viz obr. 27). Výsledek WDX analýzy muskovitu je uveden v tab. 21, ana. č. 51,52. Překvapením je poměrně vysoký obsah SiO₂, přibližně shodný v obou analýzách, které prokázaly jen velmi nízký obsah Na a Ba.

Obr. 27. Muskovit (vpravo), granát (černý), křemen a živec v hrubě zrnité jednotce, lokalita Lysá hora, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Tab. 21. Výsledky WDX analýz fylosilikátů: chloritizovaný biotit (č. 47,48,49), chlorit po biotitu (50), muskovit (51,52)

	47	48	49	50	51	52
P ₂ O ₅	0,02	0	0,01	0,03	0	0
TiO ₂	0,09	0,02	0,03	0,08	0,04	0,19
SiO ₂	30,88	37,16	32,94	26,06	47,39	47,39
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0	0,02	0,01	0
Al ₂ O ₃	19,41	20,01	21,59	21,10	32,98	32,19
BaO	0,02	0,04	0,01	0,06	0,03	0,11
FeO	23,65	23,60	26,64	28,54	2,48	3,42
MnO	0,91	0,64	1,23	1,56	0,08	0,11
ZnO	0,04	0,01	0,09	0,07	0	0
NiO	0,04	0	0,08	0,06	0,03	0,03
CaO	0,03	0,26	0,23	0,11	0,02	0,11
MgO	9,61	2,53	1,38	9,89	0,51	1,14
K ₂ O	4,13	5,39	4,29	0,17	9,86	10,19
Na ₂ O	0,01	0,14	0,06	0	0,08	0,11
Cl	0	0,01	0,01	0	0,02	0,01
F	0	0	0	0	0,14	0,16
Suma	88,86	89,82	88,59	87,75	93,61	95,09
P	-	-	-	-	-	-
Ti	0,01	-	-	0,01	-	0,01
Si	2,54	2,97	2,73	2,81	3,20	3,19
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,88	1,88	2,11	2,68	2,63	2,55
Ba	-	-	-	-	-	-
Fe	1,63	1,58	1,85	2,57	0,14	0,19
Mn	0,06	0,04	0,09	0,14	0,01	0,01
Zn	-	-	0,01	0,01	-	-
Ni	-	-	0,01	0,01	-	-
Ca	-	0,02	0,02	0,01	-	0,01
Mg	1,18	0,30	0,17	1,59	0,05	0,11
K	0,43	0,55	0,45	0,02	0,85	0,87
Na	-	0,02	0,01	-	0,01	0,01
Cl	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	0,03	0,03

Biotit se vyskytuje v podobě drobnějších šupin a nedokonalých tabulek jen v některých vzorcích hrubě zrnité jednotky, které pocházejí patrně z okrajové zóny pegmatitu. Biotit je velmi silně postižen chloritizací, která postupuje podél štěpných trhlin. V reliktech biotitu byly ojedinele zjištěny pleochroické dvůrky – minerál je vyvolávající, buď nebyl zjištěn, nebo se jej nepodařilo v mikroskopu identifikovat (drobná izometrická zrna s velmi vysokým dvojlomem). Silnou chloritizaci biotitu prokázaly i WDX analýzy v jeho relativně málo

přeměněných partiích (tab.21, anal. č. 47, 48, 49), což je zřejmé z nízkých obsahů K (pouze 4 – 5% K₂O). Chlorit vznikající z biotitu svým složením odpovídá chloritům klinochlor-chamositové řady s převahou chamositové složky.

Granát tvoří zrna a jejich agregáty o velikosti do 7 mm, zejména v hrubě zrnité jednotce. Má makroskopicky červenou nebo tmavě červenou barvu, agregáty jsou často prostoupeny šedohnědými povlaky. Ve vbrusech tvoří hypautomorfní až automorfní zrna o velikosti do 1,5 mm. Z omezení jednotlivých zrn je zřejmé, že jejich morfologie odpovídá tetragon-trioktaedru nebo spojení tohoto tvaru s rombickým dodekaedrem. V procházejícím světle je granát velmi jemně narůžovělý, při zkřížených nikolech izotropní (viz. obr. 27). WDX analýza prokázala, že jde o granát almandin-spessartinové řady

Tab. 22. Výsledky WDX analýz granátu z lokality Lysá hora, hm.%, přepočteno na 11 atomů kyslíku.

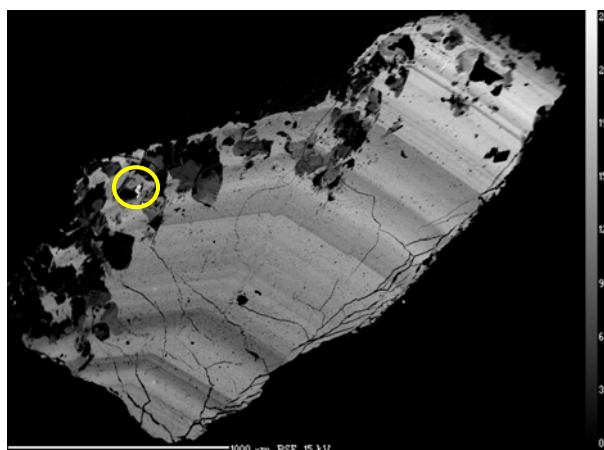
	53	54	55	56	57	58
SiO ₂	36,22	35,79	36,19	36,82	35,55	35,77
TiO ₂	0,03	0,05	0,06	0,01	0,06	0,06
P ₂ O ₅	0,21	0,12	0,17	0,10	0,30	0,26
Al ₂ O ₃	20,16	19,71	20,04	19,97	19,82	20,01
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0
Y ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0,91	1,22	0,98	1,26	0,99	1,08
FeO	22,56	22,11	20,84	19,47	17,22	17,80
CaO	0,37	0,50	0,42	0,33	0,32	0,24
MnO	19,68	19,36	20,93	21,50	25,54	25,60
MgO	0,74	0,92	0,78	0,98	0,46	0,49
NiO	0	0,01	0	0,01	0	0
K ₂ O	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01
Na ₂ O	0,05	0	0,03	0,04	0,03	0,04
F	0	0	0	0	0	0
Suma	100,93	99,78	100,43	100,49	100,31	101,36
Si	2,96	2,96	2,97	3,01	2,94	2,93
Ti	-	-	-	-	-	-
P	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Al	1,94	1,92	1,94	1,92	1,93	1,93
Cr	-	-	-	-	-	-
Fe ³⁺	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,07
Fe ²⁺	1,54	1,53	1,43	1,33	1,19	1,22
Ca	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
Mn	1,36	1,36	1,46	1,49	1,79	1,78
Mg	0,09	0,11	0,10	0,12	0,06	0,06
Ni	-	-	-	-	-	-
K	-	-	-	-	-	-
Na	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01

Tab. 23. Zastoupení koncových členů (mol. %) v granátech z lokality Lysá hora (označení vzorků je shodné jako v tab. 22)

	53	54	55	56	57	58
Sps	46	46	47	50	61	61
Alm	50	49	49	45	36	36
Prp	3	4	3	4	2	2
Grs+Adr+Uvr						

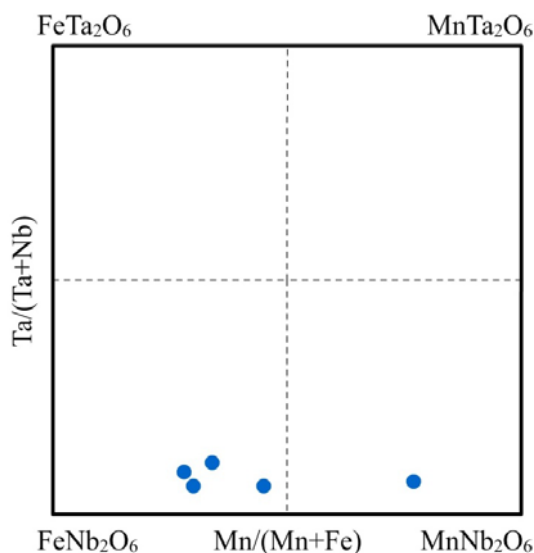
Columbit-tantalit tvoří zrna o velikosti do 3 mm, makroskopicky černé barvy a polokovového až kovového lesku. V odražených elektronech vykazuje výraznou kompoziční zonálnost (obr.28) – světlejší zóny mají vyšší obsah tantalu než zóny tmavší.

Obr. 28. Zrno columbit-tantalitu ve zpětně odražených elektronech. V kroužku je inkluze rynersonitu. Foto: P. Gadas.



Výsledky provedených WDX analýz columbit-tantalitu jsou uvedeny v tab. 24 a graficky znázorněny na obr. 29. Čtyři z provedených analýz odpovídají ferrocolumbitu a jedna manganocolumbit. Pozn.: podle současné klasifikace platné od roku 2009 by se tyto minerály měly označovat jako columbit-(Fe) a columbit-(Mn).

Obr. 29 Pozice analyzovaných minerálů skupiny columbitu klasifikačním diagramu



Tab. 24. Výsledky WDX analýz columbit-tantalitu z lokality Lysá hora, přepočet na 6 atomů kyslíku.

	42	43	44	45	46
Nb ₂ O ₅	64,00	61,52	68,32	64,07	69,74
Ta ₂ O ₅	11,10	12,45	7,09	7,95	7,53
P ₂ O ₅	0	0	0	0	0
WO ₃	0,23	0,21	0,42	0,53	0,34
TiO ₂	1,87	1,63	1,42	1,93	0,74
SnO ₂	0,06	0,04	0	0	0
UO ₂	0,08	0,06	0,12	0,79	0
SiO ₂	0,03	0,01	0,03	0,27	0,03
ZrO ₂	0,04	0,06	0,13	0,07	0,14
Bi ₂ O ₃	0,02	0	0,05	0	0
Y ₂ O ₃	0,16	0,17	0,13	0,93	0,16
Sc ₂ O ₃	0,04	0,09	0,01	0,08	0,01
Al ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,03	0
Sb ₂ O ₃	0	0,08	0,12	0,03	0
As ₂ O ₃	0	0	0	0	0
CaO	0	0,01	0	1,84	0
FeO	14,35	13,25	13,61	4,28	11,36
MnO	5,58	6,65	5,86	13,76	9,17
MgO	0,27	0,24	0,57	0,03	0,18
PbO	0,25	0,27	0,26	0,31	0,24
Suma	98,09	96,75	98,15	96,90	99,64
Nb	1,73	1,70	1,81	1,73	1,83
Ta	0,18	0,21	0,11	0,13	0,12
P	-	-	-	-	-
W	-	-	0,01	0,01	0,01
Ti	0,08	0,08	0,06	0,09	0,03
Sn	-	-	-	-	-
U	-	-	-	0,01	-
Si	-	-	-	0,02	-
Zr	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-
Y	0,01	0,01	-	0,03	0,01
Sc	-	0,01	-	-	-
Al	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	-	-
As	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	0,12	-
Fe	0,72	0,68	0,67	0,21	0,55
Mn	0,28	0,34	0,29	0,70	0,45
Mg	0,02	0,02	0,05	-	0,02
Pb	-	-	-	0,01	-

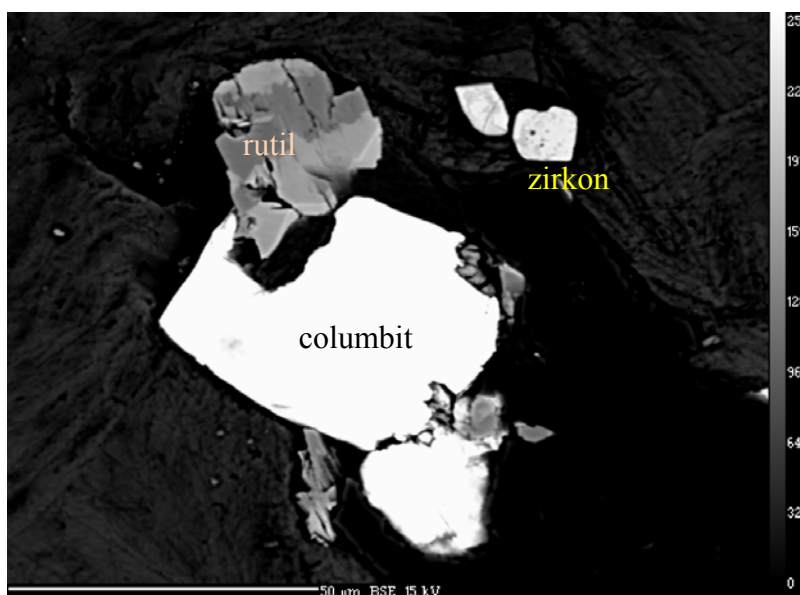
Tab. 25. Poměry atomových kvocientů Ta, Nb, Mn, Fe

Ta/(Ta+Nb)	0,09	0,11	0,06	0,07	0,06
Mn/(Mn+Fe)	0,28	0,34	0,30	0,77	0,45

Rynersonit byl zjištěn až při studiu v odražených elektronech. Je zastížen jako drobné zrno ve ferrocolumbitu na obr. 28. Vzhledem k malým rozměrům (cca 3 μ m) nebylo možno provést reprezentativní WDX analýzu, dominance Ta, Nb a Ca je však zřejmá, rynersonit je znám i z lokality Scheibengraben.

Rutil tvoří zrna o velikosti do 1 mm, často se vyskytuje v podobě izometrických průřezů, ale nebyl zastížen i v podobě nedokonale vyvinutých sloupečků. V odražených elektronech je zřejmá jeho sektorová stavba (viz. Obr. 30) – světlejší partie v BSE obrazu mají zvýšené obsahy niobu.

Obr. 30. Zrna rutilu, columbitu a zirkonu v partii bohaté cleavelanditem, BSE, foto: Renata Čopjaková



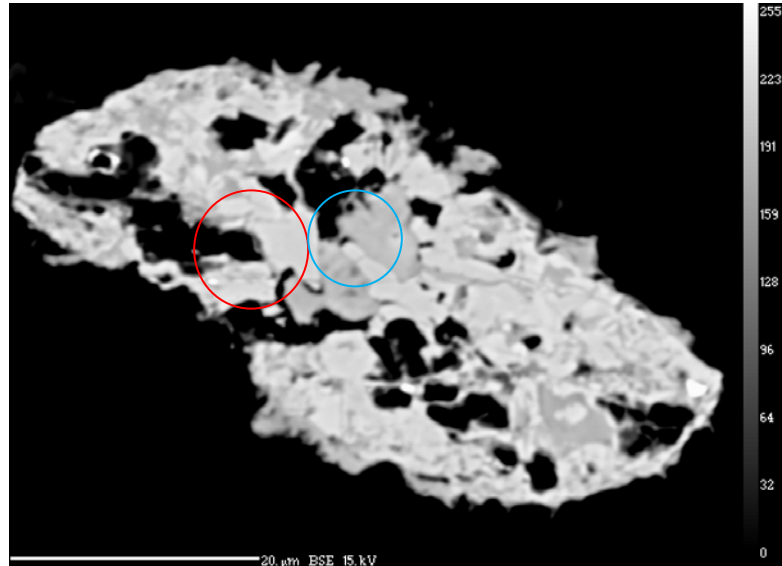
Výsledky WDX analýz rutilu jsou uvedeny v tab. 26. Ve dvou analyzovaných bodech byly zjištěny relativně vysoké obsahy niobu (až 0,16 apfu Nb), na základě nichž lze tento minerál označit jako niobový rutil.

Tab. 26. Výsledky WDX analýz rutilu z lokality Lysá hora, hm.%, přepočten na 2 atomy kyslíku.

	59	60	61	62
Nb ₂ O ₅	15,98	5,55	5,85	22,56
Ta ₂ O ₅	2,80	0,87	2,13	6,09
WO ₃	0,10	0,05	0,06	0,10
SiO ₂	0,05	0,03	0,62	0,16
ZrO ₂	0,02	0,01	0,10	0,04
SnO ₂	0,48	0,88	0,02	0
TiO ₂	73,81	87,74	86,24	59,47
UO ₂	0	0	0	0,04
Al ₂ O ₃	0,03	0,07	0,42	0,08
Y ₂ O ₃	0,08	0,02	0,05	0,64
Cr ₂ O ₃	0,08	0,13	0,02	0,01
V ₂ O ₃	1,23	1,35	0,26	0
Sc ₂ O ₃	0,18	0,27	0,09	0,08
MgO	0,01	0,01	0	0,03
FeO	4,88	2,18	2,96	6,79
MnO	0,10	0	0,03	0,02
PbO	0,06	0	0,02	0,15
CaO	0,02	0	0,19	0,30
ZnO	0	0	0	0,03
NiO	0	0,01	0,05	0
Suma	99,91	99,17	99,11	96,59
Nb	0,11	0,04	0,04	0,16
Ta	0,01	-	0,01	0,03
W	-	-	-	-
Si	-	-	0,01	-
Zr	-	-	-	-
Sn	-	0,01	-	-
Ti	0,81	0,92	0,91	0,71
U	-	-	-	-
Al	-	-	0,01	-
Y	-	-	-	0,01
Cr	-	-	-	-
V	0,01	0,02	-	-
Sc	-	-	-	-
Mg	-	-	-	-
Fe	0,06	0,03	0,04	0,09
Mn	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-
Ca	-	-	-	0,01
Zn	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-

Ojediněle byl zjištěn monazit tvořící zrna o velikosti max. 5 μ m (tj. na hranici analyzovatelnosti). Na obr. 31 je monazit-(Ce) obklopený metamiktně přeměněnými minerály (nebo minerálem) s podstatným zastoupením Ti, Ta, Nb a U a též vzácných zemin.

Obr. 31. Monazit-(Ce) – v červeném kroužku, obklopený produkty metamiktní přeměny neurčitého minerálu, foto Renata Čopjaková



Výsledky analýzy monazitu-(Ce) jsou uvedeny v tab. 27. V agregátu obklopujícím monazit-(Ce) byla zjištěna fáze obsahující hlavně Th, Ca, P. Složením tato fáze odpovídá smirnovskitu, na obr. 31 je smirnovskit označen modrým kroužkem.

Tab. 27. Výsledky WDX analýz monazitu-(Ce) a smirnovskitu z lokality Lysá hora, hm.%, přepočteno na 4 atomy kyslíku.

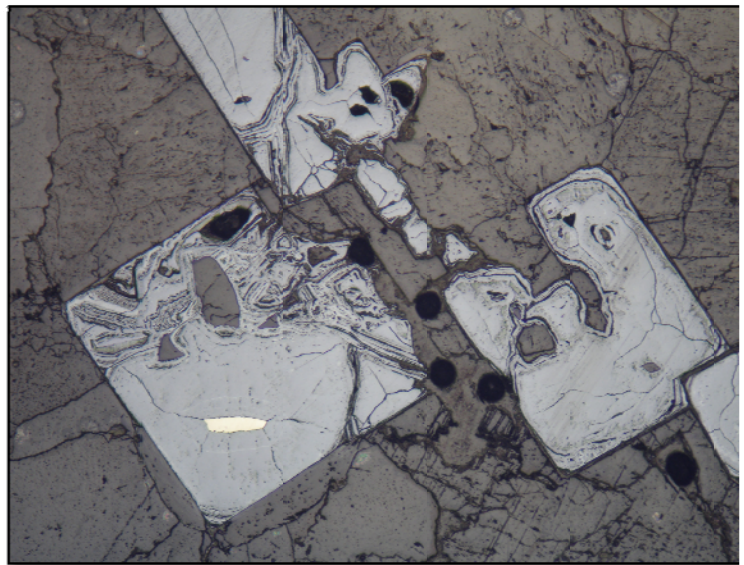
	63	64	65	66
P ₂ O ₅	28,76	28,48	23,38	24,37
As ₂ O ₃	0	0	0	0
SO ₃	0	0	0,11	0,03
ThO ₂	14,49	9,45	38,90	34,75
UO ₂	3,92	0,17	0,81	1,04
SiO ₂	0,52	0,58	1,30	0,57
ZrO ₂	0,43	0,43	1,38	1,05
La ₂ O ₃	7,05	8,89	3,53	3,58
Ce ₂ O ₃	17,69	24,06	0,56	0,54
Y ₂ O ₃	2,99	0,14	1,19	3,40
Al ₂ O ₃	0	0	0,94	0,62
Dy ₂ O ₃	1,23	0,22	0,47	1,53
Pr ₂ O ₃	2,26	3,09	0,88	1,36
Nd ₂ O ₃	8,42	11,79	3,43	4,96
Gd ₂ O ₃	2,32	2,44	0,71	1,83
Sm ₂ O ₃	3,67	6,42	1,00	2,15
Er ₂ O ₃	0,22	0,07	0,12	0,33
Eu ₂ O ₃	0,20	0	0	0,38
Sc ₂ O ₃	0	0	0,04	0,05
CaO	3,48	1,34	6,69	7,34
PbO	0,37	0,10	0,45	0,22
MnO	0	0	0	0
FeO	0	0	2,13	0,14
SrO	0	0,32	0,21	0,22
F	0,05	0,03	0,15	0,10
Suma	98,05	98,01	88,32	90,52
P	0,97	0,98	0,88	0,91
As	-	-	-	-
S	-	-	-	-
Th	0,13	0,09	0,40	0,35
U	0,04	-	0,01	0,01
Si	0,02	0,02	0,06	0,03
Zr	0,01	0,01	0,03	0,02
La	0,10	0,13	0,06	0,06
Ce	0,26	0,36	0,01	0,01
Y	0,06	-	0,03	0,08
Al	0	-	0,05	0,03
Dy	0,02	-	0,01	0,02
Pr	0,03	0,05	0,01	0,02
Nd	0,12	0,17	0,06	0,08
Gd	0,03	0,03	0,01	0,03
Sm	0,05	0,09	0,02	0,03
Er	-	-	-	0,01
Eu	-	-	-	0,01
Sc	-	-	-	-
Ca	0,15	0,06	0,32	0,35
Pb	-	-	0,01	-
Mn	-	-	-	-
Fe	-	-	0,08	0,01
Sr	-	0,01	0,01	0,01
F	0,01	-	0,02	0,01

Přítomnost zirkonu byla prokázána na elektronové mikrosondě. Rozměry zirkonu však neumožňují provedení reprezentativních analýz. Dva průřezy hypautomorfními individui zirkonu jsou na obr. 30.

Elektronovou mikroanalýzou byl identifikován též gahnit, polykras-(Y), samarskit, uraninit, uranopolykras, ytrobetafit (uvedené minerály by si zasloužily další studium, které je finančně velmi náročné a přesahuje rámec této diplomové práce).

Již při studiu výbrusů v optickém mikroskopu byla místy zjištěna přítomnost hojných drobných zrněk pyritu s hypautomorfním až apomorfním omezením. Z charakteru průřezů je zřejmé, že jde o krystaly hexaedrického typu. Pyrit je často postižen limonitizací, běžné jsou úplné pseudomorfózy limonitu po pyritu (obr. 32).

Obr. 32. Téměř úplné pseudomorfózy limonitu po pyritu (v levé části obrázku lze vidět relikty pyritu), z lokality Lysá hora, leštěný výbrus, odražené světlo, šířka snímku 1,8 mm.



7. DISKUZE

V rámci diplomové práce jsem studovala tři tělesa beryl-columbitového pegmatitu na Sobotínsku (klasické lokality Bienergraben a Oplustilberg a nová lokalita Lysá hora). V případě lokalit Bienergraben a Oplustilberg jde o tělesa o mocnosti kolem 1 m, pegmatit na Lysé hoře je mohutnější, jeho mocnost je minimálně 2 m.

Stavba všech tří pegmatitových těles je velmi podobná. Ve všech třech lze rozlišit tři základní texturně-paragenetické jednotky: hrubě zrnitou živec-křemen-muskovitová jednotka, grafická jednotka a jednotka bloková. Ve všech tělesech jsou tyto jednotky rozmístěny nepravidelně, pro pegmatitová tělesa typickou zonálností zde nelze pozorovat. Na lokalitách Oplustilberg a Lysá hora se v pegmatitu objevují partie bohaté cleavelanditem, v nich jsou často přítomny relativně vzácné minerály. I když se tato tři tělesa mineralogicky poněkud liší, je ve všech přítomen beryl a columbit, a proto je lze řadit do skupiny beryl-columbitových pegmatitů, které jsou typické pro oblast Slezska.

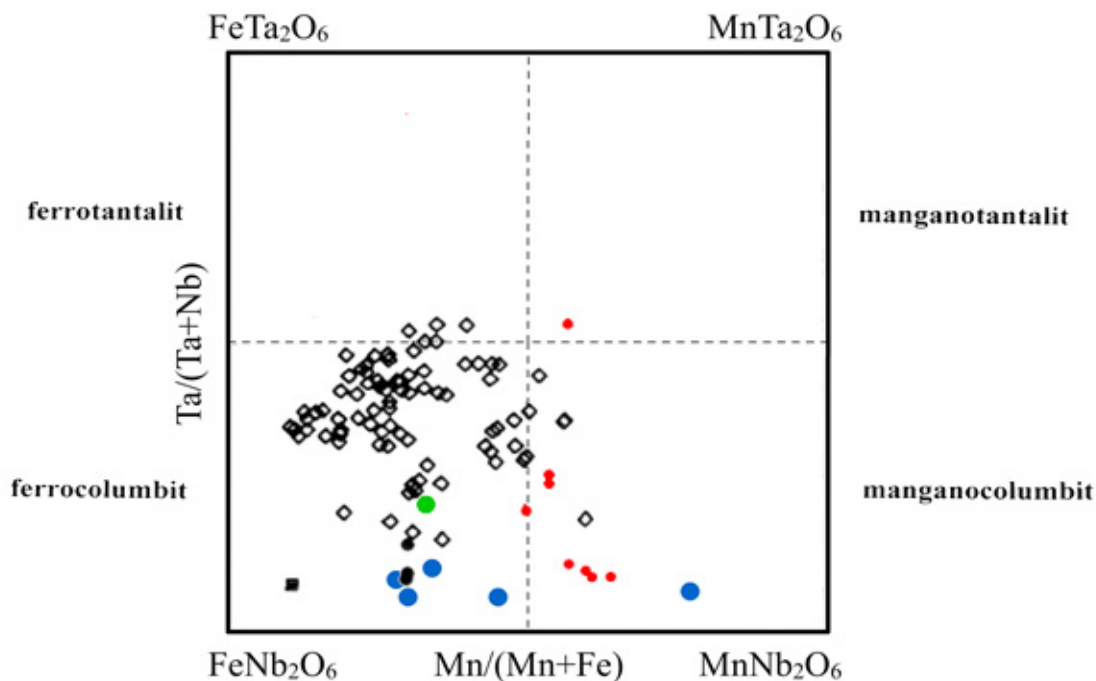
Dominantní složkou pegmatitových těles jsou živce (mikroclin, albit) a křemen. Fylosilikáty jsou zastoupeny hlavně muskovitem, méně biotitem, jenž je vázán na okrajové partie pegmatitových žil. Biotit je často postižen chloritizací, jejímž produktem je chlorit klinochlor-chamositové řady.

Typickými akcesoriemi jsou granát, beryl a minerály columbitové skupiny. Složení granátu odpovídá almandinu až spessartinu. Podobné složení mají granáty na lokalitě Oplustilberg a Lysá hora (Oplustilberg Sps50-67, Lysá hora Sps46-61). Granáty z lokality Bienergraben mají výrazně vyšší podíl spessartinové složky (Sps70-72). Granáty ze studovaných lokalit nevykazují výraznější chemickou zonálnost.

Beryl se na uvedených lokalitách vyskytuje v podobě špinavě žlutozelených sloupcovitých krystalů o velikosti přes 10 cm (na lokalitě Bienergraben). Celkové množství berylu na jednotlivých lokalitách je však velmi malé, což dokládají i velmi nízké obsahy beryllia ve studovaném vzorku pegmatitu z lokality Bienergraben (4 ppm Be).

Minerály columbitové skupiny byly podrobně studovány na všech třech lokalitách. Jsou chemicky nehomogenní, vykazují výraznou oscilační zonálnost – jednotlivé zóny se liší především obsahem Nb a Ta, méně i poměrem Fe/Mn. Na základě provedených WDX analýz bylo možno minerály této skupiny klasifikovat. Výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 33, v němž jsou barevně rozlišeny mnou studované lokality (Bienergraben – červená, Oplustilberg – zelená, Lysá hora – modrá) a do něž byly zahrnuty také údaje o složení minerálů columbitové skupiny z lokality Dämmbaude (Novák et al. 2003, černé symboly). Na lokalitě Bienergraben jsou to převážně manganocolumbit, dále jeden výsledek analýzy odpovídá manganotantalit a jeden na rozhraní manganocolumbit a ferrocolumbit. Výsledky analýz provedených na vzorcích z lokality Oplustilberg shodně odpovídají ferrocolumbitu. Ferrocolumbitu odpovídá i většina výsledků analýz z lokality Lysá hora, pouze v jednom případě šlo o manganocolumbit. Na základě složení minerálů columbitové skupiny lze posoudit stupeň frakcionace pegmatitových těles (Sosa et al. 2002, Černý et al. 2004), vyšší podíly manganu a tantalu svědčí o vyšším stupni frakcionace. Z tohoto pohledu vykazuje lokalita Bienergraben nejvyšší stupeň frakcionace v rámci čtyř srovnávaných lokalit.

Obr. 33. Pozice studovaných minerálů colmubitové skupiny v klasifikačním diagramu (vysvětlení v textu).



Srovnání mineralogických poměrů na třech studovaných lokalitách a na lokalitách Scheibegraben, Schinderhübel a Dämmbaude je vyjádřeno formou tabulky (viz tab. 28). Z této tabulky je zřejmá mineralogická pestrost všech studovaných výskytů, zejména však lokalit Schinegraben, Schinderhübel, Dämmbaude a též Lysá hora, což je dáno i objemem prací, které byly na těchto čtyřech lokalitách provedeny. Minerály jsou v této tabulce řazeny abecedně. Vyjádřena je poze jejich přítomnost (křížkem) či nepřítomnost (prázdné pole). Vzhledem k nedostatku dat a k různému rozsahu zpracování jednotlivých lokalit se mi nepodařilo zastoupení jednotlivých minerálů vyjádřit kvantitativně. Z tabulky je zřejmé, že na mineralogicky nejbohatších lokalitách jsou zastoupeny minerály ze skupiny tantaloniobátů, minerály beryllia (často jako produkty hydrotermálního stadia), minerály uranu i vzácných zemin, případně i fosfáty Mn a Fe.

Na lokalitě Oplustilberg se v rámci pegmatitového tělesa vyskytuje puklinová mineralizace alpského typu, na jejímž složení se vedle živců, křemene a chloritu podílí podstatnou měrou i granát grossular-andraditové řady a epidot. Minerály alpské parageneze z této lokality svým složením dobře odpovídají minerálům alpského typu popisovaným ze Sobotínska (Novotný a Zimák 2001, Zimák 1999, 2008, Zimák a Novotný 2001).

Tab. 28. Srovnání mineralogických poměrů na vybraných lokalitách.

	Scheiben- graben	Schinder- hübel	Dämm- baude	Biener- graben	Oplustil -berg	Lysá hora
Amfibol		X				
Apatit – (CaF)	X	X	X	X		X
Bavenit	X	X				
Biotit	X	X	X		X	X
Bertrandit	X					
Beryl	X	X	X	X		X
Bismut	X	X	X			
Brabantit		X				
Epidot		X			X	
Euklas	X					
Ferrotapiolit	X					
Fersmit	X	X	X			
Gahnit	X	X	X	X		X
Goethit (a limonit)		X			X	X
Granát	X	X	X	X	X	X
Hematit	X	X				
Chlorit	X	X			X	X
Chryzoberyl		X				
Ilmenit					X	
Ixiolit		X				
Klinozoisit					X	
Kolumbit – tantalit	X	X	X	X	X	
Křemen	X	X	X	X	X	X

et al. (2002), Zimák, Chládek (2008)

	Scheiben- graben	Schinder- hübel	Dämm- baude	Biener- graben	Oplustil- berg	Lysá hora
Magnetit	X	X				
Mikrolit	X	X	X		X	
Milarit	X					
Monazit – (Ce)						X
Muskovit	X	X	X	X	X	X
Niobový rutil			X			X
Plumbopyrochlor	X					
Polykras –(Y)						X
Pyrit		X				X
Pyrochlor	X	X			X	
Rutil						X
Rynersonit	X		X			X
Samarskit						X
Sillimanit		X				
Smirnovskit						X
Spinel				X		
Tantalový rutil		X				
Tantalový titanit		X				
Titanit					X	
Topaz	X					
Triplit	X					
Turmalín	X		X			
Uranmikrolit	X					
Uraninit		X	X			X
Uranopolykras						X
Uranpyrochlor	X					
Yttrobetafit						X
Zirkon	X	X	X			X
Živce (K-živce)	X	X	X	X	X	X
Živce (plagioklasy)	X	X	X	X	X	X

8. ZÁVĚR

V rámci diplomové práce jsem provedla terénní výzkum na třech lokalitách, na nichž se vyskytují pegmatity beryl-columbitového typu. Jde o lokality Bienergraben, Oplustilberg a Lysá hora na Sobotínsku. První dvě lokality patří mezi klasická pegmatitová tělesa v uvedené oblasti, která jsou známa již více než 100 let, avšak která dosud nebyla detailně mineralogicky zhodnocena. Třetí z lokalit byla nalezena teprve v průběhu zpracování méj diplomové práce.

Všechna tři studovaná pegmatitová tělesa jsou tvořena těmito základními texturně-paragenetickými jednotkami: hrubě zrnitou živec-křemen-muskovitová jednotka, grafickou jednotkou a jednotkou blokovou, jejichž rozmístění v rámci těles je nepravidelné. V pegmatitových žilách na lokalitách Oplustilberg a Lysá hora jsou přítomny partie bohaté albitem (cleavelandit) s relativně vzácnými minerály. Společným znakem všech tří lokalit je přítomnost berylu a minerálů columbitové skupiny. Jednotlivé lokality se však poněkud liší složením minerálů columbitové skupiny. Na lokalitě Bienergraben převažuje manganocolumbit, na Oplustilbergu a Lysé hoře byl zjištěn převážně ferrocolumbit. Ze složení minerálů columbitové skupiny lze usuzovat, že stupeň frakcionace pegmatitu z lokality Bienergraben je vyšší než obou dalších mnou studovaných lokalitách a též na lokalitě Dämmbaude u Branné.

Kromě berylu a minerálů columbitové skupiny se na lokalitách Bienergraben, Oplustilberg a Lysá hora jako akcesorie běžně vyskytuje granát almandin-spessartinové řady. Při mineralogickém studiu byla zejména v cleavelanditových partiích zjištěna bohatá asociace obecně méně rozšířených minerálů. Příkladem je rynersonit, gahnit, polykras-(Y), samarskit, uraninit, uranopolykras, yttrobetafit.

Cílem mé diplomové práce bylo zhodnocení mineralogických poměrů na vybraných lokalitách, což bylo podle mého názoru splněno.

9. LITERATURA

- Bouška V., Jakeš P., Pačes T., Pokorný J., 1980: Geochemie. Academia Praha.
- Burkart E. (1953): Mährens Minerale und ihre Literatur. Nakladatelství ČSAV Praha.
- Černý P. (1991a): Rare-element granitic pegmatites. I. Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. – *Geoscience Canada*, 18, 49 – 67.
- Černý P. (1991b): Rare-element granitic pegmatites. II. Regional to global environments and Petrogenesis. – *Geoscience Canada*, 18, 68 – 81.
- Černý P. et al. (1995): The Al(Nb, Ta)Ti₂ substitution in titanite: the emergence of a new species? – *Mineral. and Petrol.*, 52 (1995), str. 61 – 73.
- Černý P., Ercit T. S., 2005: The classification of granitic pegmatites revisited. – *Canad. Miner.*, 43, 2005 – 2026.
- Černý P., Chapman R., Ferreira K., Smeds S.-A., 2004: Geochemistry of oxide minerals of Nb, Ta, Sn, and Sb in the Varuträsk granitic pegmatite, Sweden: The case of an „anomalous“ columbite-tantalite trend. – *American Mineralogist*, 89, 505 – 518.
- Dostál J., 1964: Geologicko-petrografické poměry okolí Maršíkova. Mineralogické studium aktinolitu ze Sobotína. Diplomová práce. Karlova universita v Praze.
- Dostál J. (1966): Mineralogische und petrographische Verhältnisse von Chrysoberyll-Sillimanit Pegmatit von Maršíkov. – *Acta Univ. Carol., Geol.*, 271 – 287.
- Kruťa T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura. Brno.
- Kruťa T. (1973): Slezské nerosty a jejich literatura. Brno.
- Kruťa T., Paděra K., Pouba Z., Sládek R. (1968): Die Mineralienparagenese in dem mittleren Teile des Altvatergebirges (Hrubý Jeseník, Hohes Gesenke, ČSSR) (Fortsetzung). – *Čas. Mor. Muz., Vědy přír.*, 53 (1968), str. 5 – 80.
- Novák M. (2005): Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika); mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 90, 3 – 74. Brno.
- Novák M., Černý P. (1999): Přehled minerálů niobu a tantalu z granitických pegmatitů České republiky. – *Bull. Min. – petr. odd. NM v Praze*, 7, 117 – 131. Praha.
- Novák M., Nepejchal M., Škoda R., Urbánek B. (2003): Beryl-columbitový pegmatit z Branné, Hrubý Jeseník. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 88, 113 – 122. Brno.
- Novotný P., Zimák J. (2001): Chemismus von Epidot von den alpinen Klüften in der Umgebung von Sobotín. – *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Geologica* 37, 27-36.

- Pokorný J., Staněk J., (1951): Berylový pegmatit ze Scheibengraben u Maršíkova. – Práce Moravsko-slez. Akad., Vědy přír., 7, 247-258.
- Sosa G. M., Augsburger M. S., Pedregosa J. C., 2002: Columbite-group minerals from rare-metal granitic pegmatites of the Sierra de San Luis, Argentina. – Eur. J. Mineral., 14, 627 – 636.
- Štosová V., Zimák J. (2006): Mineralogie beryl-columbitového pegmatitu na lokalitě Bienergraben u Sobotína. Sborník „Mineralogie Českého masivu a Západních Karpat 2006“, 48-51. Olomouc 2006.
- Zimák J. (1999): Application of chlorite compositional geothermometers to hydrothermal veins in the Variscan flysch sequences of the Nížký Jeseník Upland, to Alpine-type veins in the Sobotín region, and to the paragenesis with “strigovite” from Žulová massif and Strzegom-Sobótka massif. - Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Geologica 36, 69-74.
- Zimák J. (2001): Ložiska nerostných surovin. – UP v Olomouci (2001).
- Zimák J. (2008): Grossular v mineralizaci alpského typu na Sobotínsku. – Minerál, 16(2008), No. 4, 310-312.
- Zimák J. Novotný P., Fojt B., Novák M., Vávra V., Kopa. D., Losos Z., Prinzová E., Skácel J. (2002): Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku. UP Olomouc 2002.
- Zimák J., Chládek Š. (2008): Beryl-columbitový pegmatit na Lysé hoře u Maršíkova. – Minerál, 16 (2008), No. 6, str. 491 – 493.
- Zimák J., Novotný P. (2001): Chlorites from Alpine-type veins of the Silesicum (Czech Republic). - Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Geologica 37, 51-66.