

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE

**Mineralogická charakteristika pegmatitu na
Lysé hoře u Maršíkova v Hrubém Jeseníku**

bakalářská práce

Štěpán Chládek

Environmentální geologie (B1201)
prezenční studium

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

duben 2011

Poděkování

Rád bych zde poděkoval především vedoucímu mé bakalářské práce, doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc., za jeho odbornou pomoc a připomínky při tvorbě a dokončování této práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením doc. RNDr. Jiřího Zimáka, CSc. a použil jsem pouze uvedenou literaturu.

V Olomouci dne 6. dubna 2011

.....

podpis

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Štěpán Chládek

Název práce: Mineralogická charakteristika pegmatitu na Lysé hoře u Maršíkova v Hrubém Jeseníku

Typ práce: bakalářská

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

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

Rok obhajoby práce: 2011

Abstrakt: Práce se zabývá mineralogií beryl-columbitového pegmatitu na lokalitě Lysá hora u Maršíkova. Součástí práce je také srovnání výsledků studia pegmatitového tělesa na Lysé hoře s pegmatity na klasických lokalitách Bienergraben, Scheibengraben, Schinderhübel, Oplustilberg (vše na Sobotínsku) a Dämmbaude (u Branné) a též s pegmatity na Kluči (u Loučné nad Desnou).

Klíčová slova: silezikum, beryl-columbitový pegmatit, Nb- Ta oxidy

Počet stran: 44

Počet příloh: 1

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Štěpán Chládek

Title: Mineralogical characteristics of the Lysá hora pegmatite at the Maršíkov Mts

Type of thesis: bachelor

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

Supervisor: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

The year of presentation: 2011

Abstract: The thesis deals with mineralogy of beryl- columbite pegmatite at locality Lysá hora near Maršíkov. The thesis also compares the results of studies pegmatite body on Lysá hora with the classical localities Bienergraben, Scheibengraben, Schinderhübel, Oplustilberg (all the Sobotín) and Dämmbaude (near Branná) and also with the pegmatites on Kluč (at Loučná nad Desnou).

Keywords: Silezicum, beryl- columbite pegmatite, Ta- Nb oxides

Number of pages: 44

Number of appendices: 1

Language: Czech

Obsah

Úvod	6
1 Metodika	7
2 Granitické pegmatity berylového typu	9
2.1 Beryl-columbit-fosfátové pegmatity.....	9
2.2 Beryl-columbitové pegmatity	10
3 Granitické pegmatity silezika	11
3.1 Beryl-columbitové pegmatity silezika.....	11
3.2 Rozšíření Be-minerálů v sileziku	13
3.3 Významné beryl-columbitové pegmatity	15
4 Beryl-columbitový pegmatit na Lysé hoře u Maršíkova.....	19
4.1 Mineralogická charakteristika pegmatitu	22
5 Diskuse	39
6 Závěr.....	42
Literatura	43

Úvod

Zvolil jsem si téma berylových pegmatitů. Má bakalářská práce nese název: „Mineralogická charakteristika pegmatitu na Lysé hoře u Maršíkova v Hrubém Jeseníku“.

Cílem mé bakalářské práce je komplexní charakteristika minerálů nedávno objevené lokality pegmatitu na Lysé hoře na základě studia výbrusů a výsledků WDX analýz.

Práce se skládá z několika na sebe bezprostředně navazujících částí. Nejprve se jedná o literární rešerši a na ni navazující terénní výzkum lokality. Následuje laboratorní fáze odebraného materiálu. V práci jsem se zaměřil také na studium minerálů skupiny columbit-tantalitu. Práci doplňuje fotodokumentace lokality a také mikrofotografie výbrusů. Závěr práce obsahuje srovnání výsledků laboratorního studia vzorků z lokality Lysá hora s klasickými beryl-columbitovými pegmatity silezika.

1 Metodika

První fází mé bakalářské práce byla literárně-rešeršní příprava zaměřená na problematiku granitických pegmatitů a především beryl-columbitových pegmatitů silezika.

V rámci terénní etapy byla navštívena lokalita Lysá hora u Maršíkova. Na lokalitě jsem provedl základní geologickou dokumentaci, fotodokumentaci a byly odebrány reprezentativní vzorky texturně-paragenetických jednotek pegmatitu, které byly využity ke zhotovení leštěných výbrusů (Jiří Povolný, MU Brno).

V laboratorní fázi jsem zkoumal zhotovené výbrusy na polarizačních mikroskopech Olympus BX41 a BX50. Na mikroskopu Olympus BX50 byla provedena fotodokumentace pomocí fotoaparátu C- 7070.

Chemismus minerálů byl studován vlnově disperzní analýzou (WDX) na elektronové mikrosondě Cameca SX100 (analytik RNDr. Radek Škoda, PhD., PFF MU Brno). Na téže mikrosondě byly pořízeny i BSE snímky.

WDX analýzy byly provedeny za následujících podmínek:

Granát: průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 1keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), almandin (Si, Fe), grossular (Al), pyrop (Mg), grossular (Ca), sanidin (K), chromit (Cr), titanit (Ti), spessartin (Mn), vanadinit (V), fluorapatit (P), YAG (Y), topaz (F).

Monazit: průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 15keV, 20nA, použité standardy: brabantit (P, Ca, Th), baryt (S), LaPO₄ (La), CePO₄ (Ce), U (U), PbS (Pb), YAG (Y), spessartin (Si), almandin (Al), DyPO₄ (Dy), PrF₃ (Pr), NdF₃ (Nd), GdF₃ (Gd), SmF₃ (Sm), YErAG (Er), rodonit (Mn), andradit (Fe), InAs Modified (As), topaz (F), ScVO₄ (Sc), SrSO₄ (Sr).

Fersmit: průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 15keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), Ta₂O₅ (Ta), andradit (Ca, Si), columbit (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), PrF₃ (F).

Zirkon: průměr svazku $<1\mu\text{m}$, 15keV, 20nA, použité standardy: albit A (Na), titanit (Si, Ti), zirkon (Zr), Hf (Hf), YAG (Y), sanidin (Al), fluorapatit (P), ThO₂ (Th), U (U), andradit (Fe), rodonit (Mn), topaz (F), columbit (Nb), Bi (Bi), ScVO₄ (Sc), vanadinit (Cl), W (W), YbPO₄ (Yb).

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

Euxenit: 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), rodonit (Mn), columbit (Fe, Nb), U (U), ThO₂ (Th), Sn (Sn), W (W), LaB₆ (La), CeAl₂ (Ce), PrF₃ (Pr), SmF₃ (Sm), NdF₃ (Nd), GdF₃ (Gd), REE (Dy), YErAG (Er), YbGl (Yb), MgAl₂O₄ (Mg), topaz (F), EuF₃ (Eu), fluorapatit (P), vanadinit (Pb).

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

Xenotim: průměr svazku <1 μ m, 15keV, 20nA, použité standardy: brabantit (P), baryt (S), wollastonit (Ca), LaPO₄ (La), CePO₄ (Ce), PbSe (Pb), ThO₂ (Th), U (U), YAG (Y), InAs (As), zirkon (Zr), almandin (Al), andradit (Si, Fe), YbP₅O₁₄ (Yb), YErAG (Er), DyGl(Dy), GdF₃ (Gd), SmF₃ (Sm), NdF₃ (Nd), rodonit (Mn), ScVO₄ (Sc).

Apatit: průměr svazku 5 μ m, 15keV, 10nA, použité standardy: albit A (Na), almandin (Si), lammerit (As), grossular (Al), MgSiO₄ (Mg), fluorapatit (Ca), sanidin (K), fluorapatit (P), NaCl (Cl), spessartin (Mn), hematit (Fe), gahnit (Zn), vanadinit (V, Pb), topaz (F), SrSO₄ (S, Sr), baryt (Ba), YAG (Y), LaPO₄ (La), CePO₄ (Ce), NdPO₄ (Nd).

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).

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).

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), rodonit (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), YbGl (Yb), MgAl₂O₄ (Mg), topaz (F), EuF₃ (Eu), fluorapatit (P), vanadinit (Pb).

Makrofotografie vzorků z lokality Lysá hora jsou uvedeny v příloze 1.

2 Granitické pegmatity berylového typu

Granitické pegmatity, tedy pegmatity odpovídající svým složením granitu, patří mezi poměrně hojné žilné horniny na území Českého masivu. V současnosti se pro tyto pegmatity užívá klasifikace Černého (1991) doplněná o některé nově začleněné subtypy Novákem (2005). Typ berylových pegmatitů spadající pod třídu pegmatitů vzácných prvků bude dále diskutován.

V berylových pegmatitech se vyskytuje beryl, který je typický pro celý tento subtyp. Beryl se ale také vyskytuje hojně např. v komplexních pegmatitech s Li-minerály, někdy v miarolitických pegmatitech. Berylové pegmatity nelze spolehlivě určit pouze na základě přítomnosti berylu, musíme uvažovat také, zdali pegmatit obsahuje REE-minerály, primární dutiny, či jaká je jeho geologická situace (Novák 2005). Berylové pegmatity členíme na dva subtypy, a to: beryl-columbitový a beryl-columbit-fosfátový. Berylové pegmatity se relativně hojně vyskytují zejména v moldanubiku a sileziku a protože obsahují řadu vzácných minerálů, jsou často zkoumány a studovány.

2.1 Beryl-columbit-fosfátové pegmatity

Tento subtyp se vyznačuje přítomností berylu, minerálů skupiny columbit-tantalitu a fosfátů, např. trifylínu, triplitu a zwieselitu. Jedinou zcela typickou lokalitou u nás je Kynžvart u Mariánských Lázní. Mohly by sem náležet některé pegmatity v oblasti Poběžovice-Domažlice (např. Otov), ale jsou kvůli své odlišné geologické pozici (výskyt v rulách a svorech s kyanitem) zařazovány do třídy muskovitové-vzácných prvků (Novák 2005).

2.2 Beryl-columbitové pegmatity

Tyto pegmatity dělíme na dvě základní skupiny: (1) beryl-columbitové pegmatity s přítomností hojného turmalínu vyskytující se v moldanubiku a (2) beryl-columbitové pegmatity bez turmalínu vyskytující se v sileziku (druhá skupina bude detailněji diskutována v kapitole 3.1.).

Pro první skupinu beryl-columbitových pegmatitů (vyskytujících se v moldanubiku) je typická vysoká aktivita B, ale nízká aktivita P a F (Novák 2005). Opět zde rozeznáváme dva odlišné podtypy:

(1) relativně primitivní pegmatity obsahující kromě hojného muskovitu např. beryl, turmalín a pouze vzácně granát, zirkon, columbit atd. Náleží k nim např. pegmatit Drahonín I u Tišnova, Polnička a Brzkov u Žďáru nad Sázavou nebo Kamenný Újezd u Českého Krumlova či Rudolfovo u Českých Budějovic (Novák 2005).

(2) Beryl-columbitové pegmatity, které jsou chudé na muskovit. Obsahují řadu akcesorických minerálů, např. cordierit-(Nb) a tantalový rutil, apatit, ilmenit, xenotim, monazit, zirkon. Vyskytují se především na Písecku (Obrázek I, Údraž) a v oblasti Věžné na Českomoravské vrchovině. Vyskytují se v nich obvykle sekundární Be-minerály (např. bertrandit, milarit, fenakit).

3 Granitické pegmatity silezika

Oblast Hrubého Jeseníku je tvořena komplexem metasedimentárních a metavulkanických hornin proterozoického až devonského stáří, který je lokálně pronikán variskými granitoidy (Souček 1978). Metamorfovaný komplex silezika byl vystaven několika metamorfózám nízkého až středního stupně a také střížným deformacím (Souček 1978, Cháb et al., 1990).

Granitické pegmatity se vyskytují v regionálně metamorfovaných horninách sillimanitové a staurolitové zóny a v granitech (Novák a Rejl 1993). Dělíme je na dvě skupiny:

- (1) prevariské primitivní pegmatity, které jsou zařazovány do muskovitové třídy a vyznačují se hojným turmalínem, granátem a vzácně s berylem, Nb a Ta-oxidy. Výše uvedené pegmatity se projevují vysokou aktivitou B, ale nízkou aktivitou P, F a $Be \gg Li$. Není jasný jejich vztah k mateřským granitům a tyto pegmatity jsou metamorfně deformovány (Novák 2005).
- (2) Variské beryl-columbitové pegmatity (viz kapitola 3. 1.).

Obě skupiny pegmatitů vykazují odlišné geochemické znaky: (1) $B \gg P, F$ a $Be \gg Li$,

(2) nízké aktivity B, F, P a $Be \gg Li$.

3.1 Beryl-columbitové pegmatity silezika

Tyto pegmatity se na rozdíl od beryl-columbitových pegmatitů vyskytujících se na Českomoravské vrchovině vyznačují nepřítomností turmalínu (existují výjimky-Scheibengraben u Maršíkova).

Beryl-columbitové pegmatity se v sileziku vyskytují ve dvou izolovaných oblastech. První oblastí je okolí Šumperka, Petrova nad Desnou, Maršíkova a Sobotína a druhou je okolí Jeseníku (Adolfovice, Česká Ves, Salisov). Zcela izolovanou lokalitou je Dämmbaude u Branné.

Stáří pegmatitů bylo pouze zřídka studováno. V současnosti se stáří považuje za variské. Bylo odvozeno z radiometrického datování Sm- Nd 334 Ma pegmatoidního granitu Čertovy kameny u Jeseníku (Hegner a Kröner 2000 in Novák 2005). Jejich geneze souvisí patrně s variskými granitoidy silezika (Novák 2005).

První oblast výskytu pegmatitů má sepětí s Šumperským plutonem a menšími masivky u Vernířovic. Druhá oblast výskytu pegmatitů má spojení s menšími granitovými intruzemi kolem Jeseníku. V závislosti na chemické povaze mateřského granitu se jedná o LCT skupinu pegmatitů. NYF pegmatity chybí.

Podle stupně frakcionace se beryl-columbitové pegmatity silezika rozdělují na (1) relativně jednoduché muskovitické pegmatity s hojným granátem a akcesorickými minerály-columbitem, zirkonem, gahnitem a apatitem (Branná, Loučná- Novák et al. 2003b) a (2) poměrně silně frakciované žíly s granátem a s řadou vzácných akcesorických minerálů jako např. mikrolit, ferrotapiolit, rynersonit, topaz, bismut, triplit, chryzoberyl (okolí Maršíkova, Šumperk).

V beryl-columbitových pegmatitech v širším okolí Maršíkova se vyskytuje hojně beryl, vzácně byl zjištěn i euklas (Maršíkov-Scheibengraben- Pokorný a Staněk 1951). Vyskytují se v nich také sekundární Be-minerály, a to bavenit, bertrandit a milarit, dále se vyskytuje chryzoberyl, který je metamorfního původu. Li-minerály doposud nebyly zjištěny. Typické stopové prvky zahrnují Zn, Bi, U. Pegmatity v okolí Maršíkova se vyznačují nízkou aktivitou B, P, F (s výjimkou lokality Scheibengraben, kde je zvýšená aktivita B, P a hlavně F-topaz, muskovit bohatý F) (Novák et al. 2003a).

Berylové pegmatity jsou metamorfně postiženy (některé až v sillimanitové zóně-Schinderhübel III). Znaky metamorfózy pegmatitů jsou např. výrazné usměrnění muskovitu zvláště v okrajových zónách těles pegmatitů nebo vznik sillimanitu a chryzoberylu na střížných zónách (Franz a Morteani 1984, Černý et al. 1992b, 1995a).

Berylové pegmatity tvoří v okolí Maršíkova roj, jehož součástí je větší množství žil, které pronikají amfibolickými rulami a amfibolity sobotínského amfibolitového masivu. Mateřským granitem je patrně granit Rudné hory, který je variského stáří. Doposud není vyřešena otázka, který pegmatit náleží starší či mladší fázi variské orogeneze (Bernard a kol. 1981).

Stavba pegmatitů vykazuje následující uspořádání texturně-paragenetických jednotek od okraje tělesa: granitická- grafická- bloková jednotka- (křemenné jádro). V některých pegmatitech se výrazně uplatnilo metasomatické zatlačování starších minerálů mladšími minerály, které mělo povahu Na-metasomatózy (albitizace), kdy albit zatlačoval a nahradil K-živec. Vznikla nejmladší metasomatická jednotka ve vývoji pegmatitového tělesa. Některé berylové pegmatity byly postiženy hydrotermální alpskou paragenezí projevující se na puklinách vznikem minerálů jako např. epidot, albit a bavenit. Hydrotermální fáze pegmatitů byla později v některých případech přetištěna následnou metamorfózou (Novák 2002).

3.2 Rozšíření Be-minerálů v sileziku

Nejhojnějším Be-minerálem vyskytujícím se v Hrubém Jeseníku a vůbec v sileziku je beryl. Ostatní minerály zahrnující euklas, hydrotermální bavenit, bertrandit, milarit popř. chryzoberyl metamorfního původu jsou vzácné a jsou známy pouze lokálně. Proto se většina lokalit týká pouze berylu.

Be-minerály se vyskytují až na ojedinělé případy pouze v beryl-columbitových variských pegmatitech. Pegmatity obohacené o tyto minerály se objevují v trojúhelníku mezi Jeseníkem, Mikulovicemi a Zlatými Horami. Dále jde pak o oblast keprnické klenby, kde jsou výskyty např. v okolí Šumperka, Velkých Losin nebo Branné a samozřejmě desenské klenby, kde se nachází nejvýznamnější naleziště v okolí Maršíkova.

Beryl je udáván v jednoduchých pegmatitech v okolí Jeseníku. Uvádí se výskyt berylu a bílého paprscitého bavenitu v Adolfovicích, v pegmatitové žíle zastižené ve staré štole na železné rudy (Johannlberg). Čech (1963), Kruťa (1973) a Staněk in Bernard (1981) popisují světle zelený sloupcovitý beryl z volného pegmatitového balvanu nalezeného ve štěrkovně Strážnice u Ondřejovic. V pegmatitu ze Salisova byl zjištěn beryl a také chryzoberyl. V pegmatitech na Čertových kamenech u České Vsi byl zjištěn chryzoberyl a beryl. Beryly byly nalezeny také v pegmatitu v údolí řeky Bělá a v Písečné. Chryzoberyl a bavenit je znám z volného balvanu pegmatitu nalezeném u Mikulovic.

Beryl je také popisován v pegmatitu na staré lokalitě Dämmbaude u Branné. Tento beryl-columbitový pegmatit je od jemu podobných pegmatitů zcela izolován. Šedo- bílo- žluté beryly zde byly nalezeny „tlusté jako prst“ a dlouhé 8cm (Burkart 1953, Kruťa 1966, Staněk in Bernard 1981).

Beryl (sloupce světle zelené barvy až 5x2cm velké), bavenit a bertrandit je popisován z pegmatitových žil z lomu na Ostředku u Šumperku a beryl také z Holubího vrchu.

Aichler et al. (1986) popisují beryl (sloupečky až 8mm velké) z metapegmatitu z vrhu Vidly Vi5 v hloubce 188,8-189m, vyhloubeném v roce 1985. Žlutozelené beryly jsou silně podrcené a tektonicky postižené. Uvedený pegmatit obsahuje muskovit, turmalín, granát aj. Je řazen do muskovitových pegmatitů (Novák 2005).

Zcela odlišnou lokalitou jsou Skály u Rýmařova. Zdejší sytě modře zbarvený beryl je obohacen Na, Mg a Fe. Beryl se zde vyskytuje v křemen- kalcitových žilách na metamorfovaném ložisku Fe- rud.

Klasickou oblastí výskytu berylu a jeho sekundárních minerálů v sileziku je okolí Maršíkova a Sobotína. Ve zdejších pegmatitovém roji byly zjištěny desítky žil, ve kterých se relativně často vyskytoval zvláště beryl.

Snad nejvýznamnější lokalitou je Scheibengraben u Maršíkova, kde byly nalezeny dvougenerační beryly. První žlutozelené obecné až 10x2cm velké beryly zarostlé do blokového pegmatitu a druhé akvamaríny, které jsou vodově modré o velikosti do 6cm a vyskytují se v albitové jednotce. Dále zde byl zjištěn euklas, bavenit, milarit a bertrandit (Pokorný a Staněk 1951).

Lokalita Schinderhübel u Maršíkova je slavným nalezištěm chryzoberylu, který vznikl na úkor berylu. Dále je tento výskyt významným nalezištěm křídově bílého paprscitého bavenitu. Beryl se zde vyskytoval buď jako žlutozelené sloupce až 5cm velké zarostlé do křemenného jádra, nebo jako značně rozvětralá zrna spojená s procesy přeměny na chryzoberyl. V okolí klasické lokality jsou známy žíly dalších berylových pegmatitů, v nichž se vyskytuje beryl a vzácněji bavenit.

Na lokalitě Bienergraben u Sobotína byly nalezeny největší jesenické beryly o velikosti do 12cm. Na lokalitě Oplustilberg byly nalezeny drobnější modrozelené beryly a také bavenit. Další už méně známé výskyty pegmatitů byly u Maršíkova zaznamenány na jv. úbočí Lužného (564,6mn m.), na Zadním vrchu (607mn m.), dále v Rudolticích, Vernířovicích a Petrově nad Desnou. Zdejšími starými lokalitami berylu se zabývali např. Pokorný a Staněk (1951), Čech (1963, 1973), Dostál (1966), Kruřa et al. 1968.

3.3 Významné beryl-columbitové pegmatity

Z množství berylových pegmatitů, lokalizovaných v Hrubém Jeseníku, uvedme stručnou charakteristiku alespoň těch významných, které prosluly především mineralogickou pestrostí. Jedná se o lokality Dämmbaude u Branné, Scheibengraben a Schinderhübel u Maršíkova a Bienergraben a Oplustilberg u Sobotína. Šestou významnou lokalitou je nově objevená Lysá hora u Maršíkova, charakterizovaná podrobně v kapitole 4. a dále.

Dämmbaude u Branné

Dämmbaude je starou lokalitou berylu, lokalizovanou asi 5km sv. od ŽST Branná v zalesněném svahu nad říčkou Branná. Na lokalitě se nachází starý lomek a 10m dlouhá silně zasucená rýha a množství menších haldiček úlomků pegmatitu pocházejících ze žíly beryl-columbitového pegmatitu. Žíla pegmatitu je asi 0,5 až 1,5m mocná, dlouhá cca 100m, směru SZ- JV. Pegmatit proniká středně zrnitými dvojslídnyými rulami a patrně i kvarcity (Novák et al. 2003) a je uložen konkordantně s foliací okolních rul, při kontaktu se řídce objevují drobné diskordantní odžilky. V pramenné oblasti Branné se vyskytuje množství volných pegmatitových balvanů, je proto pravděpodobné, že se zde vyskytuje více podobných žil pegmatitů.

O zdejší výskytu se zmiňuje už von Rath (1880) a Neuwirth (1900). Stručně o něm pojednává Burkart (1953), Kruťa (1966), Staněk (1981). V nejnovější době se lokalitou zabývali Novák et al. 2003.

Zdejší pegmatitová žíla je zonální, přičemž jednotlivé jednotky jsou rozmístěny nepravidelně. Objemově dominantní je jednotka blokového pegmatitu tvořená především K-živcem, která je místy zřetelně zatlačována cukrovitým albitem. Při kontaktu žíly se nachází křemen-muskovitová jednotka. V blokové jednotce byly zjištěny drobné dutiny. V pegmatitu dosud nebyly nalezeny texturně-paragenetické jednotky blokový křemen a granitický pegmatit (Novák et al. 2003).

Kromě hlavních minerálů zde byla zjištěna řada akcesorických minerálů zahrnujících muskovit, granát, beryl, turmalín, biotit, gahnit, apatit, zirkon, uraninit a bismut. Ze skupiny minerálů Nb a Ta výrazně převládá columbit-(Fe), vzácněji se vyskytuje tantalit-(Fe) a columbit-(Mn). V blízkosti turmalínu z blokového živce byl zjištěn mikroskopický niobový rutil. Inkluze mikrolitu a lemy plumbomikrolitu byly zjištěny v columbit-tantalitu z blokového živce. Podrobně se zabývali především mikroskopickými Nb a Ta minerály Novák et al. 2003.

Scheibengraben u Maršíkova

Lokalita Scheibengraben u Maršíkova patří mezi klasické výskyty beryl-columbitových pegmatitů v Hrubém Jeseníku. Nachází se asi 1,7 km východně od kostela v Maršíkově na konci údolí Scheibengraben (nově Střelecký důl) na levém břehu bezejmenného potůčku uvnitř obory. Na lokalitě se nachází starý, dnes již poměrně zašlý lomek a štolka. V bezprostřední blízkosti lomku jsou situovány zbytky hald.

Lokalitu objevil na přelomu 19. a 20. století F. Kretschmer, který také publikoval první studii o stavbě, petrografii a mineralogii pegmatitu (Kretschmer 1911). Lokalitu zkoumali dále zvláště Pokorný a Staněk (1951) nejnověji pak Novák et al. 2002.

Pegmatitová žíla proniká okolními amfibolickými rulami. Její mocnost je 10m a délka cca 100. Žíla má směr VSV- ZJZ a na okraji tělesa se nachází čočka amfibolitu. Kontakt žíly s okolní horninou je ostrý, konkordantní s foliací rul. Pegmatitové těleso vykazuje zonální stavbu, avšak jednotlivé texturně-paragenetické jednotky jsou rozmístěny nepravidelně (Pokorný a Staněk 1951). Byly vyčleněny následující jednotky: hrubě zrnitá jednotka, grafická, bloková jednotka, metasomatická jednotka cukrovitého albitu a jednotka cleavelanditu. V blokové jednotce byly zjištěny malé primární dutinky, do nichž krystalizovaly živce, křemen, apatit, muskovit, topaz aj. Dále se vyskytovaly dutinky po vylouženém berylu.

Pegmatitové těleso bylo postíženo silnou deformací, jejímiž znaky je usměrnění kontaktní zóny, výrazná lineace a foliace cukrovitého albitu či usměrnění lupenů muskovitu (Novák et al. 2002). Pegmatit byl postížen lokálně také hydrotermální fází typu alpské parageneze, která se na puklinách projevila vznikem adularu, muskovitu, bavenitu, milaritu, hematitu.

Mineralogicky je pegmatit velmi bohatý. Kromě základních komponent pegmatitu (Qtz+ Ab+ Kfs+ Msc) zde byla zjištěna řada často vzácných akcesorických minerálů. Je odtud znám biotit, skoryl, gahnit, magnetit, zirkon, topaz, chlorit, hematit. Fosfáty jsou zastoupeny fluorapatitem a triplitem. Minerály Be lze rozdělit na (1) primární magmatické a hydrotermální- beryl (dvougenerační) a euklas, (2) sekundární hydrotermální- bavenit, bertrandit, milarit. Pegmatit obsahuje relativně hojné Nb, Ta- minerály. Mezi primární patří columbit-(Fe), columbit-(Mn) až tantalit-(Mn), mikrolit, ferrotapiolit a rynersonit. Hydrotermálního původu je např. uranpyrochlor, mikrolit, fersmit. Bi- minerály zastupuje bismut, bismutit a bismit.

Scheibengrabenský pegmatit se od jiných pegmatitů v Hrubém Jeseníku liší zvýšenou aktivitou F (topaz, F- bohatý muskovit) a B (skoryl) a vysokou frakcionací (Novák et al. 2002).

Schinderhübel u Maršíkova

Schinderhübel (Rasovna) je klasickou lokalitou sillimanit-chryzoberylového pegmatitu nacházející se přibližně 500m SV od kostela v Maršíkova. Prvním, kdo se zmiňuje o zdejších minerálech, a to zvláště o chryzoberylu, byl v roce 1824 W. Hruschka. Zdejší pegmatit studovali např. Čech (1963), Dostál (1966), Franz a Morteani (1984), Černý et al. 1992, 1995.

Na lokalitě se nachází více žil, z nichž nejvýznamnější jsou žíly Maršíkov I, II, III (označení žil dle Černý et al. 1992). Žíly prorážejí amfibolické a biotit- amfibolické ruly sobotínského amfibolitového masivu. Liší se svou mocností a stupněm metamorfózy, co je však spojuje, je podobná stavba a chemické složení minerálů a jejich asociace (Novák 2002).

Žíla Maršíkov I je asi 50cm mocná a nachází se cca 30m SSZ od hlavní žíly a je slabě metamorfovaná. Žíla Maršíkov II běží subhorizontálně a je jen asi 35cm mocná a leží asi 30m východně od hlavní žíly a je zřetelně metamorfovaná. Žíla Maršíkov III také subhorizontální až 1m mocná a silně metamorfovaná je klasickým nalezištěm chryzoberylu.

Mezi metamorfní znaky žil patří výrazná lineace, usměrnění lupenů muskovitu, vznik chryzoberylu a sillimanitu, střídání proužků křemene a živců. Na žilách se nevyskytují primární dutiny. Na některých žilách se uplatnila také hydrotermální fáze typu alpské parageneze, kdy na puklinách krystalizoval epidot, albit, bavenit aj. Nejsilněji se tato fáze projevila na žíle I. Na žilách II a III je snad hydrotermální fáze přetištěna následnou metamorfózou (Novák 2002). Žíly jsou zonální, od kontaktu s okolními rulami můžeme vidět následující sled jednotek: drobně zrnitá granitická zóna, středně zrnitá albit- muskovitová zóna a křemenné jádro. Objevuje se zde také jednotka drobně zrnitého cukrovitého albitu. Kromě žíly I se nevyskytuje jednotka blokového K- živce.

Taktéž mineralogie pegmatitu je velmi pestrá. Kromě základních komponent se v žilách hojně vyskytuje muskovit a granát. Minerály Be zastupuje primární beryl, sekundární bavenit a konečně metamorfní chryzoberyl. Nb, Ta- minerály zastupuje columbit- tantalit, tantalový rutil, ixiolit, mikrolit, fersmit. Na žilách byla zjištěna řada vzácných minerálů, např. uraninit, brabantit, bismut, bismutit, gahnit, magnetit, sillimanit či zirkon atd.

Bienergraben a Oplustilberg u Sobotína

O pegmatitu na lokalitě Bienergraben se zmiňuje F. Kretschmer, který jeho mineralogickou charakteristiku uvádí ve své práci Kretschmer (1911). Z dalších autorů lokalitu studovali Kruťa et al. 1968, v nejnovější době pak Štosová (2009).

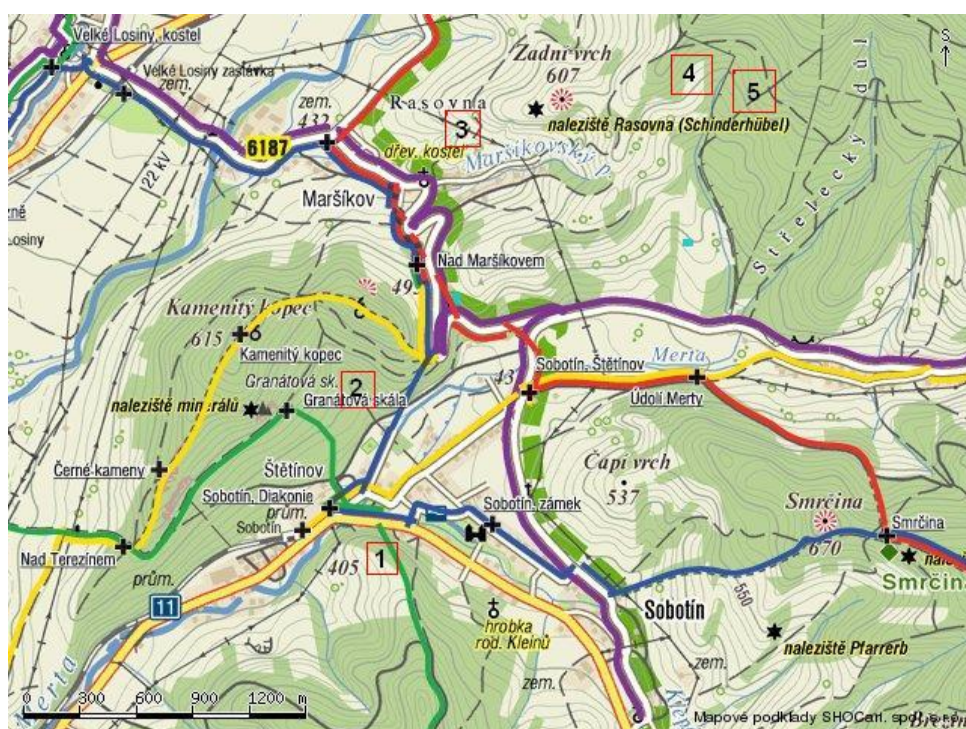
Dnes není bohužel jasné, jak je pegmatitové těleso mocné. Výše uvedení autoři uvádějí 2- 3m (resp. 4m). Pegmatit proráží amfibolickými rulami. Štosová (2009) udává tři texturně-paragenetické jednotky: hrubě zrnitou živec- křemen- muskovitovou, grafickou a blokovou jednotku.

Mineralogicky lokalita proslula nálezy až 12x2cm velkých berylů. Dále se zde vyskytoval muskovit, granát, columbit- tantalit, zirkon, (apatit, gahnit- Kruťa et al. 1968).

Další lokalitou je Oplustilberg u Sobotína, nacházející se cca 500m východně od ŽST Sobotín. Lokalitu zkoumali např. Kruťa et al. 1968, nejnověji pak Štosová (2009). Autoři uvádějí hrubozrnnou muskovitovou jednotku, blokovou a metasomatickou jednotku.

Mineralogie lokality je obdobná jako u předchozího výskytu. Zahrnuje beryl, granát, bavenit, biotit, muskovit, zirkon, mikrolit, columbit. Štosová (2009) udává drobné žilky v pegmatitu, které patří alpské paragenezi, které vyplňují živce, křemen, chlorit, minerály klinozoisit- epidotové řady, granát, titanit.

Obr. 1. Mapka výskytu významných beryl-columbitových pegmatitů v okolí Maršíkova. 1- Oplustilberg, 2-Bienergraben, 3- Schinderhübel, 4- Lysá hora, 5- Scheibengraben.



4 Beryl-columbitový pegmatit na Lysé hoře u Maršíkova

Beryl-columbitový pegmatit na Lysé hoře u Maršíkova byl objeven autorem na podzim roku 2005.

Pegmatit je situován na jz. svahu Lysé hory (744m n. m), a to přibližně mezi už zmíněnou kótou a Zadním vrchem (626m n. m). Je vzdálen přibližně 1,5 km vsv. od kostela v Maršíkově. Výskyt leží na území oplocené obory, cca 60m od její hranice. Od klasického naleziště Scheibengraben je lokalita vzdálena cca 350m ssz. (Zimák a Chládek 2008). GPS-souřadnice naleziště jsou N 50° 02, 331' a E 17° 05, 825'.

Základní údaje o zdejším výskytu pegmatitu přinesli Zimák a Chládek (2008) a Štosová (2009).

Na lokalitě (viz obr. 2), jež je součástí vrstevnicově probíhajícího agrárního valu, byla provedena rekognoskace terénu, která měla za cíl prozkoumat menší agrární haldičky, domnělý výchoz pegmatitu a především odebrat reprezentativní jak petrografický, tak mineralogický materiál, v neposlední řadě též pořízení fotodokumentace.

Obr. 2. Lokalita Lysá hora u Maršíkova, podzim 2009 (foto autor)



Na agrárních haldách převažují úlomky amfibolitů a amfibolických rul, na jejichž puklinách byly nalezeny minerály alpské parageneze (epidot, křemen, živce, amfibol atd.), které náleží okolnímu sobotínskému amfibolitovému masivu. Dále lze nalézt úlomky granitoidních hornin, pocházejících z nedaleké granitového intruze Rudné hory. Na lokalitě jsou hojně zastoupeny fragmenty pegmatitu o velikosti 0,5m, výjimečně až 1m. Na lokalitě se nachází také přibližně 2x1,5m velký možný výchoz pegmatitu. Po jeho straně byl proveden 1m hluboký výkop, který však ukázal, že jde o volný blok. Dosud se nepodařilo vyhledat výchoz pegmatitu, nemáme tedy žádné informace o úložných poměrech pegmatitu. Je však velmi pravděpodobné, že náš studovaný pegmatit podobně jako ostatní pegmatitová tělesa v okolí Maršíkova proniká horninami sobotínského amfibolitového masivu. Pegmatit na Lysé hoře geneticky souvisí patrně s granitovou intruzí Rudné hory.

V rámci pegmatitu byly vyčleněny následující texturně-paragenetické jednotky:

- (1) Hrubě zrnitá jednotka je objemově dominantní jednotkou pegmatitu na lokalitě. Na jejím složení se podílí především křemen, živce, muskovit, méně pak biotit.
- (2) Jednotka cleavenlanditu je spíše podřadně zastoupena v hrubě zrnité jednotce, kde se objevují hnízda cm rozměrů. Tato jednotka je složena hlavně z křemene, tence tabulkovitého cleavenlanditu, muskovitu.
- (3) Grafická jednotka je tvořena zákonitými písmenkovými srůsty křemene a živce. Vyskytuje se v ní také muskovit, granát, vzácně beryl.
- (4) Blokovaná jednotka je tvořena až 10cm velkými individui perthitického živce a křemene. Vyskytují se v ní dále muskovit, granát, beryl, Nb-Ta oxidy a další minerály.
- (5) Pouze v reliktech bylo nalezeno křemenné jádro, v němž se objevují především větší krystaly berylu, muskovitu, je v něm často přítomen také columbit.

Ve zdejší pegmatitu dosud nebyla nalezena metasomatická jednotka cukrovitého albitu, která je rozšířená na nedalekém Scheibengrabenu (Novák 2002). Pegmatit na Lysé hoře se svou stavbou podobá pegmatitu z lokality Bienergraben u Sobotína (Štosová a Zimák 2006).

Pouze ve stručnosti následuje charakteristika volného 2x1,5m velkého bloku pegmatitu, zanořeného do agrární haldy. Na objemu balvanu se podílí dominantně hrubě zrnitá jednotka, která na jedné straně balvanu přechází ve slabě vyvinutou grafickou jednotku a konečně 20-30cm mocnou blokovanou jednotku, tvořenou K-živcem. Na blokovanou jednotku navazuje relikt křemenného jádra o mocnosti 15-20cm. Zejména v křemenném jádře, ale také v blokovaném K-živci, byly nalezeny až 10cm velké tabulky muskovitu, téměř 10cm dlouhé sloupcovité krystaly berylu a konečně až 1cm velké krystaly columbitu.

Obr. 3. Volný balvan pegmatitu o rozměrech 2x1,5m původně považovaný za mateřský výchoz pegmatitu. Vysvětlivky: 1- hrubě zrnitá jednotka, 2- bloková jednotka, 3- reliktní křemenného jádra, elipsa- hnízdo Be- mineralizace. Podzim 2009 (foto autor).



4.1 Mineralogická charakteristika pegmatitu

Z hlavních minerálů se v pegmatitu vyskytuje křemen a alkalické živce. Ve vedlejším množství se vyskytují fylosilikáty, a to zejména muskovit či často silně chloritizovaný biotit. V akcesorickém množství se objevuje granát, beryl, Nb-Ta oxidické minerály, rutil, pyrit, zirkon atd. Následuje podrobný popis v pegmatitu se vyskytujícími minerály od hlavních přes vedlejší až po akcesorické minerály.

KŘEMEN je spolu s živci základní stavební komponentou pegmatitu a je hojný ve všech texturně-paragenetických jednotkách. Individua křemene jsou až 5cm velká, šedě zbarvená (bloková jednotka). Ve výbrusu jsou xenomorfní zrna křemene bezbarvá, prostoupená trhlinami. Křemen zřídka mívá místy undulozně. Na ploše výbrusu křemen tvoří zrna až 5mm velká. Křemen byl nalezen na puklinách v podobě drobných krystalů v asociaci s tabulkovitými živci a vějířovitým muskovitem. Uvedená asociace je hydrotermálního původu a náleží nejspíše pozdní fázi vývoje pegmatitu.

ALKALICKÉ ŽIVCE v pegmatitu zastupuje **MIKROKLIN** a **ALBIT**. Individua živce jsou běložluté, béžové barvy a dosahují velikosti až 10cm. Objemově dominantní je mikroklin, který se podílí na složení blokové jednotky. Mikroklin ve výbrusu vykazuje typické mřížkování a objevují se v něm odmíšeniny albitu (perthitický živec), plagioklasy jsou polysynteticky lamelované. Zrna živců jsou omezena xenomorfně až hypautomorfně, vyšší stupeň idiomorfie převládá u albitu a vůbec nejvyšší je u tence listovitého cleavelanditu. Z výbrusů je patrné, že živce (zejména mikroklin) jsou často silně postiženy přeměnami, jsou zakalené a přeměněné na jílové minerály (kaolinizace). Někdy se uplatňuje na přeměně živců také sericitizace. Podle WDX analýzy je patrná bazicita plagioklasu v intervalu An_{02-03} (viz tab. 1), jde tedy o téměř čistý albit. Spolu s křemenem a muskovitem se živce objevují na nepatrných puklinách v blokové jednotce.

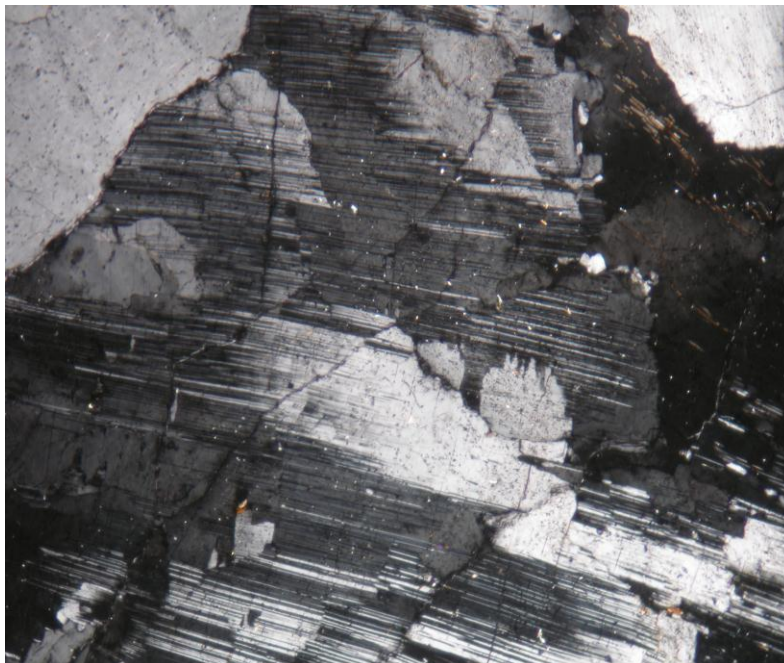
FYLOSILIKÁTY v pegmatitu reprezentují zejména slídy (muskovit a méně i biotit).

MUSKOVIT je vedlejším minerálem v pegmatitu a vyskytuje se ve všech texturně-paragenetických jednotkách. Ve výbrusech je často patrné hypautomorfní až automorfní omezení a dokonalá štěpnost tabulek muskovitu. Chemické složení muskovitu je uvedeno v tab. 2 (analýzy č. 12, 13, 49).

Tab. 1. Výsledky WDX analýz (hm. %) albitu, lokalita Lysá hora, přepočet na 8 atomů kyslíku.

	35	53
Na ₂ O	11,03	11,71
SiO ₂	68,31	64,92
Al ₂ O ₃	20,13	19,47
BaO	0	0
P ₂ O ₅	0,12	0,17
K ₂ O	0,21	0,16
CaO	0,45	0,57
FeO	0,01	0,02
SrO	0,08	0
suma	100,35	97,01
Na	0,931	1,028
Si	2,973	2,939
Al	1,032	1,039
P	0,004	0,007
K	0,012	0,009
Ca	0,021	0,028
Fe	0	0,001
Sr	0,002	0

Obr. 4. Polysynteticky lamelovaný albit v pegmatitu z lokality Lysá hora, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



V rámci pegmatitu je možné vyčlenit několik genetických typů muskovitu:

- (1) Muskovit z hrubě zrnité jednotky, vytvářející až 2cm velké šupiny nebo tabulky.
- (2) Muskovit vytvářející až 10cm velké tabule vyskytující se v blokovém K-živci a křemenném jádře. Někdy jsou patrné dvojčatné i trojčatné srůsty a částečné „pseudohexagonální“ omezení tabulek muskovitu. Tento typ muskovitu asociuje s většími krystaly berylu a také s columbitem.
- (3) Jemně šupinkatý muskovit (sericit) z metasomatické jednotky (cleavenlanditu).
- (4) Muskovit vyskytující se pospolu s drobnými krystaly křemene a živců na puklinkách v blokovém K-živci. Tento typ muskovitu je hydrotermálního původu a reprezentuje patrně pozdní fázi vývoje pegmatitu.

Bylo by možné ještě vyčlenit pátý generační typ muskovitu hydrotermálního původu, který byl nalezen v podobě malého vějířku v ojedinělé dutině po vylouženém berylu. Není však zcela jasná časová souslednost tohoto typu muskovitu s muskovitem z puklinek blokového živce.

Tab. 2. Výsledky WDX analýz (hm. %) fylosilikátů, přepočtené na 11 atomů kyslíku (muskovit-analýzy č.12,13 a 49) a na 14 atomů kyslíku (Fe-chlorit- chamositového složení, analýza č.48).

	12	13	48	49
Na ₂ O	0,62	0,57	0,03	0,08
SiO ₂	46,14	46,17	22,72	47,87
Al ₂ O ₃	32,74	32,30	21,60	33,26
MgO	0,77	0,79	1,83	0,48
K ₂ O	10,56	10,94	0,01	10,72
CaO	0	0,01	0,07	0
Cr ₂ O ₃	0,03	0	0	0
BaO	0,03	0	0,05	0,03
TiO ₂	0,11	0,11	0,02	0,10
FeO	3,74	3,79	40,99	2,89
MnO	0,04	0,04	1,70	0,09
V ₂ O ₃	0,01	0,05	0,04	0,02
NiO	0	0	0,02	0
Cl	0	0	0,01	0
ZnO	0,04	0,02	0,06	0
P ₂ O ₅	0	0,02	0	0,03
F	0,28	0,24	0	0,13
suma	95,12	95,03	89,14	95,70
Na	0,081	0,075	0,004	0,010
Si	3,123	3,134	2,600	3,189
Al	2,612	2,584	2,913	2,611
Mg	0,078	0,080	0,312	0,048
K	0,912	0,948	0,001	0,911
Ca	0	0,001	0,009	0
Cr	0,002	0	0	0
Ba	0,001	0	0,002	0,001
Ti	0,006	0,006	0,002	0,005
Fe	0,212	0,215	3,922	0,161
Mn	0,002	0,002	0,165	0,005
V	0,001	0,003	0,004	0,001
Ni	0	0	0,002	0
Cl ⁻	0	0	0,002	0
Zn	0,002	0,001	0,005	0
P	0	0,001	0	0,002
F ⁻	0,060	0,052	0	0,027
O ²⁻	10,940	10,948	13,998	10,973

BIOTIT se vyskytuje řídké v hrubě zrnité jednotce (blíže k okrajové jednotce pegmatitu), v podobě drobných šupin. Ve výbrusech jsou patrné xenomorfně až hypautomorfně omezené tabulky s odstíny pleochroizmu od světle hnědé, béžové barvy až po sytě hnědý odstín. Biotit je silně chloritizován, chloritizace postupuje podél štěpných trhlin. Chemismus biotitu a jeho chloritizované formy (zjištěný pomocí WDX analýzy) uvádí Štosová (2009).

V pegmatitu se vyskytuje dále CHLORIT, coby produkt rozkladu biotitu. V procházejícím světle je lupínkovitý, světle zelený, slabě pleochroický a vůči biotitu má propadající reliéf. WDX analýzou bylo zjištěno, že složením odpovídá klinochlor-chamositové řadě chloritů, s převahou chamositové složky (tab. 2, analýza č. 48).

GRANÁT je akcesorickou součástí pegmatitu, vyskytující se zejména v hrubě zrnité jednotce a méně i v blokové jednotce. Vytváří agregáty o velikosti 4- 8mm, velikost červených, lesklých izometrických zrn, často dokonale omezených, nepřekračuje 2mm.

Podle Štosové (2009) se na morfologii zrn podílí tvary tetragon-trioктаedru nebo spojka tohoto tvaru s rombickým dodekaedrem. V procházejícím světle jsou zrna granátu bezbarvá a jsou hypautomorfně až automorfně omezená. Při zkřížených nikolech je tmavý (izotropní). Zrna granátu jsou často silně rozpukaná a po trhlinách od okraje do centra zrna postupuje biotitizace. Někdy je patrné i „řetízování“ granátu. WDX analýzou bylo zjištěno, že granát odpovídá almandin-spessartinové řadě, almandinová složka mírně převažuje nad spessartinovou.

Tab. 3. Výsledky WDX analýz granátu (hm. %), přepočten na 12 atomů kyslíku a suma $R^{3+}=2$

	1	2	5	6	10	11	32	33	34	47
Na ₂ O	0,07	0,07	0,09	0,03	0,06	0,04	0,04	0,09	0,05	0
SiO ₂	37,07	36,67	36,25	35,95	36,45	36,52	36,61	36,58	37,02	36,22
Al ₂ O ₃	21,12	20,94	20,34	20,40	20,35	20,39	20,63	20,51	20,98	20,48
MgO	1,41	1,34	1,08	0,60	1,06	1,01	0,76	0,79	1,00	0,91
CaO	0,29	0,30	0,36	0,31	0,53	0,37	0,46	0,39	0,22	0,26
K ₂ O	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0	0,01
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TiO ₂	0,03	0,01	0,07	0,07	0,01	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05
Fe ₂ O ₃	0	0	0,69	0,41	0,76	0,51	0,32	0,44	0,01	0,39
FeO	19,42	18,62	21,45	18,58	21,77	21,70	21,31	21,13	21,64	22,30
MnO	21,88	22,68	20,20	23,92	19,91	19,33	20,65	20,80	20,23	19,75
V ₂ O ₃	0	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0
P ₂ O ₅	0,16	0,12	0,26	0,29	0,19	0,17	0,14	0,12	0,10	0,19
Y ₂ O ₃	0	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,06	0	0
F	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0
suma	101,45	100,80	100,84	100,66	101,12	100,11	100,98	100,87	101,29	100,56
Si	2,983	2,977	2,958	2,948	2,966	2,990	2,980	2,981	3,023	2,965
Ti	0,002	0,001	0,004	0,004	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003
P	0,011	0,008	0,018	0,020	0,013	0,012	0,010	0,008	0,007	0,013
Al	2,003	2,003	1,956	1,972	1,952	1,968	1,979	1,970	2,019	1,976
Y	0	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0	0,003	0	0
V	0	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0	0
Fe ³⁺	0	0	0,042	0,025	0,047	0,031	0,020	0,027	0,001	0,024
Fe ²⁺	1,307	1,264	1,464	1,274	1,482	1,486	1,451	1,440	1,478	1,527
Ca	0,025	0,026	0,031	0,027	0,046	0,032	0,040	0,034	0,019	0,023
Mn	1,491	1,559	1,396	1,662	1,372	1,340	1,424	1,436	1,399	1,369
Mg	0,169	0,162	0,131	0,073	0,129	0,123	0,092	0,096	0,001	0,111
K	0	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0,001
Na	0,011	0,011	0,014	0,005	0,009	0,006	0,006	0,014	0,008	0
F	0	0	0	0,013	0	0	0	0	0	0

BERYL se v pegmatitu na Lysé hoře vyskytuje poměrně zřídka. Jeho výskyt je potvrzen pouze z blokové jednotky a zejména z reliktního křemenného jádra. Do podzimu roku 2009 byl znám beryl pouze v podobě špinavě zelených často silně alterovaných šestibokých neukončených krystalů o velikosti max. 20x5mm. V listopadu roku 2009 byl autorem nalezen volný balvan pegmatitu (viz předchozí kapitola) zanořený v agrární haldě. Ve dvou hnízdech s Be-mineralizací situovaných v reliktního křemenného jádra došlo k nálezům šestibokých krystalů berylu velkých 5x2cm resp. až 10x4,5cm. Menší krystaly (velké do 3 cm) jsou na okrajích a při hranách částečně průsvitné a zcela ojediněle vodově modravé. Větší sloupce berylu se vyznačují světle až sytě zelenou či nahnědlou barvou, jsou často „vybledlé“, neprůhledné. Některé z těchto krystalů jsou jednoduše ukončené bází. Krystaly byly tlakově namáhány, jsou rozpukané, různě posunuté a pukliny v nich zatmeluje mladší křemen. Ojediněle byl na jednom větším krystalu berylu pozorován hypoparalelní srůst menších stébel berylu. Po bocích větších krystalů jsou patrné přírůstkové linie a na příčném řezu je patrný sektorový růst berylu. Uvnitř sloupců berylu jsou někdy uzavřena zrna křemene. V blízkosti berylu byla nalezena drobná zrna zirkonu, tabulky columbitu a především velké tabulky muskovitu. Většina menších i větších krystalů berylu je slabě až silně navětralá, někdy byla pozorována přeměna na černý sypaný materiál. V úlomcích křemene byla nalezena okrouhlá silně alterovaná hnědočerná zrna berylu o velikosti max. 2cm. Ve výbrusu je beryl xenomorfně omezený, slabě nažloutlý a silně rozpukaný.

Byla nalezena dutinka po vyloužení berylu v K-živci. Na stěnách dutinky (hexagonálního průřezu) se vyskytují pospolu s vějířkovitým agregátem muskovitu nepatrné bělavé poprašky neznámého minerálu, jehož vznik je spjat s vyloužením berylu a mohlo by se jednat snad o některý ze sekundárních Be-minerálů.

Fosfáty na naší lokalitě zastupuje apatit-(CaF), xenotim-(Y), monazit-(Ce), cheralit (brabantit) a smirnovskit.

APATIT-(CaF) byl zjištěn až při odražených elektronech. Nepatrné zrno bylo zjištěno v silně chloritizovaném biotitu pronikajícím po puklinách zrnem granátu. Byl zjištěn dominantní obsah fluoru (0,98 apfu) (tab. 4).

XENOTIM-(Y) byl zjištěn také WDX analýzou. Vytváří xenomorfní cca 30 μ m velké zrno, vykazující naprostou převahu Y (0,685 apfu) (tab. 5).

Tab. 4. Výsledky WDX- analýzy apatitu-(CaF) (hm. %), přepočet na 12,5 atomů kyslíku.

	50
Na ₂ O	0
SiO ₂	0,37
As ₂ O ₃	0
Al ₂ O ₃	0,28
MgO	0
CaO	54,33
K ₂ O	0,01
P ₂ O ₅	41,97
MnO	0,3
FeO	0,61
ZnO	0
V ₂ O ₃	0
SO ₂	0
BaO	0,03
SrO	0
PbO	0,04
Y ₂ O ₃	0
La ₂ O ₃	0,16
Ce ₂ O ₃	0,03
Nd ₂ O ₃	0,05
F ⁻	3,85
O= F	-1,62
suma	100,41

Si	0,0298
Al	0,0266
Ca	4,6857
K	0,001
P	2,8601
Mn	0,0205
Fe	0,0411
Ba	0,0009
La	0,0048
Ce	0,0009
Nd	0,0014
F ⁻	0,9801
O ²⁻	11,5199
Pb	0,0009

Tab. 5. Výsledky WDX analýzy xenotimu-(Y), přepočet na 4 atomy kyslíku.

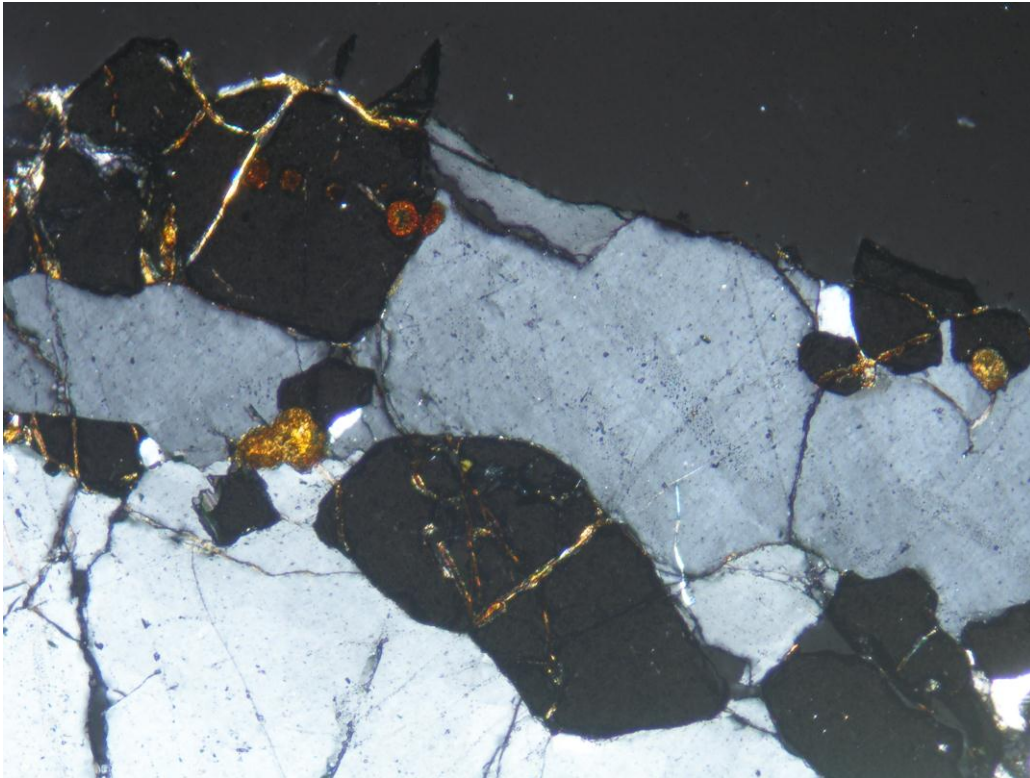
	37
P ₂ O ₅	33,55
SO ₂	0,02
CaO	0,27
La ₂ O ₃	0
Ce ₂ O ₃	0,03
PbO	0,41
ThO ₂	1,08
UO ₂	3,25
Y ₂ O ₃	36,75
As ₂ O ₃	0
ZrO ₂	0,01
Al ₂ O ₃	0
SiO ₂	0,94
Yb ₂ O ₃	6,55
Er ₂ O ₃	3,04
Dy ₂ O ₃	6,07
Gd ₂ O ₃	2,89
Sm ₂ O ₃	1,02
Nd ₂ O ₃	0,38
MnO	0
FeO	0
Sc ₂ O ₃	0,03
suma	96,29

P	0,995
S	0,001
Ca	0,01
Pb	0,004
Th	0,009
U	0,025
Y	0,685
Si	0,033
Yb	0,07
Er	0,033
Dy	0,069
Gd	0,034
Sm	0,012
Nd	0,005
Sc	0,001

Tab. 6. Výsledky WDX analýz monazitu-(Ce) (hm.%), přepočten na 4 atomy kyslíku (analýzy č. 4, 7, 42), cheralitu (analýzy č. 3, 15, 17) a uraninitu (45, 46).

	3	4	7	15	17	42	45	46
P ₂ O ₅	25,89	28,38	27,50	26,55	23,60	28,16	1,36	1,89
SO ₃	0,12	0,34	0,01	0,05	0,06	0	0,01	0
CaO	7,77	3,33	2,85	7,55	6,03	0,07	1,23	2,59
La ₂ O ₃	3,58	7,99	8,18	1,07	2,48	12,11	0	1,06
Ce ₂ O ₃	0	17,02	22,37	0,40	0,40	30,18	0,09	0,29
ThO ₂	31,43	16,15	9,25	47,76	44,14	2,14	0,67	4,97
UO ₂	6,59	0,88	2,63	1,82	0,95	0,08	58,76	46,92
PbO	0,35	0,49	0,22	0,33	0,16	0,02	0,49	0,56
Y ₂ O ₃	4,35	1,33	0,31	1,42	0,69	0,04	0,04	0,57
SiO ₂	0,64	2,11	2,77	2,12	1,51	0,64	1,60	1,37
Al ₂ O ₃	0,05	0,35	0,32	0,70	1,39	0,01	1,39	0,92
Dy ₂ O ₃	1,52	0,62	0,23	0,71	0,21	0,06	0,03	0,20
Pr ₂ O ₃	1,15	2,77	2,79	0,27	0,60	3,80	0	0,24
Nd ₂ O ₃	4,55	9,55	9,65	1,87	2,47	0,13	0,09	0,74
Gd ₂ O ₃	1,99	2,37	1,63	1,02	0,35	1,91	0,03	0,39
Sm ₂ O ₃	2,55	4,92	4,52	1,17	0,56	5,59	0	0,45
Er ₂ O ₃	0,33	0,04	0,02	0,15	0,03	0	0,01	0,07
MnO	0	0	0	0,03	0,01	0	0,10	0,07
FeO	0,41	0,04	0,09	2,36	1,18	0	0,99	0,96
As ₂ O ₅	0,02	0,03	0,04	0	0	0,11	0	0
F ⁻	0,40	0,01	0,02	0,26	0,05	0,62	0	0
Sc ₂ O ₃	0,01	0,03	0	0	0,04	0	0,03	0
SrO	0,11	0,10	0,02	0,23	0,33	0	0	0
O=F	-0,17	0	-0,01	-0,11	-0,02	-0,26	0	0
suma	93,64	98,85	95,41	97,73	87,22	85,41	66,92	64,26
P	0,924	0,935	0,931	0,902	0,905	1,032	0,123	0,170
S	0,004	0,010	0	0,002	0,002	0	0,001	0
Ca	0,351	0,139	0,122	0,325	0,293	0,003	0,140	0,295
La	0,056	0,115	0,121	0,016	0,041	0,193	0	0,042
Ce	0	0,242	0,328	0,006	0,007	0,478	0,004	0,011
Th	0,302	0,143	0,084	0,436	0,455	0,021	0,016	0,120
U	0,062	0,008	0,023	0,016	0,010	0,001	1,392	1,111
Pb	0,004	0,005	0,002	0,004	0,002	0	0,014	0,016
Y	0,098	0,028	0,007	0,030	0,017	0,001	0,002	0,032
Si	0,027	0,082	0,111	0,085	0,068	0,028	0,170	0,146
Al	0,002	0,016	0,015	0,033	0,074	0,001	0,174	0,115
Dy	0,021	0,008	0,003	0,009	0,003	0,001	0,001	0,007
Pr	0,018	0,039	0,041	0,004	0,010	0,060	0	0,009
Nd	0,069	0,133	0,138	0,027	0,040	0,002	0,003	0,028
Gd	0,028	0,031	0,022	0,014	0,005	0,027	0,001	0,014
Sm	0,037	0,066	0,062	0,016	0,009	0,083	0	0,017
Er	0,004	0	0	0,002	0	0	0	0,002
Mn	0	0	0	0,001	0	0	0,009	0,006
Fe	0,014	0,001	0,003	0,079	0,045	0	0,088	0,085
As	0	0,001	0,001	0	0	0,002	0	0
F ⁻	0,053	0,001	0,003	0,033	0,007	0,085	0	0
Sc	0	0,001	0	0	0,002	0	0,003	0
Sr	0,003	0,002	0	0,005	0,009	0	0	0
O ²⁻	3,947	3,999	3,997	3,967	3,993	3,915	4,000	4,000

Obr. 5. Biotitizace granátu, výbrus, XPL, šířka snímku 1,8mm.

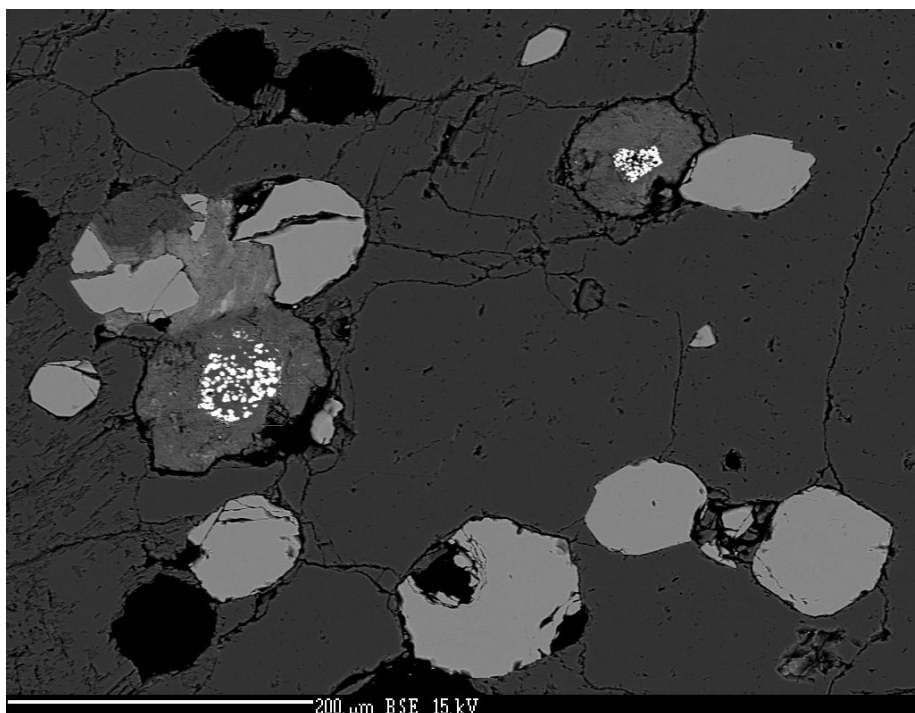


MONAZIT-(Ce) byl zjištěn v podobě xenomorfně omezeného zrna o velikosti 30 μ m. WDX analýza ukázala převažující obsah Ce (0,242- 0,478 apfu). Monazit vykazuje zvýšený obsah substituentů Ce, a to Ca, Th, La, Nd (tab. 6).

WDX analýzou byl dále zjištěn fosfát, obsahující dominantně Th a Ca. Jedná se o Th-analogon monazitu svým složením odpovídající cheralitu (brabantitu). CHERALIT byl zjištěn v křemen-živcové jednotce v podobě izometrických agregátů (o velikosti do 50 μ m) složených z drobných zrněk (viz obr.6).

Štosová (2009) popisuje fázi obsahující zejména Th, Ca a P. Tato fáze odpovídá svým složením smirnovskitu. SMIRNOVSKIT se vyskytuje v lemu okolo monazitu-(Ce).

Obr. 6. Cheralit (nejsvětější agregát), granát, BSE, (foto P. Gadas).



URANINIT byl při odražených elektronech zjištěn v asociaci s automorfními průřezy tabulek columbitu-(Fe). Zrna uraninitu mají velikost cca 30 μ m. Jedno ze dvou zrn je silně rozpadlé a tvoří jej spíše agregát složením odpovídající uraninitu. Uraninit se vyznačuje zvýšeným obsahem P a Ca. Zvýšený obsah Si, Al je patrně určen produkty jeho rozpadu. Výsledky WDX analýzy se nachází v tab. 6. (analýzy č. 45,46).

ZIRKON je dalším akcesorickým minerálem našeho studovaného pegmatitu. Zirkon byl makroskopicky pozorován v blokovém K-živci, kde se vyskytuje v asociaci s berylem. Zjištěn byl také v malém hnízdě, tvořeném zrnitými až „masivními“ agregáty Nb-Ta-Ti oxidických minerálů. Zirkon je hnědošedé barvy a vyskytuje se v podobě nepravidelných zrn, někdy vykazuje pyramidální vývin. Chemismus zirkonu byl studován WDX analýzou, která prokázala poměrně nízké obsahy Hf (viz tab. 7, analýzy č. 9, 14, 36). V odražených elektronech byl zirkon pozorován jako dvě hypautomorfně omezená zrna o velikosti přibližně 25-30 μ m zarostlá do columbitu-(Fe). Zirkon je obklopen zřetelně světlejším coffinitem.

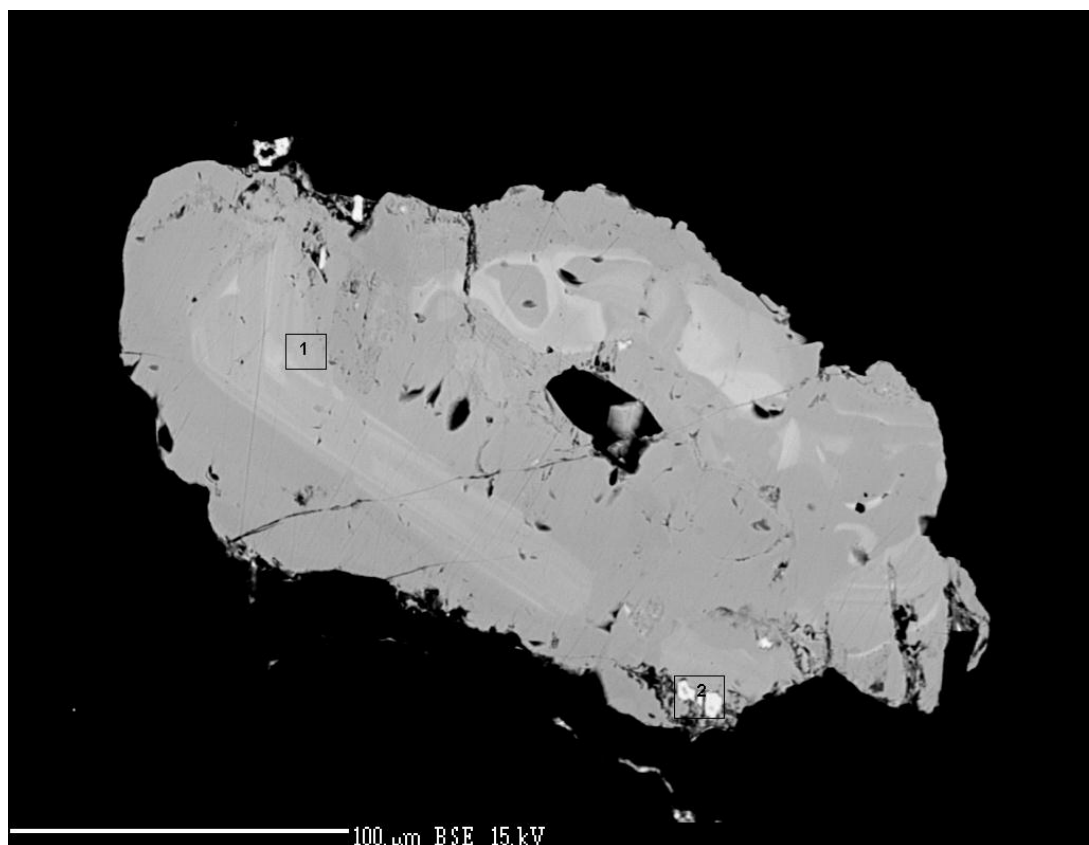
Spolu se zirkonem byl zjištěn silikát U, který svým složením odpovídá COFFINITU. Coffinit vykazuje zvýšený obsah fosforu (0,213 apfu) (tab. 7, analýza č. 18). V odražených elektronech se coffinit jeví světlejší než zirkon a zřetelně proniká do columbitu.

Tab. 7. Výsledky WDX analýz zirkonu (hm. %), přepočten na 4 atomy kyslíku (analýzy č. 9,14 a 36) a coffinitu (analýza č. 18).

	9	14	18	36
Na ₂ O	0	0	0,13	0
SiO ₂	31,87	31,54	16,56	30,93
ZrO ₂	60,59	60,34	0,25	62,44
HfO ₂	4,17	3,82	0	2,98
Y ₂ O ₃	0,20	0,54	1,07	0,43
Al ₂ O ₃	0,08	0,01	0,05	0,35
P ₂ O ₅	0,25	0,48	4,79	1,33
CaO	0,08	0,12	0,19	0,15
ThO ₂	0,10	0	0,72	0,12
UO ₂	0,75	1,42	69,10	0,36
FeO	0,57	0,38	0,04	0,15
MnO	0,08	0,26	0	0,03
F	0	0,01	0,02	0
TiO ₂	0	0	0	0,02
Nb ₂ O ₅	0	0	0	0,03
Bi ₂ O ₃	0,04	0	0	0
Sc ₂ O ₃	0,04	0,06	0	0,11
WO ₃	0	0	0,05	0,07
Yb ₂ O ₃	0,06	0,04	0,14	0,15
suma	98,87	99,02	93,17	99,67
Na	0	0	0,013	0
Si	1,003	0,994	0,872	0,958
Zr	0,929	0,927	0,006	0,943
Hf	0,037	0,034	0	0,026
Y	0,003	0,009	0,030	0,007
Al	0,003	0	0,003	0,013
P	0,007	0,013	0,213	0,035
Ca	0,003	0,004	0,011	0,005
Th	0,001	0	0,009	0,001
U	0,005	0,010	0,809	0,002
Fe	0,015	0,010	0,002	0,004
Mn	0,002	0,007	0	0,001
Ti	0	0	0	0,001
Nb	0	0	0	0,001
Sc	0,001	0,002	0	0,003
W	0	0	0,001	0,001
Yb	0,001	0	0,002	0,001

Relativně hojnou akcesorií je v pegmatitu PYRIT, vyskytující se téměř vždy v hrubě zrnité jednotce, zvláště v polohách bohatých muskovitem. Pyrit vytváří hexaedry o velikosti hrany až 5mm, je však silně limonitizován. Z výbrusu je patrné, že pyrit je zachován pouze jako relikty ve středu jeho automorfních průřezů.

Obr. 7. Zonální zrno columbitu-(Fe) (1) ve zpětně odražených elektronech, světlejší zóny vykazují mírně zvýšené obsahy Ta, světlá inkluze betafitu (2), foto P. Gadas.



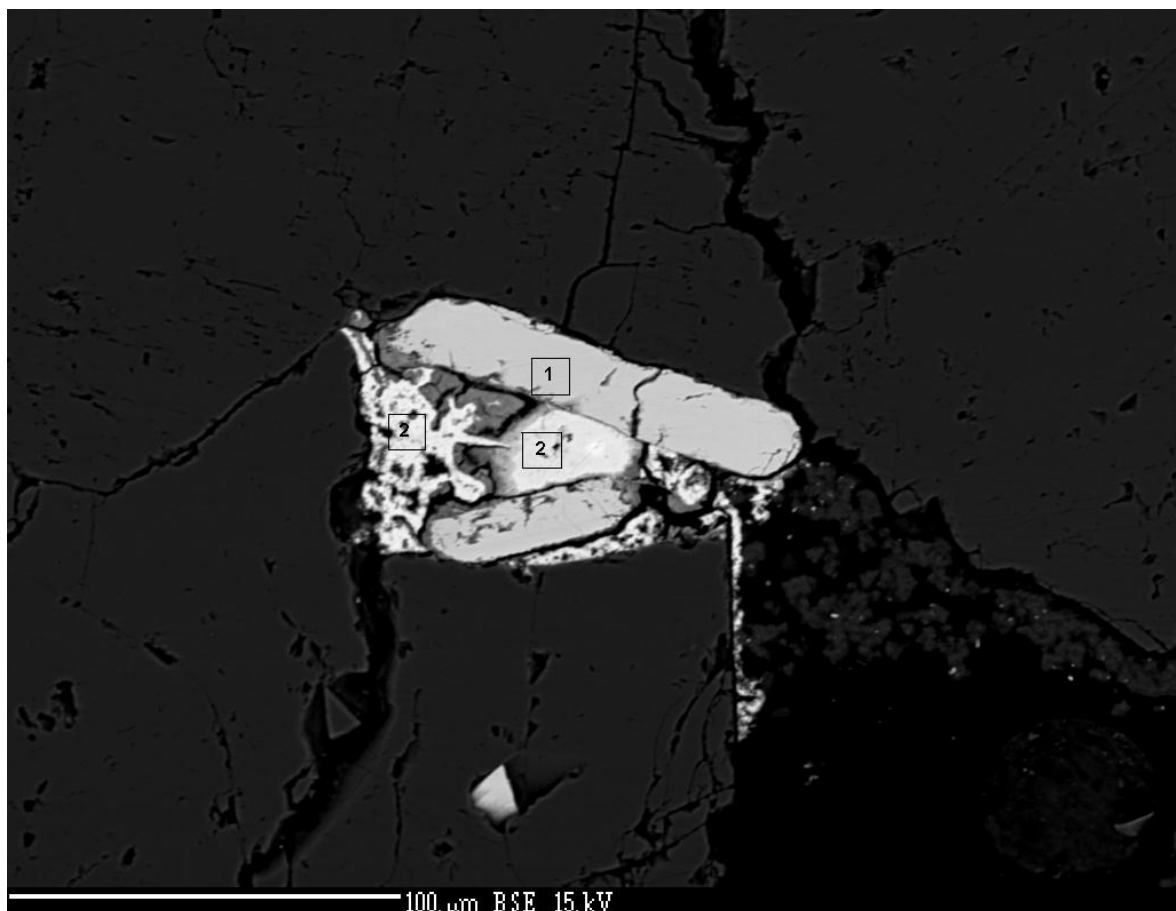
RUTIL nebyl pozorován přímo makroskopicky, je však pravděpodobné, že se zejména se svou Nb-varietou podílí na stavbě hnízda zrnitých a masivních Nb-Ta-Ti oxidických minerálů. Štosová (2009) zjistila při odražených elektronech na izometrických průřezích rutilu sektorovou stavbu (políčkování). Výsledky WDX analýzy se nachází v tab. 8, analýza č. 26).

Rutil se zvyšujícím se až podstatným obsahem Nb můžeme považovat za NIOBOVÝ RUTIL. V BSE obrazu je patrné, že rutil vytváří zrna velká 50-100μm. Byl zjištěn v silně chloritizované biotitu pospolu s rutil, aeschynitem-(Ce) (niobový rutil, analýza č. 27). Dále pak byl při odražených elektronech pozorován jako zrno či spíše agregáty velké až 100μm, do

nichž po puklinách proniká Nb-Ti-U oxidický minerál složením blízký betafitu. Tento niobový rutil obsahuje vysoký podíl Fe (0,746 apfu, analýza č. 27). Výsledky WDX analýz rutilu jsou v tab. 8 (analýzy č. 19, 22 a 27).

COLUMBIT-(Fe) je nejhojnějším zástupcem Nb-Ta oxidických minerálů v pegmatitu na Lysé hoře. Vyskytuje se v podobě až 1cm velkých kovově šedých krystalů. Může být i lístkovitý, tence až tlustě tabulkovitý. Výjimečně krystaly jeví „pseudohexagonální“ omezení, tabulky jsou často rýhované a místy jsou patrné dvojčatné srůsty tabulek. Vyskytuje se zejména v blokovém K-živci a reliktech křemenného jádra. V BSE obrazu jsou vidět automorfně průřezy tabulek o velikosti až 100 μ m. Zonální zrno (o velikosti cca 300 μ m) vykazuje střídání světlejších a tmavších zón, přičemž ty světlejší jsou relativně obohaceny Ta. V columbitu-(Fe) byla zjištěna inkluze betafitu. Chemismus columbitu se vyznačuje naprostou převahou Fe složky nad Mn. Výsledky WDX analýz columbitu se nachází v tab. 8.

Obr. 8. Automorfní průřez tabulkami columbitu-(Fe) (1), metamiktní zrna uraninitu (2), foto P. Gadas.



Tab. 8. Výsledky WDX analýz (hm. %) columbitu-(Fe) (analýzy č. 8,16,30,31,39,40,41,43, 44,51,52), přepočten na 6 atomů kyslíku, rutilu (analýza č. 26), niobového rutilu (analýzy č. 19,22, 27) a betafitu (analýzy č. 20,21,23,24,25,38).

	8	16	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Na ₂ O	0,01	0,01	0,13	0,14	0,28	0,08	0,05	0	0	0,02	0,07
Ta ₂ O ₅	6,35	6,01	7,79	4,67	7,61	5,37	1,89	0,32	0,24	0,76	2,34
CaO	0,01	0,03	0,95	1,13	2,55	0,57	1,4	1,45	1,58	0,03	0,2
Nb ₂ O ₅	70,78	71,07	28,78	14,86	17,47	27,8	17,49	15,7	16,89	2,7	22,07
TiO ₂	0,81	1,13	39	14,73	14,91	41,18	11,67	9,16	8,62	77,4	32,77
SnO ₂	0,01	0,01	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04	0	0	0	0,05
FeO	12,7	13,08	4,77	1,39	1,57	8,38	1,27	1,32	1,07	0,65	14,78
MnO	8,17	6,61	0,06	0,01	0,06	0,04	0,01	0	0,01	0,02	0,05
UO ₂	0,02	0,16	1,1	20,81	11,54	0,88	43,48	51,1	54,18	0	0,67
ThO ₂	0,04	0	2,11	1,11	1,62	2,04	0,72	0,03	0,21	0	0,12
Bi ₂ O ₃	0,02	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0,06	0
WO ₃	0,14	0,32	0,1	0,07	0	0,06	0,03	0,16	0,2	0,14	0,44
SiO ₂	0,01	0,05	3,77	2,1	2,77	3,02	1,66	2,46	1,34	0,05	2,17
Y ₂ O ₃	0,14	0,16	0,74	0,06	0,38	0,11	0,02	0,04	0	0,01	0,74
ZrO ₂	0,09	0,17	0,44	0,08	1,09	0,83	0,36	0	0,04	0,05	0,18
Sc ₂ O ₃	0,02	0,03	0,07	0,02	0,04	0,03	0,02	0	0,04	0,16	0,02
Al ₂ O ₃	0,02	0	2,93	1,46	6,73	2,54	1,92	1,19	1,47	0,04	1,71
MgO	0,23	0,24	0,02	0,01	0,08	0,05	0,03	0,06	0,03	0	0,01
P ₂ O ₅	0,03	0,02	1,35	1,42	6,83	1,22	2,3	1,86	1,74	0	0,89
Sb ₂ O ₃	0,11	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0,08	0
PbO	0,32	0,27	0,65	0,27	3,03	0,45	0,3	0,17	0,2	0	0,21
As ₂ O ₃	0	0	0,02	0	0	0	0	0,02	0	0	0,02
Ce ₂ O ₃	0	0	0,19	0,08	0,23	0,19	0	0,04	0,03	0,1	0
suma	100,03	99,37	95,20	64,47	78,81	94,86	84,66	85,12	87,89	82,27	79,51
Na	0,001	0,001	0,013	0,025	0,035	0,008	0,008	0	0	0,002	0,008
Ta	0,1	0,094	0,105	0,118	0,135	0,073	0,042	0,008	0,006	0,01	0,038
Ca	0,001	0,002	0,051	0,112	0,178	0,03	0,123	0,136	0,149	0,002	0,013
Nb	1,845	1,855	0,647	0,624	0,515	0,626	0,649	0,622	0,67	0,06	0,602
Ti	0,035	0,049	1,458	1,029	0,731	1,542	0,721	0,604	0,569	2,88	1,488
Sn	0	0	0,001	0,002	0,001	0	0,001	0	0	0	0,001
Fe	0,612	0,632	0,198	0,108	0,086	0,349	0,087	0,097	0,079	0,027	0,746
Mn	0,399	0,323	0,003	0,001	0,003	0,002	0,001	0	0,001	0,001	0,003
U	0	0,002	0,012	0,43	0,168	0,01	0,795	0,996	1,058	0	0,009
Th	0,001	0	0,024	0,023	0,024	0,023	0,013	0,001	0,004	0	0,002
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0
W	0,002	0,005	0,001	0,002	0	0,001	0,001	0,004	0,005	0,002	0,007
Si	0,001	0,003	0,187	0,195	0,181	0,15	0,136	0,216	0,118	0,002	0,131
Y	0,004	0,005	0,02	0,003	0,013	0,003	0,001	0,002	0	0	0,024
Zr	0,003	0,005	0,011	0,004	0,035	0,02	0,014	0	0,002	0,001	0,005
Sc	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0	0,003	0,007	0,001
Al	0,001	0	0,172	0,16	0,517	0,149	0,186	0,123	0,152	0,002	0,122
Mg	0,02	0,021	0,001	0,001	0,008	0,004	0,004	0,008	0,004	0	0,001
P	0,001	0,001	0,057	0,112	0,377	0,051	0,16	0,138	0,129	0	0,045
Sb	0,003	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,002	0
Pb	0,005	0,004	0,009	0,007	0,053	0,006	0,007	0,004	0,005	0	0,003
As	0	0	0,001	0	0	0	0	0,001	0	0	0,001
Ce	0	0	0,003	0,003	0,005	0,003	0	0,001	0,001	0,002	0

	30	31	38	39	40	41	43	44	51	52
Na ₂ O	0,02	0,01	0,4	0,03	0,01	0	0,01	0	0,01	0,01
Ta ₂ O ₅	6,71	15,98	4,14	23,03	10,49	17,95	10,77	9,89	9,71	12,24
CaO	0,01	0,03	1,12	0,01	0,49	0,01	0,02	0,03	0	0,01
Nb ₂ O ₅	68,48	59,61	18,53	55,44	65,25	60,31	65,73	66,78	67,56	64,14
TiO ₂	0,97	2,04	5,55	1,54	1,83	1,44	1,95	0,94	0,99	1,4
SnO ₂	0	0,09	0	0	0,03	0,01	0,03	0,06	0	0
FeO	12,83	9,39	1,23	13,2	10,37	13,32	13,64	12,4	13,82	13,27
MnO	7,03	9,25	0,77	5,59	8,29	5,82	5,94	7,36	6,15	6,26
UO ₂	0,08	0,07	48,65	0,07	0,12	0,08	0,06	0,14	0	0,02
ThO ₂	0	0,02	0,41	0	0	0,01	0,04	0	0	0
Bi ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0,05	0,01	0	0
WO ₃	0,31	0,37	0,09	0,07	0,28	0,04	0,4	0,3	0,18	0,46
SiO ₂	0,06	0,04	1,88	0,02	0,11	0	0,04	0,03	0,03	0,03
Y ₂ O ₃	0,12	0,21	0	0,06	0,23	0,17	0,12	0,07	0,12	0,12
ZrO ₂	0,17	0,1	1,13	0,11	0,11	0,05	0,08	0,2	0,04	0,06
Sc ₂ O ₃	0,01	0,13	0,02	0,05	0,14	0,05	0,04	0,03	0,01	0,04
Al ₂ O ₃	0,01	0,01	1,68	0,01	0,07	0,01	0,02	0	0	0
MgO	0,1	0,28	0,04	0,24	0,23	0,21	0,29	0,08	0,2	0,24
P ₂ O ₅	0	0	1,2	0	0,06	0,01	0,01	0	0,01	0
Sb ₂ O ₃	0,07	0,15	0	0,09	0	0,01	0,03	0,06	0,14	0,05
PbO	0,31	0,22	0,69	0,21	0,39	0,25	0,3	0,27	0,25	0,24
As ₂ O ₃	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Ce ₂ O ₃	0,03	0	0,05	0,04	0,04	0	0,01	0	0	0,06
suma	97,36	98	87,58	99,81	98,54	99,75	99,58	98,65	99,22	98,66
Na	0,002	0,001	0,068	0,004	0,001	0	0,001	0	0,001	0,001
Ta	0,108	0,265	0,099	0,386	0,169	0,295	0,172	0,159	0,155	0,199
Ca	0,001	0,002	0,106	0,001	0,031	0,001	0,001	0,002	0	0,001
Nb	1,836	1,641	0,74	1,546	1,743	1,646	1,743	1,79	1,796	1,732
Ti	0,043	0,093	0,369	0,071	0,081	0,065	0,086	0,042	0,044	0,063
Sn	0	0,002	0	0	0,001	0	0,001	0,001	0	0
Fe	0,636	0,478	0,091	0,681	0,512	0,673	0,669	0,615	0,68	0,663
Mn	0,353	0,477	0,058	0,292	0,415	0,298	0,295	0,37	0,306	0,317
U	0,001	0,001	0,956	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0	0
Th	0	0	0,008	0	0	0	0,001	0	0	0
Bi	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0
W	0,005	0,006	0,002	0,001	0,004	0,001	0,006	0,005	0,003	0,007
Si	0,004	0,002	0,166	0,001	0,006	0	0,002	0,002	0,002	0,002
Y	0,004	0,007	0	0,002	0,007	0,005	0,004	0,002	0,004	0,004
Zr	0,005	0,003	0,049	0,003	0,003	0,001	0,002	0,006	0,001	0,002
Sc	0,001	0,007	0,002	0,003	0,007	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002
Al	0,001	0,001	0,175	0,001	0,005	0,001	0,001	0	0	0
Mg	0,009	0,025	0,005	0,022	0,02	0,019	0,025	0,007	0,018	0,021
P	0	0	0,09	0	0,003	0,001	0	0	0	0
Sb	0,002	0,004	0	0,002	0	0	0,001	0,001	0,003	0,001
Pb	0,005	0,004	0,016	0,003	0,006	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004
As	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce	0,001	0	0,002	0,001	0,001	0	0	0	0	0,001

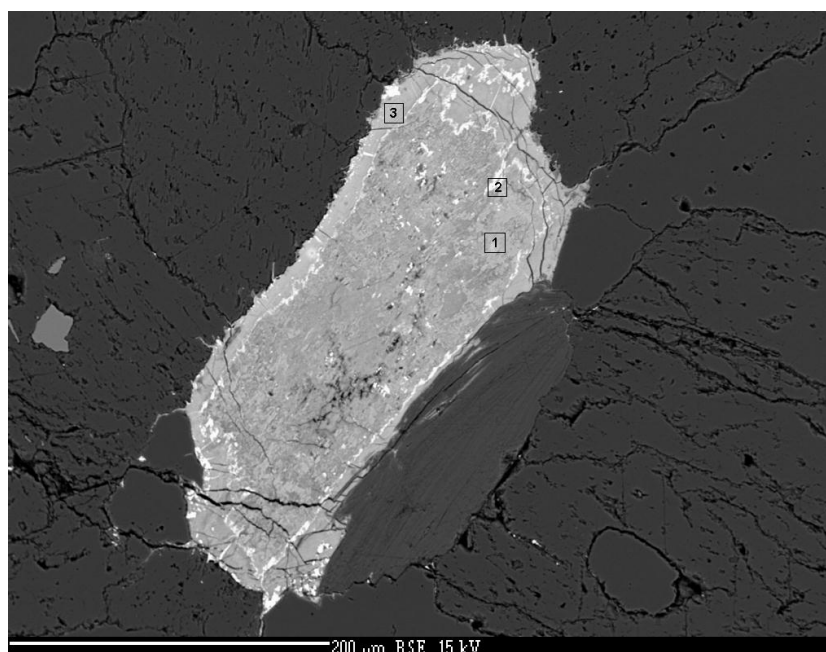
Tab. 9. Frakcionační poměry Ta, Nb a Mn, Fe ve skupině columbitu.

	8	16	30	31	39	40	41	43	44	51	52
Ta/(Ta+Nb)	0,05	0,05	0,05	0,14	0,19	0,09	0,15	0,09	0,08	0,08	0,1
Mn/(Mn+Fe)	0,39	0,34	0,36	0,49	0,3	0,45	0,31	0,3	0,38	0,31	0,32

V našem studovaném pegmatitu byla také zjištěna Nb-Ti-U-Ca fáze, svým složením odpovídající BETAFITU. Betafit byl zjištěn při odražených elektronech coby cca 10 μ m velká světlá inkluze v tmavším poli columbitu-(Fe) (viz. Obr. 7). Betafit byl také určen na puklinkách pronikajících do struktury zrn niobového rutilu, tak také v lemech kolem něj, které jsou zřetelně světlejší a mladší. Betafit na obr. 9 je silně rozložený, což indikují snížené obsahy U a dost zvýšené obsahy Si, Al a P. Betafit se vyznačuje také mírně zvýšeným obsahem Ta (až 0,135 apfu). Výsledky WDX analýz se nachází v tab. 8 (analýzy č. 20, 21, 23, 24, 25, 38).

V BSE obrazu (obr. 10) jsou v silně rozloženém agregátu biotitu patrné světlé jehlice rutilu a niobového rutilu a s nimi v asociaci automorfní průřezy tabulek (nejsvětlejší) Nb-Ti-Ca-REE fáze, která složením odpovídá AESCHYNITU-(Ce). Tato fáze se vyznačuje převažujícím obsahem Ce (0,263- 0,269 apfu), který je substituován Nd a Ca. Velikost automorfních průřezů tabulek aeschynitu-(Ce) je přibližně 40 μ m. Výsledky WDX analýz aeschynitu-(Ce) se nachází v tab. (analýzy č. 28 a 29).

Obr. 9. Oválné zrnno niobového rutilu (1), světlejší partie a lemy náleží betafitu (2), BSE, foto P. Gadas.

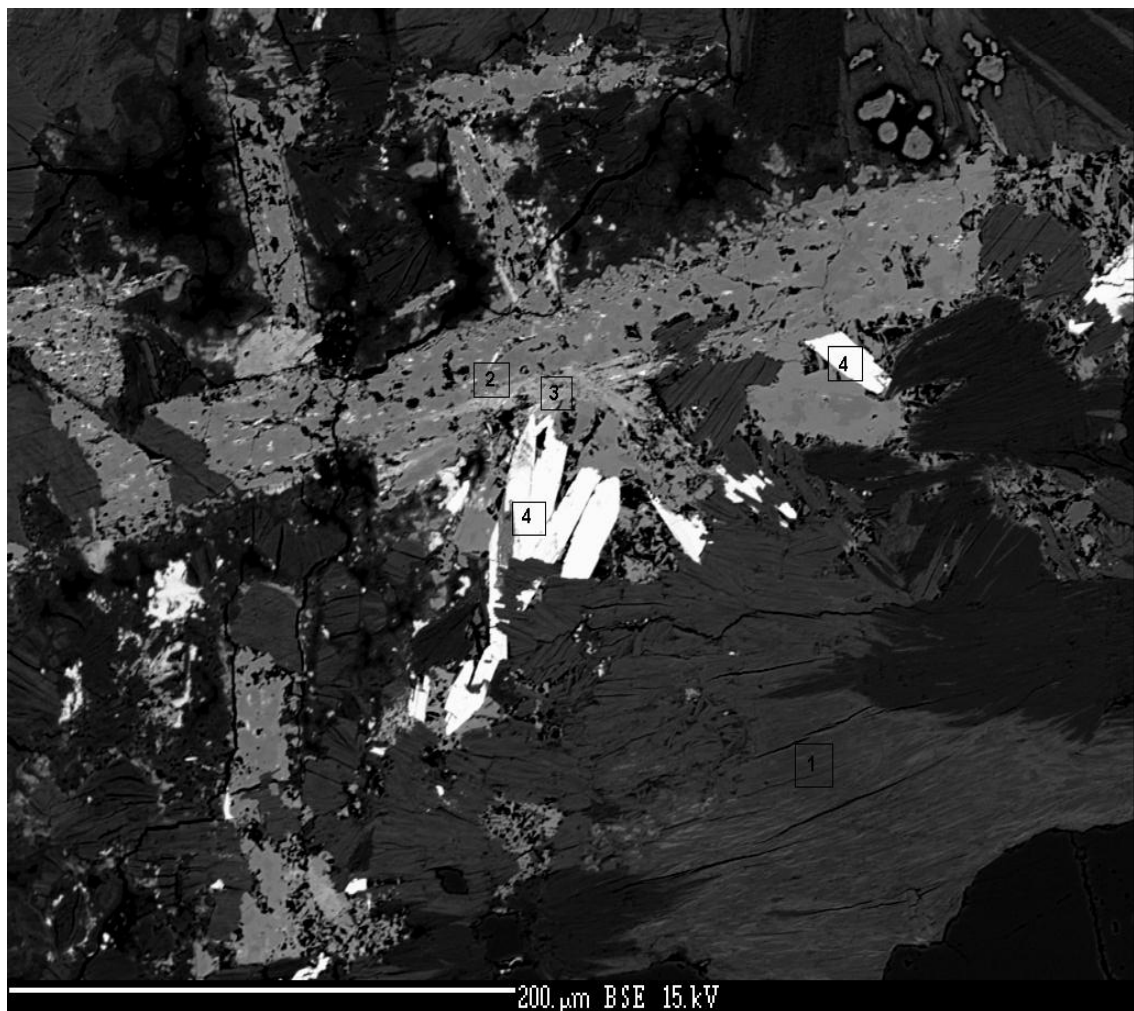


Tab. 10. Výsledky WDX analýz (hm. %) aeschynitu-(Ce), přepočteno na 6 atomů kyslíku.

	28	29
Na ₂ O	0	0
Y ₂ O ₃	1,53	1,53
Ta ₂ O ₅	1,78	2,01
ZrO ₂	0	0
Al ₂ O ₃	0	0
SiO ₂	0,1	0,1
CaO	1,9	2,17
Sc ₂ O ₃	0	0,02
K ₂ O	0,01	0,02
TiO ₂	19,52	18,75
MnO	0	0,01
FeO	0,09	0
UO ₂	0,1	0,18
ThO ₂	0,01	0
SnO ₂	0	0
Nb ₂ O ₅	28,1	28,54
WO ₃	0,62	0,51
La ₂ O ₃	1,48	1,29
Ce ₂ O ₃	9,83	9,57
Pr ₂ O ₃	2,49	2,51
Sm ₂ O ₃	2,33	2,4
Nd ₂ O ₃	7,4	7,84
Gd ₂ O ₃	1,09	0,97
Dy ₂ O ₃	0,65	0,58
Er ₂ O ₃	0,16	0,13
Yb ₂ O ₃	0,21	0,18
MgO	0	0
P ₂ O ₅	0	0
PbO	0,12	0,12
suma	79,52	79,43
Y	0,061	0,061
Ta	0,036	0,041
Si	0,007	0,008
Ca	0,152	0,175
Sc	0	0,001
K	0,001	0,002
Ti	1,098	1,06
Mn	0	0,001
Fe	0,006	0
U	0,002	0,003
Nb	0,95	0,97
W	0,012	0,01
La	0,041	0,036
Ce	0,269	0,263
Pr	0,068	0,069
Sm	0,06	0,062
Nd	0,198	0,21
Gd	0,027	0,024
Dy	0,016	0,014
Er	0,004	0,003
Yb	0,005	0,004
Pb	0,002	0,002

RYNERSONIT byl zjištěn při studiu v odražených elektronech (Štosová 2009). Rynersonit se objevil ve formě drobného, cca 3μm velkého zrna v zonálním columbitu-(Fe). Ve složení této fáze dominuje Ta, Nb, Ca, nicméně kvůli malým rozměrům nebyla provedena WDX analýza.

Obr. 10. Agregát chloritizovaného biotitu (1) v BSE, v němž je patrný šedavý rutil (2) a niobový rutil (3) a automorfní průřezy tabulek aeschynitu-(Ce), který je na obrázku nejsvětlejší (4).



5 Diskuse

V rámci své bakalářské práce jsem se zabýval nově objeveným pegmatitem na Lysé hoře u Maršíkova. Přestože se nepodařilo doposud nalézt mateřské těleso pegmatitu, byly vyčleněny následující texturně-paragenetické jednotky: hrubě zrnitá, grafická, bloková jednotka, jednotka cleavelanditu a křemenné jádro. Tento pegmatit geneticky souvisí s granitovou intruzí Rudné hory a je součástí maršíkovského roje pegmatitů. Stavba pegmatitových těles na klasických lokalitách (Schinderhübel, Scheibengraben - viz Novák 2002) vykazuje určitý stupeň zonality, který doposud na Lysé hoře nemohl být studován (s výjimkou volného bloku pegmatitu). Lze konstatovat, že zjištěné texturně-paragenetické jednotky na studovaném pegmatitu se shodují s okolními výskyty. Chybí zde však metasomatická jednotka cukrovitého albitu, která je rozšířená na nedaleké lokalitě Scheibengraben (Novák 2002). Akcesorické, často velmi vzácné a pro maršíkovské pegmatity mnohdy nové minerály byly zjištěny především v blokové jednotce a jednotce cleavelanditu.

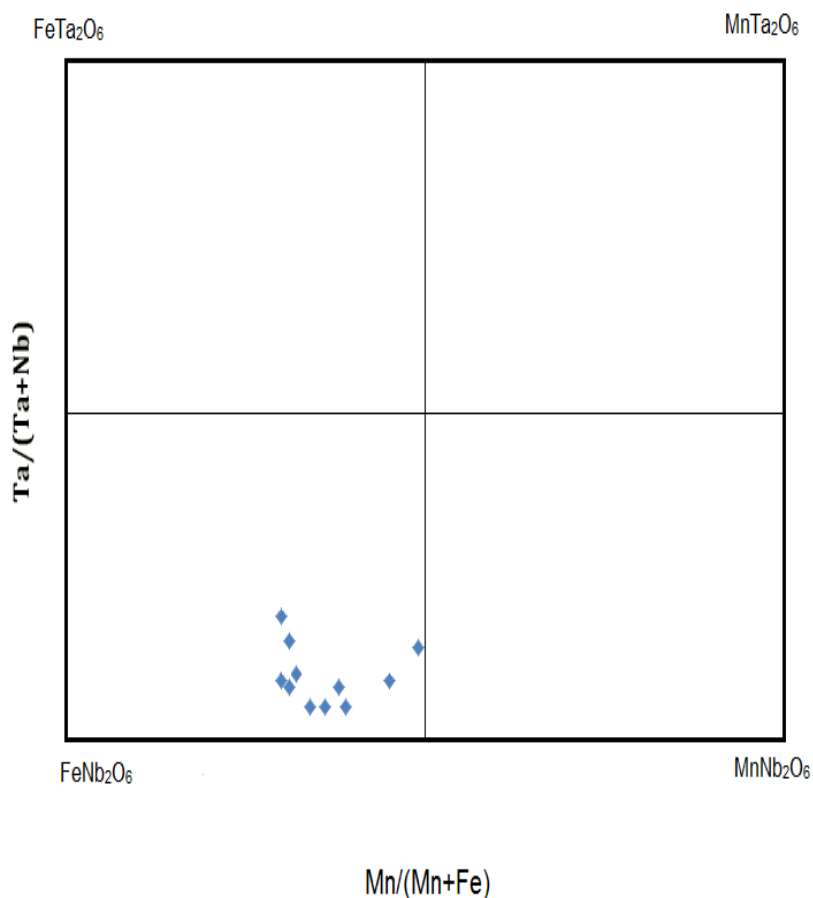
Pegmatit na Lysé hoře je budován křemenem, živci, které jsou zde reprezentovány mikrokinem a albitem. Velmi hojnou součástí pegmatitu jsou také fylosilikáty, a to zejména muskovit, u něhož byly rozlišeny čtyři generace. V hrubě zrnité jednotce se vyskytuje v menším množství biotit, který je silně chloritizován. Chlorit chemizmem odpovídá klinochlor-chamositové řadě.

Granát svým složením patří do almandin-spessartinové řady, kdy almandinová složka v průměru mírně převažuje nad spessartinovou. Na základě WDX analýzy byl zjištěn velmi slabý nárůst obsahu Mn od okrajů zrn granátu do jejich středu. Z toho vyplývá, že studované granáty vykazují pouze málo znatelnou chemickou zonalitu.

Poměrně málo rozšířeným minerálem je beryl, který je vázán na blokový K-živec a křemenné jádro. Jeho zelenavé krystaly dosahují velikosti až 10x4cm a výjimečně jsou z jedné strany i ukončené pyramidálními plochami, častěji však plochou bazálního pinakoidu.

Minerály skupiny columbit-tantalitu zatupuje columbit-(Fe) (viz klasifikační diagram na obr. 11), který vytváří tabulkovité krystaly až 1cm velké, často v asociaci s berylem. Poměr frakcionace Ta/(Ta+Nb) nabývá hodnot 0,05- 0,19 (viz tab. 9), což svědčí o nižší frakcionaci ve skupině columbitu ve srovnání s okolními výskyty (zejména lokalita Scheibengraben - Novák 2002). Poměr frakcionace Mn/(Mn+Fe) nabývá hodnot 0,3-0,49. Většina WDX analýz spadá do pole columbitu-(Fe). Columbit-(Fe) je zonální. Podle složení minerálů skupiny columbitu můžeme usuzovat na stupeň frakcionace pegmatitu (Černý et al. 2004), kdy vyšší

Obr. 11. Klasifikační diagram columbit-tantalitu (viz. textová část).



koncentrace Ta a Mn ukazují na vyšší stupeň frakcionace. Ve srovnání s nedalekou lokalitou Scheibengraben (výskyt mikrolitu, ferrotapiolitu aj. minerálů bohatých Ta - Pokorný a Staněk 1951, viz. Novák 2002) na Lysé hoře převažují oxidy Nb a Fe a obsahy Ta jsou poměrně nízké, což ukazuje na nižší stupeň frakcionace pegmatitu.

V pegmatitu byly zjištěny další Nb-Ti-U-Ca-REE fáze, jako např. rynersonit, betafit, aeschynit-Ce.

V pegmatitu byl zjištěn uraninit, zirkon, coffinit, rutil, niobový rutil, pyrit a další minerály.

Zajímavá je asociace fosfátů. Zjištěn byl apatit-(CaF), xenotim-(Y), monazit-(Ce), smirnovskit a cheralit (brabantit). Právě z hlediska výskytu Ca-Th-REE fosfátů se jedná o poměrně zajímavý typ pegmatitu v okolí Maršíkova a podobné rysy má pouze pegmatit na lokalitě Scheibengraben.

V pegmatitu byly elektronovou mikroanalýzou zjištěny možné další fáze, jako samarskit, polykras atd., které ještě nebyly dostatečně zkoumány. Z toho všeho je patrné, že pegmatit na Lysé hoře je mineralogicky velmi pestrý. Přehled nalezených a zjištěných minerálů v pegmatitu na Lysé hoře se nachází v tab. 11- převzato ze Zimák a Chládek (2008) a Štosová (2009), upraveno autorem (nově zjištěné minerály vyznačeny tučně). Studovaný pegmatit podobně jako nedaleké výskyty obsahuje beryl a snad i jeho produkty alterace, relativně hojné Nb-Ta oxidy, lze ho proto zařadit do beryl-columbitového subtypu.

Tab. 11. Přehled potvrzených minerálů v pegmatitu na Lysé hoře u Maršíkova.

Aeschynit-(Ce)	Albit	Apatit-(CaF)	Beryl	Betafit	Biotit
Chlorit	Cheralit	Coffinit	Columbit-(Fe)	Granát	Křemen
Limonit	Mikroclin	Monazit-(Ce)	Muskovit	Niobový rutil	Pyrit
Rutil	Rynersonit	Smirnovskit	Uraninit	Xenotim-(Y)	Zirkon

6 Závěr

Předmětem mé bakalářské práce bylo studium granitických pegmatitů beryl-columbitového subtypu v sileziku, konkrétně byla podrobně studována mineralogie nově zjištěného pegmatitu na Lysé hoře. V první části práce se jednalo o literární rešerši zabývající se berylovými pegmatity. Ve výzkumné části se jednalo o studium minerálů optickými metodami a elektronovou mikroanalýzou.

Pegmatit na Lysé hoře se svou genezí, stavbou patrně příliš neliší od obdobných pegmatitových těles v okolí. V pegmatitu byly zjištěny všechny texturně-paragenetické jednotky typické pro berylové pegmatity. Ve srovnání s jinými klasickými lokalitami (Scheibengraben, Schinderhübel- Novák 2002) zde není příliš hojná metasomatické jednotka.

Na závěr lze zdůraznit základní rysy studovaného pegmatitu, jimiž se podobá či liší od jiných berylových pegmatitů silezika:

- výskyt berylu unikátní velikosti (sloupce 10x4cm) srovnatelný s klasickými lokalitami v sileziku (Scheibengraben, Bienergraben u Maršíkova a Dämmbaude u Branné) a srovnatelný s výskyty berylu na území Polska (Lodzinski 2005),
- uplatnění hydrotermální fáze na drobných puklinách pegmatitu,
- výskyt dutinek po vylouženém berylu, a tím i možnost vzniku sekundárních Be-minerálů,
- více generací muskovitu,
- velká mineralogická pestrost, zahrnující Nb-Ta-Ti-U-REE minerály,
- asociace Ca-Th-Y-Ce fosfátů,
- metamorfní postižení pegmatitu (usměrnění lupenů muskovitu, tlakově postižený beryl),
- nízké obsahy B (absence turmalínu), F a pouze mírně zvýšené obsahy P (výskyt fosfátů).

Cílem bakalářské práce bylo rozšířit znalosti o mineralogii nového významného pegmatitu na Lysé hoře, který je jedinečný a plně srovnatelný se známými klasickými berylovými pegmatity silezika, a tohoto cíle bylo podle mého názoru dosaženo.

Literatura

- Aichler, J., Fišera, M., Jilemnická, L., Zoubková, L. (1986): Metapegmatit s berylem z Videl, Hrubý Jeseník. – Acta Mus. Moravice, Sci. nat., 71, 22–33. Brno.
- Bernard, J. H. (1981): Mineralogie Československa. Academia Praha. 645 stran.
- Burkart, E. (1953): Mährens Minerale und ihre Literatur. Nakladatelství ČSAV Praha.
- Čech, F. (1963): Příspěvky k mineralogii Moravy a Slezska. – Čas. Morav. Muz., Vědy přír., 48, 31–42.
- 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, 61–73.
- Dostál, J. (1964): Geologicko-petrografické poměry okolí Maršíkova. Mineralogické studium aktinolitu ze Sobotína. MS. 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.
- Franz, G., Morteani, G. (1984): The formation of chrysoberyl in metamorphosed pegmatites. – J. Petrology, 25, 27–52.
- Cháb, J., Fediuková, E., Fišera, M., Novotný, P., Opletal, M. (1990): Variscan orogeny in the Silesicum (ČSFR). – Sbor. Geol. Věd., Ř. Ložisk. Geol., Mineral., 29, 9–39.
- Kretschmer, F. (1911): Das metamorphe Diorit- und Gabbromassiv in der Umgebung von Zöptau (Mähren). – Jahrb.d. k. k.geol. Reichsanstalt, 61, 53–180. Wien.
- Kruša, T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura. Brno.
- Kruša, T. (1973): Slezské nerosty a jejich literatura. Brno.
- Kruša, T., Paděra, K., Pouba, Z., Sládek, R. (1968): Die Mineralienparagenese in dem mittleren Teile des Altwatergebirges (Hrubý Jeseník, Hohes Gesenke, ČSSR) (Fortsetzung). – Čas. Mor. Muz., Vědy přír., 53, 5–80.
- Lodzinski, M. (2005): Výskyty berylu v Sudetách. – Minerál, 5, 380–391.

- Novák, M. (2002): Lokalita č. 10. Maršíkov-Scheibengraben. In: Zimák, J. et al.: Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku, 38–41. UP Olomouc.
- Novák, M. et al. (2003): Extreme variation and apparent reversal of Nb-Ta fractionation in columbite-group minerals from Scheibengraben beryl-columbite pegmatite, Maršíkov, Czech republic. – *Eur. J. Miner.*, 15, 565–574.
- 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., Rejl, L., 1993: Vztah muskovitických pegmatitů ke geofyzikálním polím v oblasti Hrubého Jeseníku.- *Acta Mus. Moraviae, Sci. Nat.*, 77, 49–1.
- Pokorný, J., Staněk, J. (1951): Berylový pegmatit ze Scheibengraben u Maršíkova. – *Práce Moravsko-slez. Akad., Vědy přír.*, 7, 247–58.
- Souček, J. (1978): Metabazity vrbenské a rejvízské série, Hrubý Jeseník. – *Acta Univ. Carol., Geol., Kratochvíl vol.*, 323–349, Praha.
- Štosová, V., Zimák, J. (2006): Mineralogie beryl-columbitového pegmatitu na lokalitě Bienergraben u Sobotína. Sborník „Mineralogie Českého masivu a Západních Karpat 2006“, 48–51. UP Olomouc.
- Štosová, V. (2009): Mineralogie beryl-columbitových pegmatitů severovýchodní části Českého masivu. MS. Diplomová práce, 61 str., PřF UP Olomouc.
- Zimák, J., Chládek, Š. (2008): Beryl-columbitový pegmatit na Lysé hoře u Maršíkova. – *Minerál*, 16, 491–493.