

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE

**Mineralogická charakteristika granitických
pegmatitů na Kluči u Filipové v Hrubém Jeseníku**

bakalářská práce

Simona Vachová

Environmentální geologie (B1201)
prezenční studium

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

květen 2010

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Simona Vachová

Název práce: Mineralogická charakteristika granitických pegmatitů na Kluči u Filipové 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: 2010

Abstrakt: Práce se zaměřuje na granitické pegmatity na lokalitě Kluč v Hrubém Jeseníku.

Popisuje jejich stav na lokalitě a na základě nově získaných dat podává jejich mineralogickou charakteristiku. Je provedeno srovnání pegmatitů na Kluči s pegmatity na lokalitách Lysá hora, Scheibengraben, Schinderhübel, Bienergraben a Oplustilberg v okolí Maršíkova a Sobotína.

Klíčová slova: Slezikum, Hrubý Jeseník, granitické pegmatity, mineralogie.

Počet stran: 44

Počet příloh: 1

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Simona Vachová

Title: Mineralogical characterization of the granitic pegmatites in hill Kluč near Filipová in Hrubý Jeseník.

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: 2010

Abstract: The thesis deals with granitic pegmatites in the Kluč Hill in the Hrubý Jeseník Mountains. It describes their state at the locality and gives their mineralogical characteristic on base of new data. It compares pegmatites from Kluč with pegmatites from Lysá hora, Scheibengraben, Schinderhübel, Bienergraben a Oplustilberg in the surroundings of Maršíkov and Sobotín.

Keywords: Silesicum, Hrubý Jeseník Mts., granitic pegmatites, mineralogy.

Number of pages: 44

Number of appendices: 1

Language: Czech

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem přispěli k vytvoření mé bakalářské práce. Zvláště pak děkuji panu doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za trpělivý a vždy vstřícný přístup, cenné rady a odborné vedení ve všech dílčích etapách.

Prohlášení

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

V Hradci Králové dne 17. května 2010

.....

Obsah

1. Úvod	6
2. Metody	7
3. Granitické pegmatity	8
3.1. Abysální pegmatity.....	12
3.2. Pegmatity muskovitové třídy.....	12
3.3. Pegmatity třídy muskovitové- vzácných prvků.....	12
3.4. Pegmatity třídy vzácných prvků.....	12
3.5. Pegmatity miarolitické třídy.....	13
4. Rozšíření granitických pegmatitů v České republice	14
5. Pegmatity silezika	16
6. Geologická stavba širšího okolí Kluče	17
7. Pegmatity na kopci Kluč v literatuře	18
8. Výsledky výzkumu pegmatitů na kopci Kluč	20
8.1. Výsledky terénních prací.....	20
8.2. Mineralogická charakteristika pegmatitů.....	22
9. Diskuse	41
10. Závěr	42
11. Použitá literatura	43

1. Úvod

Název mé bakalářské práce je „Mineralogická charakteristika granitických pegmatitů na Kluči u Filipové v Hrubém Jeseníku“. Toto téma jsem si vybrala z důvodu toho, že pegmatity patří mezi mineralogicky velmi zajímavé horniny a také je s nimi spjato ještě mnoho nezodpovězených otázek. I když pegmatity jsou na jedné straně velmi zajímavé horniny, na druhé straně jsou i velmi komplikované. Ať už se to týká jejich vzniku, příbuznosti s jinými horninami a vývojových trendů. Pegmatity v oblasti Hrubého Jeseníku jsou již dlouhou dobu studovány, pegmatitům na Kluči však mnoho pozornosti dosud věnováno nebylo. Svou prací bych chtěla přispět k tomu, aby byl tento pegmatit podrobněji zpracován a mohl být porovnán s pegmatity v jeho okolí.

2. Metody

V souladu se zadání bakalářské práce jsem po literárně-rešeršní přípravě (zaměřené na geologii silezika a zejména na výskyty pegmatitů v této jednotce) provedla rekognoskaci terénu na západním svahu Kluče u Filipové, kde jsem vyhledala granitické pegmatity (výchozy a fragmenty v eluviu či deluviu). Na jednotlivých lokalitách jsem provedla dokumentaci jejich stavu a odběr reprezentativních vzorků. Poloha lokalit byla zanesena do topografické mapy v měřítku 1 : 10 000 a současně byly změřeny GPS souřadnice.

V terénu získaný materiál byl využit ke zhotovení leštěných výbrusů (panem Jiřím Povolným, PŘF MU Brno). Výbrusy byly zhodnoceny standardními optickými metodami na polarizačním mikroskopu Olympus BX50, na němž byly též pořízeny mikrofotografie pomocí kamery Olympus C-7070.

Chemismus jednotlivých minerálů byl studován vlnově disperzní analýzou (WDX) na elektronové mikrosondě Cameca SX100 (analytici RNDr. Radek Škoda, PhD., Mgr. Petr Gadas, RNDr. Renata Čopjaková, PhD., PEMM PŘF MU Brno). Na témže přístroji byly pořízeny i snímky ve zpětně odražených elektronech (BSE snímky).

WDX analýzy byly provedeny za těchto podmínek:

Granát: průměr svazku <1 μm, 15keV, 10nA, použité standardy: albit (Na), spessaartin (Si, Mn), sanidin (K, Al), pyrop (Mg), chromit (Cr), fluorapatit (P), titanit (Ca, Ti), almandin (Fe), V (V), Ni (Ni), YAG (Y) a topaz (F).

Fylosilikáty: průměr svazku 3 nebo 4 μm, 15 keV, 10nA, použité standardy: albit (Na), sanidin (Si,Al,K), MgAl₂O₄ (Mg), benitoit (Ba), V (V), chromit (Cr), andradit (Ca), titanit (Ti), almandin (Fe), spessartin (Mn), gahnit (Zn), Ni (Ni), NaCl (Cl), topaz (F), fluorapatit (P).

Živce: průměr svazku 4 μm, 15 keV, 10 nA, použité standardy: albit (Na), sanidin (Si, Al), SrSO₄ (Sr), baryt (Ba), fluorapatit (P), NaCl (Cl), titanit (Ca), andradit (Fe), PbS (Pb).

Monazit: průměr svazku < 1 μm, 15keV, 20 nA, 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).

Zirkon: průměr svazku < 1 μm, 15 keV, 20 nA, použité standardy: titanit (Si,Ti), zirkon (Zr), Hf (Hf), YAG (Y), sanidin (Al), fluorapatit (P), ThO₂ (Th), U (U), andradit (Fe), rhodonit (Mn), InAs (As), topaz (F), columbit_Ivigtut (Nb), Bi (Bi), ScVO₄ (Sc), vanadit (Cl), W (W), YbPO₄ (Yb).

Xenotim: průměr svazku < 1 μm, 15 keV, 20 nA, použité standardy: fluorapatit (P, Ca), LaB₆ (La), CeAl₂ (Ce), U (U), ThO₂ (Th), PbSe (Pb), YAG (Y), almandin (Al), andradit (Si,Fe), YbP₅O₁₄ (Yb), YerAG (Er), DyPO₄ (Dy), GdF₃ (Gd), NdF₃ (Nd), SmF₃ (Sm), PrF₃ (Pr), baryt (S), HoPO₄ (Ho), LuPO₄ (Lu), rhodonit (Mn), InAs (As), topaz (F).

Pyrofanit: průměr svazku 2 μm, 15keV, 20nA, použité standardy: albit (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), olivin (Mg), fluorapatit (P), Sb (Sb), PbSe (Pb), InAs (As), CeAl₂ (Ce), PrF₃ (Pr).

Magnetit: průměr svazku < 1μm, 15 keV, 20nA, použité standardy: andradit (Fe,Ca), Ni (Ni), V (V), rhodonit (Mn), TiO (Ti), MgAl₂O₄ (Mg, Al), gahnit (Zn), sanidin (Si), chromit (Cr), fluorapatit (P), Co (Co).

Epidot a allanit: průměr svazku < 1 μm, 15 keV, 20 nA, použité standardy: albit (Na), sanidin (Si, Al, K), YAG (Y), MgAl₂O₄ (Mg), LaB₆ (La), CeAl₂ (Ce), U (U), ScVO₄ (Sc), fluorapatit (P), almandin (Fe), andradit (Ca), titanit (Ti), spessartin (Mn), NdF₃ (Nd), SmF₃ (Sm), PrF₃ (Pr), DyPO₄ (Dy), ErPO₄ (Er), GdPO₄ (Gd), Th (Th), topaz (F), zirkon (Zr), YbPO₄ (Yb), PbS (Pb).

Nb-Ta oxidy: průměr svazku 2 μm, 15 keV, 20 Na, použité standardy: albit (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), olivin (Mg), fluorapatit (P), Sb (Sb), PbSe (Pb), InAs (As), CeAl₂ (Ce), PrF₃ (F).

V závěrečné fázi práce (kapitola „Diskuse“) jsem provedla srovnání pegmatitů z Kluče s již dříve prostudovanými pegmatity z blízkého okolí (lokality Lysá hora, Scheibengraben, Schinderhübel, Bienergraben, Oplustilberg).

3. Obecná charakteristika granitických pegmatitů a jejich geneze

Pegmatity jsou magmatické hrubozrnné až velkozrnné horniny. Největšího rozšíření dosahují granitické pegmatity. Jejich mineralogické složení je velmi podobné granitům, se kterými se často vyskytují společně. Hlavními horninotvornými minerály těchto pegmatitů jsou živce, křemen, muskovit, biotit; poměrně hojně se v nich nachází turmalín (skoryl) a granát (zpravidla almandin-spessartin). Průměrná velikost zrna je větší než 2 mm. Podle jedné z teorií vzniku pegmatitů (viz např. Zimák (2001)) se tyto horniny tvoří z pegmatoidního magmatu, které je zbytkem po postupné krystalizaci silikátové taveniny. Pro tyto magmata je charakteristický vysoký obsah těkavých látek a inkompatibilních prvků. Vzhledem ke svému složení mají relativně nízkou viskozitu, a proto mohou pronikat i do značných vzdáleností od zdroje. Zároveň ionty obsažené v magmatu jsou značně pohyblivé, čímž mohou vznikat velké krystaly křemene a živců o rozměrech až několik metrů. Pegmatity se vyskytuje převážně ve formě žilných těles o mocnosti X až X0 m. Mohou se nacházet i v podobě pegmatitových žilných rojů, čoček nebo hnízd, v závislosti na podmínkách vzniku. Jejich barva je vždy světlá, a to od bílé přes nažloutlou, narůžovělou až k našedlé.

Typickým znakem pegmatitů je jejich zonální stavba, která se vyznačuje odlišným chemickým složením, velikostí zrn a strukturou v jednotlivých zónách pegmatitového tělesa. Nejhojněji se vyskytují směrem do středu granitická zóna, grafická zóna, bloková zóna a křemenné jádro (Novák 2005). Někdy může být mezi nimi přítomna i další odlišná zóna (např. aplitická). Dalším znakem je pro granitické pegmatity typická struktura, kdy křemen a draselný živec (případně křemen a jiné minerály) tvoří písmenkové (grafické) srůsty.

O tom, jak pegmatity vznikají, existuje několik hypotéz. Přičemž každá může být za určitých podmínek ta správná. Přehled existujících hypotéz uvádí např. Zimák (2001). Nejvíce propracována je *magmatická hypotéza*, která popisuje vznik pegmatitu v uzavřeném systému. Říká, že minerály pegmatitu vznikly ze zbytkové taveniny, ve které jsou obsaženy prvky nezapojené do hlavní fáze krystalizace. V průběhu hlavní fáze krystalizace vznikaly nejprve bezvodé silikáty a pak minerály s hydroxylovou skupinou. Zbytková tavenina je obohacena o těkavé složky a řadu inkompaktibilních prvků, které se pro své geochemické vlastnosti neúčastnily hlavní etapy krystalizace a proto se nestaly i

součástí vykrystalovaných minerálů. Při ochlazování a krystalizaci pegmatoidní magma postupně přechází v hydrotermální roztok, z kterého se pak může vytvořit v pegmatitu asociace hydrotermálních minerálů. Tuto teorii potvrdil například Lemmlejn (1962), kdy ve své práci popsal v topazech z pegmatitů Volyně inkluze zaplněné vodnými roztoky a pevnými fázemi křemene, silikátů, fluoridů a chloridů. Pevné fáze se rozpouštěly při teplotách blízkých 700 °C. Ze svých výsledků učinil závěr, že pegmatity krystalizovaly z taveniny.

Magmaticko-metasomatická hypotéza rozděluje vznik pegmatitového tělesa na dvě jednotlivé etapy. V magmatické vzniká krystalizací ze zbytkového magmatu jednoduchý pegmatit (většinou se zonální stavbou). Tehdy jde o polouzavřenou soustavu, kdy nějaké látky mohou být vyneseny pryč do okolí. V metasomatické části hypotézy přechází soustava do otevřené, kde jsou dříve vykrystalované minerály zatlačovány a místo nich vznikají mladší. To je způsobeno hydrotermálními roztoky, které vystupují z hloubky a se zbytkovým magmatem nemají přímou souvislost. K metasomatickému zatlačování nemusí v pegmatitových tělesech dojít vždy.

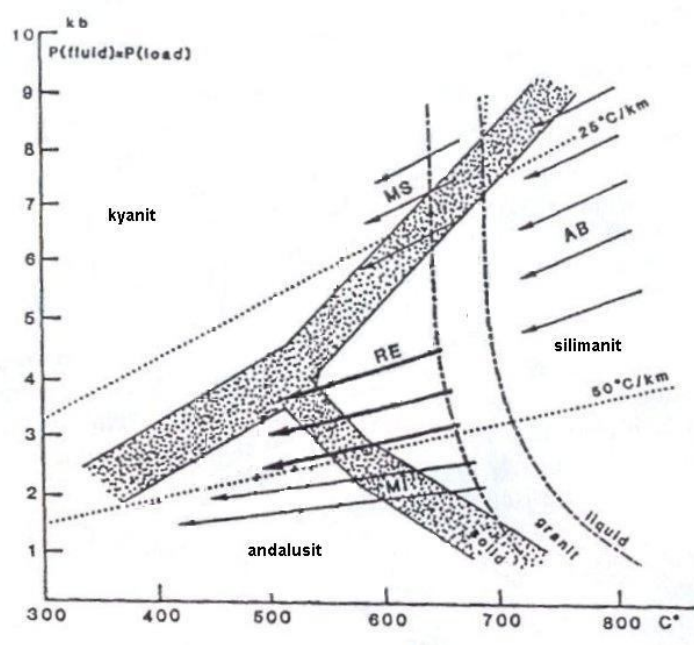
Hydrotermálně-metasomatická hypotéza vysvětluje genezi pegmatitů tak, že prakticky mohou vznikat z kterýchkoliv hornin. Ty působením hydrotermálních roztoků rekrystalizují do podoby jednoduchých pegmatitů. V nich pak mohou opět probíhat metasomatické procesy, které dají vzniknout ze starých nové minerály.

Poslední *metamorfnní hypotéza* zastává názor, že pegmatity jsou produkty regionální metamorfózy. Vznikly buď působením metamorfogenních roztoků nebo z tavenin, které se vytvořily v průběhu metamorfózy. Tato teorie vychází z poznatků o závislosti nerostného složení a charakteru pegmatitů na stupni metamorfózy okolních hornin.

Granitické pegmatity představují nejvíce frakcionovaný člen vývoje magmatických komplexů a nachází se v nich řada inkompatibilních prvků jako je Li, Cs, Rb, Be, Y, Ta, Ni, P, F, B, Zr, Hf a REE a řada dalších (v souladu s výše uvedenou magmatickou hypotézou vzniku pegmatitů). Inkompatibilní prvky, jak již bylo zmíněno, se při hlavní krystalizaci neváží na silikáty a v závěrečné fázi vývoje se koncentrují ve zbytkové tavenině. Jak uvádí Novák (2005) lze tento vývoj dobře dokumentovat poměry vybraných

prvků, a to např. K/Rb, K/Cs, Fe/Mn, Mg/Fe, Al/Ga, Zr/Hf a Nb/Ta, které se s nárůstem frakcionace snižují, a dále také zvýšenou koncentrací některých prvků jako např. Li, Be, Sn, Ta, Rb a Cs. Stupeň frakcionace se odráží jak ve vzniku nových fází, tak ve změně chemického složení u jednotlivých skupin minerálů (Novák 2005).

Granitické pegmatity podle Černého (1991a) rozdělujeme podle podmínek vzniku (PT podmínky) v prostředí jejich hostitelských hornin do 4 základních tříd: abysální třída, muskovitová třída, třída vzácných prvků, a miarolitická třída (viz obr. 1). Novák (2005) toto dělení mírně modifikuje a uvádí i přechodné typy. V následujícím textu je uvedena stručná charakteristika pěti vybraných základních tříd pegmatitů (Novák 2005).



Vysvětlivky:
 AB- abysální
 pegmatity
 MS- muskovitické p.
 RE- p. vzácných prvků
 MI- miarolitické p.

Obr. 1. Termodynamické podmínky formování pegmatitů pěti hlavních tříd (upraveno podle Černý1991a, Novák 2005).

3.1. Abysální pegmatity

Podle Nováka (2005) do této třídy spadají pegmatity vzniklé metamorfními pochody (především metapelitických hornin). Vznikají převážně v horninách vyšší granulitové až amfibolitové facie. Často tvoří jen malá tělesa, souhlasně probíhající s metamorfní stavbou okolních hornin. Texturně i mineralogicky jsou jednoduché. Vedle křemene, slíd, draselného živce a plagioklasu se v nich může vyskytovat allanit, zirkon, uraninit, thorit, turmalín, korund, rutil, granát a případně další akcesorické minerály.

3.2. Pegmatity muskovitové třídy

U tohoto typu je vztah k mateřským horninám zatím nejasný. Nacházejí se hlavně v horninách amfibolitové facie. Mohou vytvářet i zonální tělesa velkých rozměrů. Oproti abysálním pegmatitům jsou texturně a mineralogicky složitější. Vedle křemene, živce a hojného muskovitu obsahují akcesorické minerály turmalín, granát, biotit a apatit. Někdy se jim říká také keramické pro možnost využití jejich živců v keramickém průmyslu.

3.3. Pegmatity třídy muskovitové - vzácných prvků

Tato třída zahrnuje pegmatity s vlastnostmi charakteristickými jak pro pegmatity muskovitové třídy, tak třídy vzácných prvků. To znamená, že jsou uloženy v horninách amfibolitové facie, s hojným výskytem muskovitu, ale zároveň i obsahují některé vzácné prvky a proto i relativně vzácné minerály jako beryl, spodumen, trifylín, zirkon, kasiterit, REE-minerály a další. Horninotvorné minerály jsou zde zastoupeny křemenem, K-živcem, albitem a muskovitem. Vztah k mateřským horninám je nejasný.

3.4. Pegmatity třídy vzácných prvků

Tato třída zahrnuje většinu detailně studovaných granitických pegmatitů. Podle Nováka (2005) jsou uloženy v metamorfovaných horninách amfibolitové facie až facie zelených břidlic. Výjimečně pronikají i granity. Vytvářejí drobná i mohutná tělesa většinou s komplikovanou vnitřní stavbou. Mohou obsahovat četné dutiny. Mineralogicky jsou tyto pegmatity velmi pestré. Typickými minerály jsou křemen, K-živec, albit, dále pak spodumen, trifylín, lepidolit, petalit, elbait, zirkon, topaz, andalusit, kasiterit, REE-minerály a řada dalších. Kromě výše uvedených minerálů se v těchto pegmatitech může vyskytovat

široká škála méně běžných akcesorických minerálů, a to včetně sekundárních produktů hydrotermálních alterací a zvětrávání (např. primárních Fe, Mn, Mg, Ca, Li-fosfátů, cordieritu...) - Novák (2005).

3.5. Pegmatity miarolitické třídy

Pro tuto třídu je charakteristickým znakem přítomnost primárních dutin (miarol). Není to však jediná podmínka pro zařazení pegmatitu do této skupiny, protože dutiny mohou obsahovat, i když v podstatně menším množství, všechny pegmatitové třídy. Do této třídy můžeme zahrnout pouze pegmatity, které leží buď přímo v mateřských granitoidech nebo v jejich bezprostřední blízkosti, a tedy i z geochemického hlediska se od zdroje nijak zvláště neliší. Posledním kritériem je relativně nízký tlak při jejich vzniku. Toto určení je poměrně komplikované, a tak můžeme někdy zaměnit miarolitické pegmatity s pegmatity vzácných prvků, které v sobě obsahují velké množství dutin.

Na závěr klasifikace bych chtěla jen podotknout, že díky velmi vysoké variabilitě nerostného složení je každý pegmatit svým způsobem originál. Proto může být přiřazení konkrétního pegmatitu do určité třídy komplikované a některá pegmatitová tělesa mohou být zařaditelná do dvou tříd současně.

4. Rozšíření granitických pegmatitů v České republice

Rošířením granitických pegmatitů na našem území se zabývá např. Bernard et al. (1981), Bernard (2000) a Novák (2005).

Největšího výskytu dosahují granitické pegmatity v rámci České republiky v oblasti **moldanubika**. Můžeme zde najít pegmatity různých tříd, typů a subtypů. Hojný výskyt v rámci této jednotky je v širším okolí Písku, okolí Jihlavy, Sušice, v prostoru jihočeských granulitových těles a ve strážeckém moldanubiku. Abysální pegmatity leží hlavně při východním okraji moldanubika (Starkoč u Čáslavy, Spačice, Běstvína, Vémyslice, Věžná, okolí Kutné hory - Miskovice, Kuklík). Hojného množství v moldanubické oblasti dosahují pegmatity třídy vzácných prvků. Byly zde nalezeny jak primitivní, tak více frakcionované typy. Protože některé (hlavně primitivní) pegmatity v moldanubické oblasti spadající do třídy vzácných prvků nebylo možné zařadit do žádných existujících klasifikací, vymezil Novák (2005) ještě jednu podtřídu - „primitivní pegmatity“. Ta zahrnuje turmalínové pegmatity, které leží na lokalitách Myšenec u Písku, Bory, Chlumeck u Měřína a Lavičky u Velkého Meziříčí. Dále jsou zde vyčleněny andalusitové pegmatity, které nebyly nikde jinde než v moldanubiku v rámci ČR nalezeny. Jsou přítomny na lokalitách v okolí Borů, Čejova u Humpolce, v širším okolí Písku a Mysliboře u Telče. Fosfátové pegmatity se opět nacházejí pouze v moldanubiku. Pro ně jsou typickými oblastmi výskytu Cyrilov, Bory, Vídeň a Rousměrov a také třeba Havírky u Písku. Hojný a ojedinělý výskyt v moldanubické jednotce mají i berylové pegmatity s turmalínem, které už nepatří do dříve zmiňované podtřídy. Můžeme je opět rozdělit na dva druhy: a) na relativně primitivní, které vedle křemene, živců a někdy hojného turmalínu obsahují pouze beryl, turmalín a jen výjimečně další akcesorické minerály (Drahonín u Tišnova, Polnička a Brzkov u Žďáru nad Sázavou, Budislav u Litomyšle), b) na berylové pegmatity s turmalínem, které obsahují muskovit jen v malém množství a jako akcesorie v nich může být přítomen cordierit, niobový a tantalový rutil, monazit, xenotim, zirkon, apatit, ilmenit atd. (např. v okolí Písku).

Dalšími typickými pegmatity pro moldanubikum jsou komplexní (Li) pegmatity. Ty se dělí na lepidolitové pegmatity (Sedlice u Želetavy, Jeclov, Chvalovice, Dobrá Voda, Sušice I, Rožná atd.), petalitové pegmatity (Nová Ves u Českého Krumlova) a elbaitové

pegmatity (Dolní Rožinka, Vlastějovice, Bližná I,II, Černá v Pošumaví, Jeclov II, okolí Sušice a další).

V **bohemiku** je výskyt pegmatitů daleko menší a oblasti, kde je lze najít jsou hlavně po obvodu této jednotky. V oblasti Domažlice - Poběžovice a v širším okolí Teplé jsou uloženy pegmatity přechodné třídy muskovitové - vzácných prvků. Specifickou lokalitou pro tuto třídu je Kříženec u Mariánských Lázní, kde tento pegmatit obsahuje vysoké množství muskovitu, který tu byl v minulosti těžen. V bohemiku jsou i pegmatity odvozené od variských masivů, které vystupují na styku této jednotky a jejich přilehlých např. pegmatity železnohorského masivu.

Oblast **saxothuringika** nabízí pegmatity jak texturně, tak i mineralogicky velmi různorodé, ale – jak uvádí Novák (2005) – zatím nebyly tyto pegmatity detailně studovány. Patří sem např. pegmatity při okrajích granitických intruzí (Krupka, Horní Slavkov), značně primitivní deformované pegmatity s granátem a turmalínem (Unčín) a pegmatity z oblasti Podlesí u Horní Blatné. Známou lokalitou je Kynžvart u Mariánských Lázní, odkud pochází nejvíce frakcionovaný pegmatit z této jednotky na území ČR.

Lugikum je na výskyt pegmatitů poněkud chudší oblastí. Můžeme zde najít miarolitické pegmatity v libereckém masivu.

Pegmatity **silezika** jsou podrobněji charakterizovány v následující kapitole.

5. Pegmatity silezika

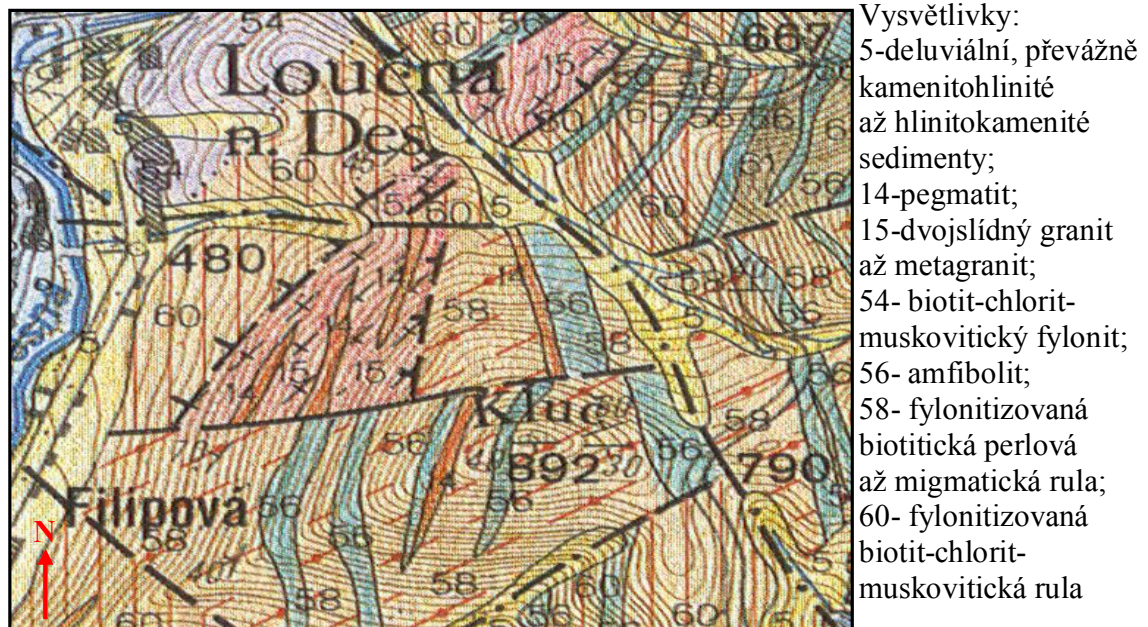
Silesikum je oblastí, kde se nachází většina pegmatitů v rámci moravsko-slezské jednotky. V sileziku se pegmatity vyskytují zejména v žulovském masivu a v jeho plášti a také v desenské a keprnické skupině. V žulovském masivu jde o miarolitické pegmatity nebo o pegmatity třídy vzácných prvků (Žulová, Černá Voda, Velká Kraš, Supíkovice). V desenské skupině se pegmatity vyskytují na Sobotínsku (lokality Bienergraben, Oplustilberk, Scheibengraben, Schinderhübel a Lysá hora), v keprnické jednotce jsou pegmatity v okolí města Šumperk (Městské skály), Rejchartic, Velkých Losin, Rapotína a Branné (lokalita Dämmbaude).

V oblasti silezika lze rozlišit dvě odlišné populace pegmatitů (Kruťa et al. 1967, Novák 2005). První z nich jsou prevariské pegmatity, které nesou znaky metamorfního postižení (deformace, lineace, foliace). Tyto pegmatity jsou poměrně primitivní (jak uvádí Novák 2005) - tvoří žíly někdy i značných rozměrů a mají jednoduchou zonální stavbu. Nejpravděpodobněji patří do třídy muskovitové (podle Nováka 2005). Hojně se v nich vyskytuje turmalín (skoryl-dravitové řady), místy granát (almandin, spessartin), apatit, biotit a spíše výjimečně mohou obsahovat i beryl nebo Nb,Ta-oxidy. Typická je pro ně vysoká aktivita boru a na druhé straně velmi nízká aktivita fosforu a fluoru (Novák 2005). Vztah těchto pegmatitů k mateřským granitům není jasný. Typickým představitelem pegmatitů této skupiny je pegmatit zastížený vrtem u Dykovy chaty u osady Vidly (Aichler et al. 1986).

Druhým typem pegmatitů keprnické a desenské jednotky jsou variské posttektonické pegmatity, které většinou diskordantně prostupují okolní horninou. Mají všesměrně zrnitou strukturu (usměrnění chybí). Svým složením se řadí do třídy vzácných prvků, konkrétněji do beryl-columbitového subtypu. Typickými lokalitami jsou Scheibengraben, Schinderhübel a Dämmbaude. Některé z nich podlely intenzivní regionální metamorfóze, jejíž podmínky odpovídaly sillimanitové zóně (Novák 2005). Pro tyto pegmatity je charakteristická nízká aktivita boru, fosforu a fluoru, jen místy jsou koncentrace těchto tří prvků zvýšené (Scheibengraben). Typickými stopovými prvky těchto pegmatitů jsou zinek, bismut a uran (Novák 2005). Je velmi pravděpodobné, že tyto pegmatity jsou geneticky spjaty s variskými granitoidními intruzivními tělesy (šumperský masiv, žulovský masiv a intruze Rudné hory).

6. Geologická stavba širšího okolí Kluče

Vrch Kluč (892 m) je součástí desenské skupiny. Ve starší regionálně-geologické literatuře je tento vrch součástí kry Pradědu, která představuje jižní část tzv. desenské klenby, jejímž základem jsou monotónní biotitické a dvojslídne ruly, místy slabě migmatizované, které místy obsahují pestřejší vložky jako amfibolity, kvarcity, příp. erlany (Svoboda et al. 1964, Misař et al. 1983). Horninový základ kopce a širšího okolí tvoří amfibolity, fylonitizovaná biotitická až migmatitická rula, případně fylonitizovaná biotit-chlorit-muskovitická rula (viz obr. 2). Od severozápadu sem zasahují pegmatitové žíly uložené v dvojslídnych granitech až metagranitech. Tyto granity (příp. metagranity) jsou součástí intruze Rudné hory. Granity Rudné hory jsou horniny se středně zrnitou všesměrnou texturou, světle růžovo šedé barvy. Hlavní horninotvorné minerály jsou křemen, draselný živec (mikroklin i ortoklas), plagioklas (bazicitou odpovídající albitu), muskovit a biotit. Granit je poměrně bohatý na akcesorické minerály, které však mají často rozměry výrazně pod 0,1 mm. Byly zde určeny např. hematit, ilmenit, apatit, pyrit, xenotim-(Y), allanit-(Ce), monazit-(Ce), zirkon a další (Vávra 2002). Některé pegmatitové žíly pronikají rulami, případně sledují kontakt rula – amfibolit (viz obr. 2).



1:10 000

Obr. 2: Výřez z geologické mapy 1 : 50 000, list 14-24 Bělá pod Pradědem.

7. Pegmatity na kopci Kluč v literatuře

Pegmatity se vyskytují na vrchu Kluč hlavně na jeho západním svahu, který je v současnosti hojně pokryt jejich úlomky. Vytvářejí zde celé roje žil, jejichž mocnost značně kolísá v rozmezí od 0,5 do 2 metrů (Skácel et al. 1968) – jak uvádí již Kretschmer (1911), jde o větší počet pegmatitových žil značných rozměrů, které vedou od „Ashergrundu“ přes vrchol „Radersbergu“ až do severovýchodního úbočí Vlčího sedla.

Horninami, jimiž zde pegmatity prostupují konkordantně, výjimečně i diskordantně, jsou biotitické ruly. Tělesa pegmatitů sledují obvykle směr 30 – 50° se zapadáním většinou k severozápadu.

Podle Skácela et al. (1968) nejmocnější pegmatitová žíla leží nad obcí Filipová. Mocnost žíly kolísá mezi dvěma až osmi metry. V délce 200 metrů je viditelná na povrchu. Pegmatitové těleso probíhá směrem SV-JZ s úklonem 60° k severozápadu. Žíla je tvořena zonálním pegmatitem, který se ve svých jednotkách strukturně, texturně i mineralogicky liší. Od okraje ke středu přechází pegmatit z okrajové granitické jednotky do grafické, centrum žíly tvoří bloková jednotka složená z individuí křemene a živce (zrna o velikosti až 30 cm).

Z petrografického hlediska lze podle Kretschmera (1911) na Kluči rozlišit dva typy pegmatitů: a) turmalínové pegmatity, b) muskovitové pegmatity bohaté magnetitem. Pegmatity mají světle hnědou až šedobílou barvu a velmi hrubozrnnou strukturu (Skácel et al. 1968). Kretschmer (1911) uvádí, že podstatnou součástí těchto pegmatitů je žlutavý a masově červený ortoklas, cukrově bílý plagioklas, kouřově zbarvený křemen a stříbřitě bílý muskovit, většinou ve větších tabulkách s vynikající štěpností. Kretschmer (1911) a Krut'a et al. (1967) podrobněji charakterizují živce pegmatitů takto: Plagioklas svou bazicitou odpovídá oligoklasu. Draselný živec je přítomen jednak jako ortoklas. Pod mikroskopem pak byly ještě objeveny jeho nehomogenity v podobě mikroklinu a perthitického mikroklinu, které se objevují v pegmatitu velmi často. Charakteristické písmenkové prorůstání ortoklasu a křemene je všeobecným jevem uvnitř těchto pegmatitů (Kretschmer 1911). Tmavé minerály jsou v pegmatitech zastoupeny převážně muskovitem, který tvoří až šest centimetrů velké šupinky (Skácel et al. 1968). Biotit, jako podstatný vedlejší minerál, je hnědý, silně pleochroický ve formě větších šupin lístečkou nebo tabulek o velikosti až 9 cm (Kretschmer 1911, Skácel et al. 1968). Dále zde citovaní autoři zjistili

granát, který je vrostlý do ortoklasu. Jeho velikost odpovídá „zrnku prosa“, jeho barva je žlutohnědá; je průhledný až průsvitný (Kretschmer 1911). Vyskytuje se jak ve formě až jeden centimetr velkých idiomorfne omezených krystalů, tak v podobě drobných krystalků nahlučených do hnízd. Granát je obsažen ve všech pegmatitových jednotkách. Magnetit je většinou v pegmatitech „v železně černých, silně kovově lesklých, hrachově velkých krystalech, které mohou být velké i jako lískové ořechy“ (Burkart 1953). Podle Kruží et al. (1967) magnetit tvoří až jeden centimetr velké krystaly tvaru {111} a {110}. Nejčastěji jde pouze o oktaedry s rýhovanými plochami. Magnetit může být i nahlučen do menších či větších hnízd. V některých místech zvětrává na limonit. Turmalín, konkrétně skoryl, tvoří sloupcovité krystaly, zarostlé do křemene; sloupce turmalínu jsou často rozlámány. Ilmenit je zde přítomen v zmech nebo krystalech. Dále jsou z pegmatitů na kopci Kluč výše citovány autory uváděny další minerály, a to například tantalit, spodumen nebo fergusonit, avšak tyto minerály byly „určovány“ pouze makroskopicky, a tak není vyloučena jejich záměna s jinými. V Burkartově topografii (Burkart 1953) je na Filipově zmiňován cordierit tvořící krystalová „hnízda“ o velikosti až 3 cm.

Mineralogickou výjimečnost pegmatitů na Kluči lze dokumentovat volně přeloženým výrokem Kretschmera (1911): „Jedinečné pegmatitové žíly na Kluči, které jsou lokálně silně zrudněné, obsahují kromě magnetitu a ilmenitu také vzácné kovy, díky nimž jsou zde i místy hojné obecně vzácné minerály. Jejich nalezení je však otázkou štěstí.“

8. Výsledky mineralogického studia materiálu z vybraných lokalit

8.1. Výsledky terénních prací

Na kopci Kluč byly odebrány reprezentativní vzorky pegmatitů celkem z pěti lokalit. Na vybraných místech byl zdokumentován jejich současný stav a poloha jednotlivých lokalit byla zaměřena GPS přístrojem.



Obr. 3: Lokalita č. 1. Foto Simona Vachová, květen 2009



Obr. 4: Pegmatitové bloky na lokalitě č. 5. Foto Simona Vachová, květen 2009

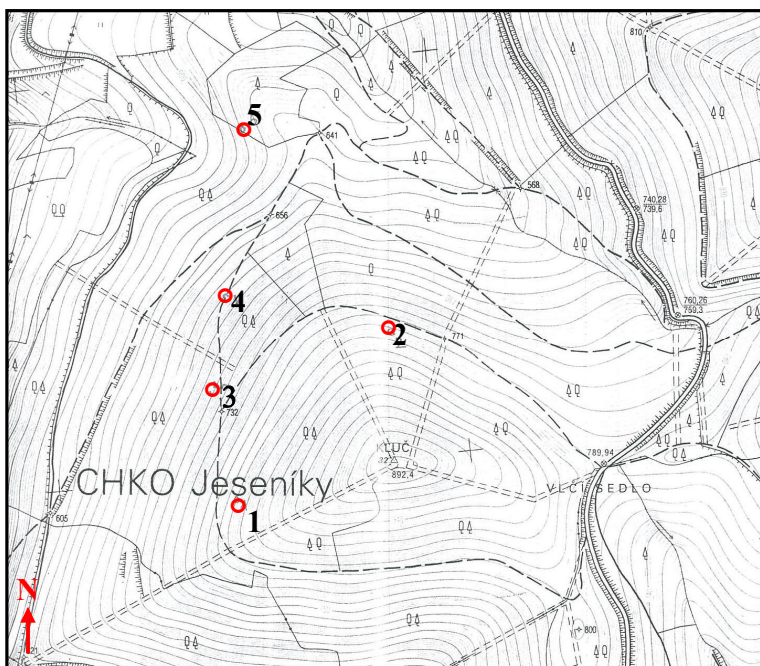
Lokalita č. 1 připomíná nepoužívanou starou lesní cestu (viz obr. 3). Její souřadnice jsou $50^{\circ}03,5' N$ a $17^{\circ}06,2' E$. Přibližně se nachází 1300 metrů jihojihozápadním směrem od kostela v Loučné nad Desnou ve výšce 802 metrů nad mořem. Vyskytují se tu hojné fragmenty pegmatitu. Ty největší jsou až půl metru velké.

Lokalita č. 2 má souřadnice $50^{\circ}03,7' N$ a $17^{\circ}06,5' E$. Leží na severním svahu kopce Kluč (751 m. n. m.), blízko nad cestou, která vede kolem Kluče. Zde byl odebrán vzorek z fragmentu pegmatitové žíly v deluviu.

Lokalita č. 3 (733 m. n. m.) se souřadnicemi 50°03,6' N a 17°06,2' E leží 300 metrů severně od mé první lokality, přibližně 1000 metrů ke kostelu v Loučné nad Desnou. Pegmatit se vyskytuje v podobě fragmentů podél lesní cesty.

Lokalita č. 4 má souřadnice 50°03,8' N a 17°06,2' E a je ve výšce 710. Jde o výskyt fragmentů pegmatitu při lesní cestě.

Lokalita č. 5 o souřadnicích 50°04,0' N a 17°06,3' E a ve výšce 692 m.n.m. je tvořena bloky pegmatitu, které jsou až dva metry velké, nahloučené těsně u sebe (obr. 4). Ze stávajících fragmentů na lokalitě je možné se domnívat, že v minulosti šlo o pegmatitový výchoz. Tato lokalita je nejbližší ke hřbitovu v Loučné nad Desnou, přibližně 600 metrů. Poloha lokalit je graficky znázorněna na obr. 5. Je zajímavé, že lokality číslo 1, 3, 4 a 5 jsou seřazeny do linie přibližně severojižního směru. Po porovnání s geologickou mapou 1: 50 000, 14-24 Bělá pod Pradědem, kde pegmatitové žíly probíhají směrem S-J, je možno soudit, že uvedené lokality mohou reprezentovat určité úseky jedné a téže žíly.



1: 20 000

Obr. 5: Výřez z topografické mapy 1:10 000, list 14-24-23 se zakreslenými lokalitami.

8.2. Mineralogická charakteristika pegmatitů

Fragmenty pegmatitů nalezených na lokalitách ukazují, že pegmatity na Kluči patří mezi jednoduché pegmatity. V nalezeném materiálu lze rozlišit tři jednotky: živec-křemen-muskovitickou (obr. 6), grafickou (obr. 7) a blokovou. Grafická a bloková jednotka jsou v pegmatitu zastoupeny v menší míře než živec-křemen-muskovitická, která viditelně převažuje. Terénní studium větších pegmatitových bloků na lokalitě č. 5 naznačilo, že jednotlivé paragenetické jednotky jsou v pegmatitu rozmístěny asi nepravidelně a že vnitřní stavba pegmatitu patrně nemá výraznou zonálnost.

Makroskopicky pozorovatelnými minerály pegmatitů na všech pěti lokalitách jsou živec, křemen, slídy; běžnou akcesorií granát, i když v některých vzorcích nebyla jeho přítomnost prokázána.



Obr 6: Odebraný vzorek na Kluči z lokality č. 1 křemen-živec-muskovitické jednotky.



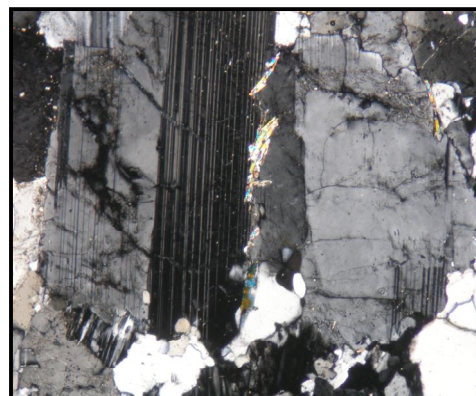
Obr 7: Odebraný vzorek z lokality č. 2 jednotky grafické.

Alkalické živce jsou v pegmatitu přítomny ve všech třech jednotkách. Plagioklas je nejhojnější minerál v živec-křemen-muskovitické zóně. Jeho zrna jsou xenomorfně až hypautomorfně omezena a ve studovaných výbrusech dosahují velikosti až 10 mm. V XPL má plagioklas dobře viditelné polysyntetické lamelování. V některých partiích undulózně zcháší a dvojčatné lamely jsou mírně zprohýbány. Na některých zrnech je pozorovatelné karlovarské dvojčatění (obr. 8). Plagioklasy jsou často alterované (sericitizace, patně i kaolinizace). Ve výbrusech byl zjištěn i plagioklas srostlý s červovitě zkrouceným křemenem (tzv. myrmekit). WDX analýzami (tab. 1) bylo zjištěno, že jde o plagioklas složením odpovídající albitu, jehož bazicita leží v intervalu An_{05} až An_{10} .

Tab 1.: Výsledky WDX analýzy (hmot %) plagioklasu.

	1	2	3
Na ₂ O	11,28	10,75	10,51
SiO ₂	67,69	66,36	66,33
Al ₂ O ₃	20,41	21,01	21,30
SrO	0,00	0,05	0,02
BaO	0,00	0,02	0,02
P ₂ O ₅	0,02	0,03	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	0,21	0,22	0,61
CaO	1,03	2,14	2,21
FeO	0,02	0,05	0,05
O=Cl	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,66	100,63	101,10
Přepočítání na 8 atomů kyslíku:			
Na ⁺	0,95	0,91	0,89
Si ⁴⁺	2,95	2,90	2,89
Al ³⁺	1,05	1,08	1,10
Sr ²⁺	0,00	0,00	0,00
Ba ²⁺	0,00	0,00	0,00
P ⁵⁺	0,00	0,00	0,00
Cl ⁻	0,00	0,00	0,00
K ⁺	0,01	0,01	0,03
Ca ²⁺	0,05	0,10	0,10
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,00
Pb ²⁺	0,00	0,00	0,00
O ²⁻	8,00	8,00	8,00
CATSUM	5,01	5,02	5,02

Obr. 8: Karlovarské dvojčce plagioklasu s výrazným polysyntetickým lamelováním. Výbrus vzorku z lokality č. 5. XPL, šířka snímku 1,8 mm.

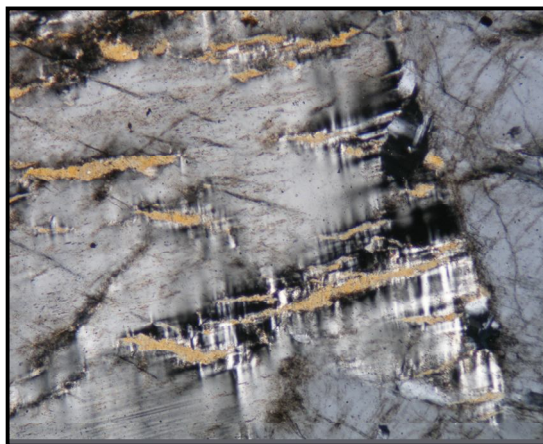


Draselný živec je jedním z hlavních horninotvorných minerálů všech tří jednotek. Jeho barva je světlá šedobílá, místy až narůžovělá. Ve studovaných výbrusech jsou zrna až 11 mm velká s xenomorfním až hypautomorfním omezením. V některých partiích undulózně zžásí. Na zrnech je viditelné mřížkování charakteristické pro mikroklin. V draselném živci jsou často odmišeninami albitu (obr. 9). Některá zrna jsou postižena sericitizací, příp. i kaolinizací. Výsledky WDX analýz K-živce jsou uvedeny v tab. 2. Z údajů je zřejmé, že v analyzovaných bodech bylo stanoveno až 9 % albitové složky.

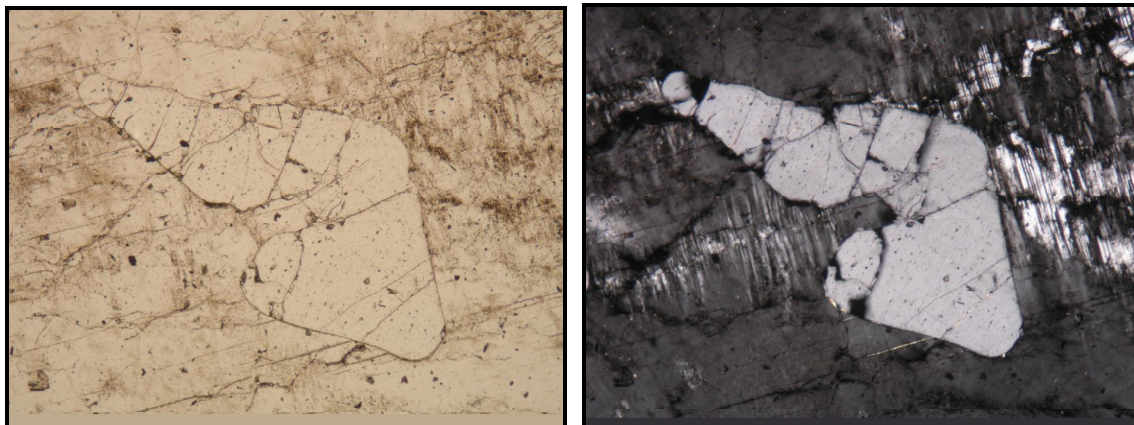
Tab 2.: Výsledky WDX analýzy (hmot %) draselného živce.

	4	5	6
Na ₂ O	0,25	1,05	0,77
SiO ₂	64,72	65,23	64,87
Al ₂ O ₃	18,18	18,55	18,37
SrO	0,05	0,06	0,04
BaO	0,01	0,00	0,03
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,01	0,00
K ₂ O	16,44	15,27	16,06
CaO	0,00	0,03	0,00
FeO	0,00	0,04	0,00
PbO	0,00	0,02	0,00
O=Cl	0,00	0,00	0,00
TOTAL	99,67	100,26	100,14
Přepočet na 8 atomů kyslíku:			
Na ⁺	0,02	0,09	0,07
Si ⁴⁺	3,00	3,00	3,00
Al ³⁺	1,00	1,00	1,00
Sr ²⁺	0,00	0,00	0,00
Ba ²⁺	0,00	0,00	0,00
P ⁵⁺	0,00	0,00	0,00
Cl ⁻	0,00	0,00	0,00
K ⁺	0,97	0,90	0,95
Ca ²⁺	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,00
Pb ²⁺	0,00	0,00	0,00
O ²⁻	8,00	8,00	8,00
CATSUM	5,00	5,01	5,00

Obr. 9: Draselný živec s odmišeninami albitu. Výbrus z lokality č. 1, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Křemen je přítomen jako hlavní horninotvorný minerál ve všech třech jednotkách. Jeho barva je světle bílá až naředlá. Ve výbrusech tvoří xenomorfní zrna, která ve většině partií undulózně zháší. Na některých místech je pozorovatelné působení tlakového postižení a následná granulace křemenných zm. V grafické jednotce tvoří místy písmenkové srůsty s alkalickým živcem (obr. 10).



Obr. 10: Grafické srůstání křemene a draselného živce.

PPL, šířka snímku 1,8 mm

XPL, šířka snímku 1,8 mm

Fylosilikáty jsou v pegmatitu zastoupeny převážně muskovitem (obr. 11), který je nejhojnější v živec-křemen-muskovitické jednotce. V hornině tvoří až 3 cm velké šupiny světle šedé barvy s výbornou štěpností. Ve výbrusech byl zaznamenán v podobě lištovitých průřezů xenomorfně až hypautomorfně omezených.

Biotit je v pegmatitu jako vedlejší minerál. Ve výbrusech tvoří xenomorfně omezené lišty. Je výrazně pleochroický. Místy je viditelné postižení chloritizací.

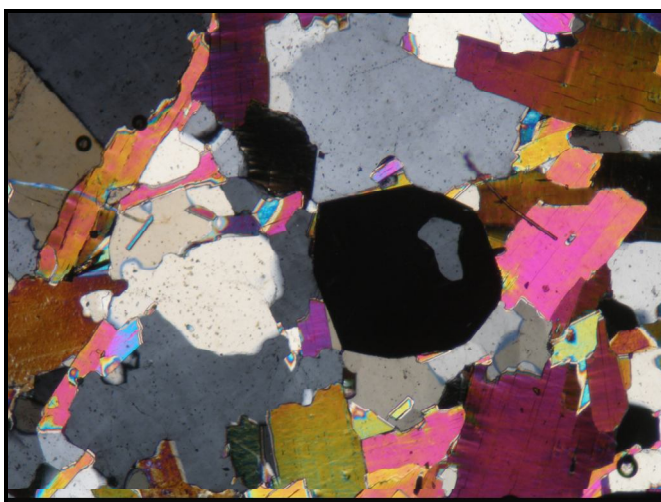
Výsledky WDX analýzy muskovitu, které jsou uvedeny v tab. 3 pod čísly 7, 8, 9, 10, ukazují na relativně vysoký podíl Na (až 0,52 % Na_2O hmot. %, až 0,07 apfu Na). Biotit je značně silně postižen chloritizací, nebyl proto analyzován. V trhlinách probíhajících granátem a též kolem zm granátu je běžně přítomen jemně šupinkovitý fylosilikát (obr. 12), jehož složení je uvedeno v tab. 3, analýzy 9, 12, 13, 14. Výsledky těchto analýz ukazují na

fylosilikát ze skupiny slíd – jde o slídu s velmi nízkým obsahem hořčíku, v níž je podstatně zastoupena annitová a siderofylitová složka.

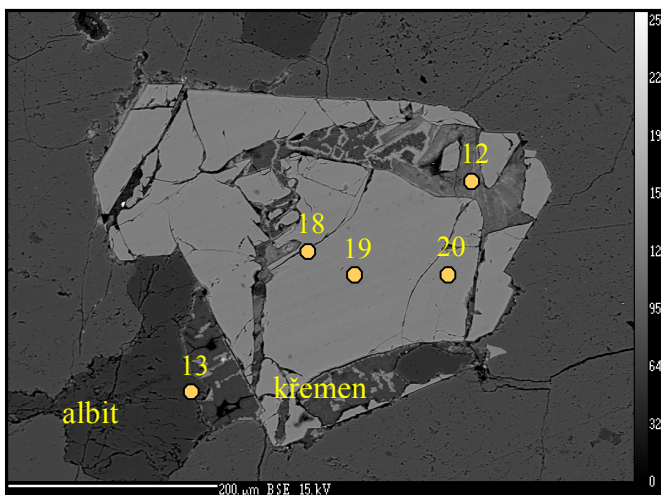
Tab 3.: Výsledky WDX (hmot %) fylosilikátů. Přepočteno na 11 atomů kyslíku.

	7	8	9	10	11	12	13	14
Na ₂ O	0,16	0,28	0,55	0,51	0,32	0,05	0,19	0,06
SiO ₂	46,21	46,19	45,85	46,30	30,55	31,78	49,70	32,75
Al ₂ O ₃	36,72	36,61	32,27	30,60	18,40	22,22	21,51	21,52
MgO	0,13	0,05	0,78	0,85	0,40	1,00	0,41	4,68
BaO	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,02	0,01	0,01
V ₂ O ₃	0,05	0,02	n.d.	n.d.	0,00	0,04	0,03	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
K ₂ O	9,74	9,77	10,66	10,51	4,82	2,78	0,60	2,97
CaO	0,16	0,04	0,02	0,03	0,28	0,48	0,90	0,08
TiO ₂	0,02	0,00	0,35	0,56	0,02	0,02	0,00	0,07
FeO	0,30	0,31	3,86	4,46	30,02	28,14	17,37	24,94
MnO	0,00	0,04	0,02	0,17	2,43	0,91	0,16	0,55
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,07	0,00	0,10
NiO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Cl	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03
F	0,10	0,08	0,37	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
P ₂ O ₅	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,17	0,00
O=CL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
O=F	-0,04	-0,03	-0,16	-0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	93,56	96,41	94,59	94,46	87,40	87,59	91,10	87,77
Na ⁺	0,02	0,04	0,07	0,07	0,00	0,01	0,03	0,01
Si ⁴⁺	3,09	3,09	3,12	3,16	2,68	2,67	3,54	2,69
Al ³⁺	2,89	2,89	2,59	2,46	1,91	2,20	1,80	2,08
Mg ²⁺	0,01	0,01	0,08	0,09	0,05	0,11	0,04	0,57
Ba ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V ³⁺	0,00	0,00	0,00	n.d.	n.d.	0,00	0,00	0,00
Cr ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ⁺	0,83	0,84	0,93	0,92	0,50	0,30	0,05	0,31

Ca ²⁺	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,07	0,01
Ti ⁴⁺	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,02	0,02	0,22	0,26	2,21	1,98	1,03	1,71
Mn ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,07	0,01	0,04
Zn ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ni ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F ⁻	0,02	0,02	0,08	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
O ²⁻	10,98	10,98	10,92	10,86	11,00	11,00	11,00	11,00
CATSUM	6,88	6,89	7,03	6,99	7,00	7,38	6,59	7,43



Obr. 11: Xenomorfní zrna muskovitu, křemene a automorfně omezený granát. Lokalita č. 5. Výbrus, XPL, šířka snímku 1,8 mm.



Obr. 12: Šupinky slídy (12, 13) ve výplni trhlín v automorfním zrně chemicky nezonálního granátu (analýza č. 18, 19, 20) ve zpětně odražených elektronech.

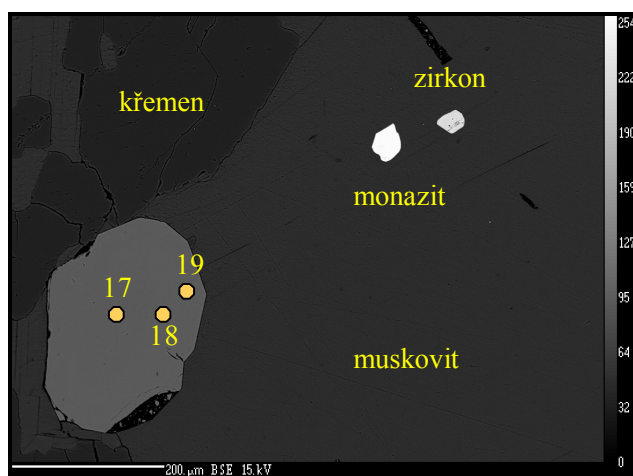
Granát se v pegmatitu vyskytuje jako běžný akcesorický minerál. V hornině jsou zrna granátu často nahloučena do hnízd nebo vytvářejí řetězkové linie. Jejich barva je tmavě červená a velikostí dosahují maximálně do 2 mm.

Ve studovaných výbrusech granát tvoří hypautomorfní až automorfní zrna, která jsou v PPL slabě narůžovělá s výrazným pozitivním reliéfem a v XPL jsou izotropní. Na žádném ze zrn nebyla viditelná zonální stavba. Většina z nich je silně rozpraskaná. Jejich trhliny byly na mnoha místech vyplněny fylosilikátem s vysokým podílem Fe (annit-siderofylit). Výsledky WDX analýz prokázaly, že jde o granáty almandin-spessartinové řady (Tab 4.: analýza č. 15, 16, 17). Z provedených WDX analýz je zřejmá jen málo výrazná chemická zonálnost (obr. 13): ve středu zrna (analýza č. 15) nepatrně převažuje almandinová složka, směrem k okraji zrna (analýza č. 16, 17) se obsah Fe snižuje a naopak roste obsah Mn, čímž v granátu začíná převažovat spessartinová složka. Analýzy č. 18, 19, 20, 21 a 22 byly provedeny na zrnech granátu almandin-spessartinové řady s převahou almandinové složky, přičemž chemická zonálnost těchto zrn nebyla patrná ani v BSE obrazu a neprokázaly ji ani provedené WDX analýzy.

Tab 4.: Výsledky WDX analýz (hmot. %) granátu.

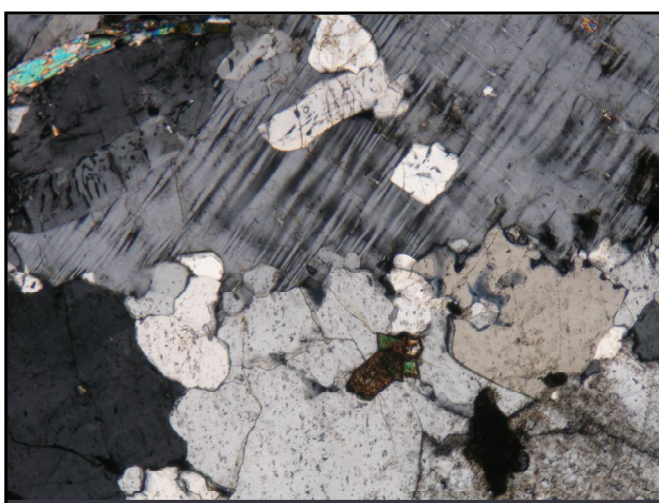
	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO ₂	36,18	36,21	36,83	36,30	36,53	36,79	36,25	36,20
TiO ₂	0,11	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03
P ₂ O ₅	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01
Al ₂ O ₃	20,21	20,30	20,97	20,22	20,59	20,54	20,13	20,31
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,05	0,36	0,16	0,14	0,15	0,17	0,35	0,44
Fe ₂ O ₃	0,73	0,34	0,26	0,56	0,26	0,24	0,51	0,16
FeO	21,15	20,98	19,12	23,92	24,60	24,18	22,13	22,24
CaO	0,54	0,56	0,81	0,71	0,65	0,61	0,67	0,65
MnO	20,58	20,74	24,42	17,43	17,29	17,19	19,47	19,46
MgO	0,99	0,97	0,81	0,87	0,87	0,74	0,64	0,65
NiO	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,03
Na ₂ O	0,02	0,04	0,04	0,06	0,11	0,03	0,07	0,07

F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
suma	100,61	100,57	103,46	100,24	101,11	100,52	100,29	100,25
počet kationů na 12 atomů kyslíku, suma R3+ = 2,000								
Si ⁴⁺	3,00	3,00	3,00	2,98	2,98	3,01	2,98	2,98
Ti ⁴⁺	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ³⁺	1,95	1,96	1,98	1,96	1,98	1,98	1,95	1,97
Cr ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ³⁺	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Fe ³⁺	0,05	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01
Fe ²⁺	1,45	1,44	1,28	1,64	1,68	1,65	1,52	1,53
Ca ²⁺	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
Mn ²⁺	1,43	1,44	1,66	1,21	1,19	1,19	1,36	1,36
Mg ²⁺	0,12	0,12	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,08
Ni ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ⁺	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
F ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O ²⁻	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
CATSUM	8,03	8,03	8,06	8,02	8,03	8,00	8,02	8,02

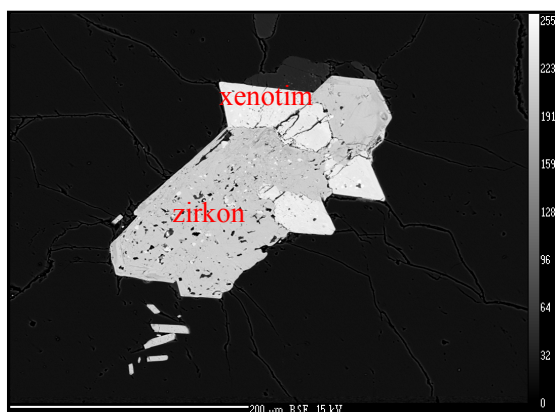


Obr. 13: Zmo zonálního granátu (body analýzy č. 17, 18, 19) ve zpětně odražených elektronech.

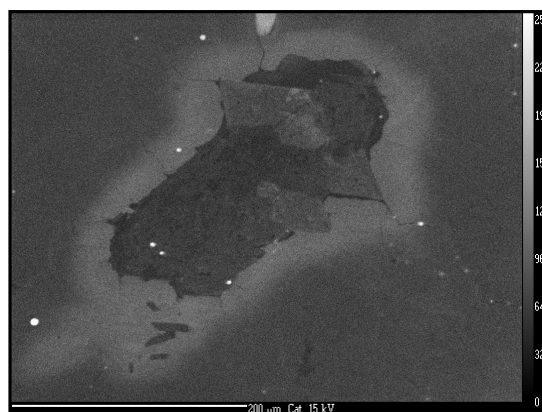
Zirkon (obr. 14) je v hornině obsažen jako akcesorický minerál. Byl zjištěn až při studiu výbrusů. Tvoří hypautomorfně až automorfně omezená zrna o velikosti do 0,1 mm, postižená metamiktní přeměnou (viz obr. 15, 16). Výsledky WDX analýz jsou uvedeny v tabulce 5. U zm zirkonu označených čísly 25, 26, 27 a 28 byl zjištěn vyšší podíl Hf. WDX analýzami byla prokázána přítomnost thoritu (výsledek analýzy č. 29 odpovídá varietě thoritu označované jako auerlit).



Obr. 14: Automorfně omezené Zrno zirkonu s křemenem, draselným živcem a slídami. Lokalita č. 5. Výbrus, XPL, šířka snímku 0,75 mm.



Obr. 15: Srůst zirkonu a xenotimu ve zpětně odražených elektronech.



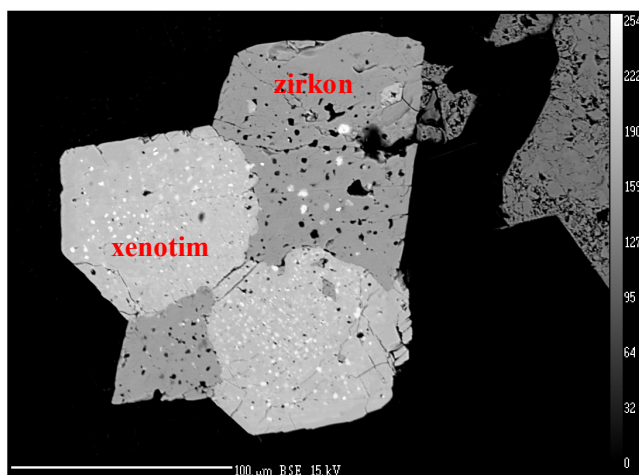
Obr. 16: Fluorescence zirkonu a xenotimu v BSE obrazu.

Tab 5.: Výsledky WDX analýzy zirkonu a thoritu.

	23	24	25	26	27	28	29
SiO ₂	32,77	32,47	32,51	32,26	31,64	31,39	7,35
ZrO ₂	65,56	65,57	62,37	63,99	60,06	61,11	0,87
HfO ₂	1,41	1,03	4,64	2,77	5,42	3,32	0,00
Y ₂ O ₃	0,12	0,41	0,21	0,28	0,63	0,65	5,26
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,70
P ₂ O ₅	0,07	0,14	0,16	0,26	0,45	0,37	10,41
CaO	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,02	1,98
ThO ₂	0,05	0,03	0,00	0,03	0,04	0,04	54,18
UO ₂	0,10	0,01	0,47	0,55	0,85	1,51	3,67
FeO	0,14	0,05	0,02	0,70	0,00	0,00	1,85
MnO	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
As ₂ O ₅	0,03	0,04	0,16	0,10	0,14	0,10	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Nb ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
Bi ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,09	0,00
Sc ₂ O ₃	0,02	0,01	0,01	0,00	0,05	0,10	0,03
Cl	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
WO ₃	0,00	0,21	0,05	0,15	0,08	0,43	1,05
Yb ₂ O ₃	0,06	0,08	0,21	0,22	0,19	0,45	1,35
O=F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,18
O=Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,36	100,12	100,94	101,37	99,62	99,60	89,42
Atomové kvocienty na 4 atomy kyslíku.							
Si ⁴⁺	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40
Zr ⁴⁺	0,98	0,98	0,94	0,96	0,92	0,94	0,02
Hf ⁴⁺	0,01	0,01	0,04	0,02	0,05	0,03	0,00
Y ³⁺	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,15
Al ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
P ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,47
Ca ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Th ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65
U ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,08

Mn ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Ti ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nb ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Bi ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W ⁶⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Yb ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
O ²⁻	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,93
CATSUM	2,00	2,00	2,00	2,01	2,00	2,00	2,01

Xenotim-(Y) je v pegmatitu přítomen jako akcesorický minerál, který byl zjištěn až při WDX analýze (obr. 17). Tvoří hypautomorfne omezená zrna často srostlá se zirkonem, jejichž velikost nepřesahuje 0,1 mm. Podle výsledků WDX analýzy (Tab. č. 5) mají zrna xenotimu-(Y) zvýšený obsah U a Th. WDX analýzami byla opět prokázána přítomnost thoritu (výsledek analýzy č. 35, 36 odpovídá varietě thoritu označované jako auerlit).



Obr. 17.: Automorfne omezený xenotim srostlý se zirkonem ve zpětně odražených elektronech.

Tab 5.: Výsledky WDX analýzy (hmot. %) xenotimu-(Y) a thoritu.

	30	31	32	33	34	35	36
P ₂ O ₅	34,52	28,98	29,11	34,49	35,57	13,12	15,96
CaO	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	2,32	2,14
La ₂ O ₃	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,97	0,00
Ce ₂ O ₃	0,06	0,01	0,10	0,01	0,10	0,15	0,00
UO ₂	0,90	0,13	0,77	0,94	1,45	1,03	2,37
ThO ₂	0,59	0,10	0,43	0,97	1,01	30,35	51,39
PbO	0,33	0,24	0,25	0,37	0,28	0,31	0,33
Y ₂ O ₃	42,31	30,79	29,08	43,13	42,65	3,71	6,71
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	1,98
SiO ₂	0,36	0,00	0,11	0,52	0,55	4,46	6,23
Yb ₂ O ₃	4,22	3,03	3,45	5,49	5,45	0,69	1,55
Er ₂ O ₃	3,09	2,53	2,77	3,49	3,54	0,51	1,20
Dy ₂ O ₃	6,38	4,79	4,71	4,62	5,30	1,46	1,85
Gd ₂ O ₃	2,63	2,00	1,85	1,71	2,08	1,30	0,61
Nd ₂ O ₃	0,31	0,15	0,35	0,38	0,28	2,37	0,10
Sm ₂ O ₃	0,78	0,41	0,56	0,50	0,60	1,17	0,20
Pr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,04	0,00	0,12	0,60	0,00
SO ₃	0,03	0,00	0,02	0,03	0,01	0,07	0,27
Ho ₂ O ₃	0,93	0,57	0,55	0,86	0,83	0,14	0,32
Lu ₂ O ₃	0,78	0,68	0,71	1,15	1,08	0,10	0,26
MnO	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01
FeO	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,29	0,28
As ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,04	0,07	0,07	0,00	0,06	0,19	0,43
O=F	-0,02	-0,03	-0,03	0,00	-0,03	-0,08	-0,18
TOTAL	98,30	74,46	74,92	98,85	101,03	66,38	93,99
Atomové kvocienty na 4 atomy kyslíku.							
P ⁵⁺	0,99	1,06	1,06	0,99	1,00	0,69	0,63
Ca ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,11
La ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Ce ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U ⁴⁺	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Th ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,43	0,54

Pb ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Y ³⁺	0,77	0,71	0,67	0,78	0,75	0,12	0,17
Al ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11
Si ⁴⁺	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,27	0,29
Yb ³⁺	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,01	0,02
Er ³⁺	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,01	0,02
Dy ³⁺	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	0,03	0,03
Gd ³⁺	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
Nd ³⁺	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00
Sm ³⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00
Pr ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
S ⁶⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ho ³⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Lu ³⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Mn ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01
As ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F ⁻	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	0,06
O ²⁻	4,00	3,99	3,99	4,00	3,99	3,96	3,94
CATSUM	2,00	1,96	1,95	2,00	1,99	2,01	1,98

Ve studovaných vzorcích byl při studiu v BSE objeven monazit-(Ce). Jeho zrna nepřesahují velikost 0,05 mm. V monazitu jsou přítomny ve vysokém podílu lanthanoidy, z nichž je nejvíce obsažen cer, druhý v pořadí je neodym (0,19 až 0,23 apfu Nd - viz data v tab. 6).

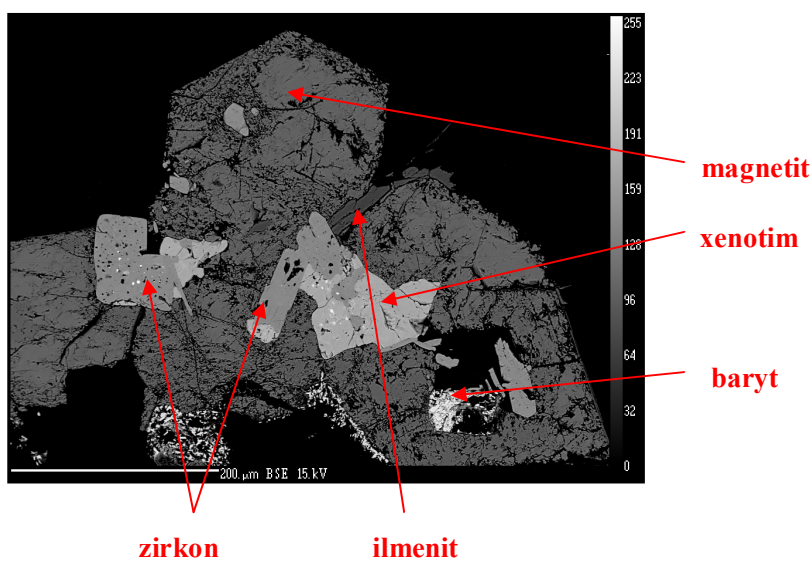
Tab 6.: Výsledky WDX analýzy (hmot. %) monazitu-(Ce).

	37	38	39	40	41
P ₂ O ₅	29,29	29,99	29,29	27,72	30,39
CaO	0,43	0,21	0,16	0,40	0,47
La ₂ O ₃	9,08	11,46	10,80	10,22	12,29

Ce ₂ O ₃	25,32	28,41	28,27	24,71	31,12
ThO ₂	5,27	2,88	2,91	8,16	0,00
UO ₂	0,44	0,08	0,10	0,38	0,01
PbO	0,10	0,06	0,07	0,12	0,00
Y ₂ O ₃	2,64	1,11	1,38	1,91	0,38
SiO ₂	1,04	0,65	0,64	1,77	0,35
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Dy ₂ O ₃	0,96	0,58	0,35	0,71	0,06
Pr ₂ O ₃	3,41	3,59	3,81	3,18	4,26
Nd ₂ O ₃	14,00	13,62	13,10	13,12	16,43
Gd ₂ O ₃	2,39	2,00	0,96	1,92	0,35
Sm ₂ O ₃	4,03	3,82	2,40	3,60	2,19
Er ₂ O ₃	0,10	0,03	0,04	0,11	0,00
SO ₃	0,04	0,02	0,00	0,00	0,04
Eu ₂ O ₃	0,14	0,04	0,00	0,10	0,01
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As ₂ O ₅	0,08	0,08	0,09	0,06	0,07
F	0,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.
Sc ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
SrO	0,00	0,02	0,04	0,00	0,07
ZrO ₂	0,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.
O=F	0,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.
TOTAL	98,78	98,65	94,41	98,19	98,53
P ⁵⁺	0,98	1,00	1,01	0,94	1,00
CA ²⁺	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
LA ³⁺	0,13	0,17	0,16	0,15	0,18
CE ³⁺	0,37	0,41	0,42	0,36	0,45
TH ⁴⁺	0,05	0,03	0,03	0,08	0,00
U ⁴⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PB ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ³⁺	0,06	0,02	0,03	0,04	0,01
SI ⁴⁺	0,04	0,03	0,03	0,07	0,01
AL ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DY ³⁺	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
PR ³⁺	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06

ND ³⁺	0,20	0,19	0,19	0,19	0,23
GD ³⁺	0,03	0,03	0,01	0,03	0,01
SM ³⁺	0,06	0,05	0,03	0,05	0,03
ER ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S ⁶⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EU ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MN ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FE ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AS ⁵⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F ⁻	0,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.
SC ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SR ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZR ⁴⁺	0,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.
O ²⁻	4,00	4,00	n.d.	n.d.	n.d.
CATSUM	1,99	1,99	1,98	1,99	2,00

Z oxidů byl ve vzorcích pomocí WDX analýz identifikován kromě magnetitu a ilmenitu (obr. 18) také pyrofanit. Zrna ilmenitu jsou xenomorfně omezena a tvoří lišty o velikosti do 0,1 mm. Z výsledků WDX analýzy je patrné, že se jedná o čistý magnetit (Tab. 8) s vyšším podílem Zn (0,21 % ZnO) a Mn (0,82 % MnO). Pyrofanit obsahuje podle výsledku WDX analýzy cca 89 % pyrofanitové složky (viz tab. 7).



Obr. 18: Zrna minerálu baryt, magnetit, ilmenit, xenotim a zirkon ve zpětně odražených elektronech.

Tab 7.: Výsledky WDX
analýzy pyrofanitu
v hmot. %.

42	
MgO	0,00
SiO ₂	0,02
Al ₂ O ₃	0,02
ZrO ₂	0,00
Y ₂ O ₃	0,00
SnO ₂	0,06
Cr ₂ O ₃	0,00
FeO	5,12
MnO	40,27
WO ₃	0,00
V ₂ O ₃	0,00
TiO ₂	52,09
Nb ₂ O ₅	0,05
PbO	0,05
CaO	0,00
UO ₂	0,00
Sc ₂ O ₃	0,00
Ta ₂ O ₅	0,00
ZnO	0,84
NiO	0,00
TOTAL	98,52
Mg ²⁺	0,00
Si ⁴⁺	0,00
Al ³⁺	0,00
Zr ⁴⁺	0,00
Y ³⁺	0,00
Sn ⁴⁺	0,00
Cr ³⁺	0,00
Fe ²⁺	0,11
Mn ²⁺	0,87

Tab 8.: Výsledky WDX
analýzy magnetitu
v hmot. %.

43	
FeO	92,56
NiO	0,00
V ₂ O ₃	0,04
MnO	0,82
TiO ₂	0,08
MgO	0,00
Al ₂ O ₃	0,08
ZnO	0,21
SiO ₂	0,04
Cr ₂ O ₃	0,01
CaO	0,02
P ₂ O ₅	0,00
CoO	0,10
TOTAL	93,96
Fe ²⁺	3,93
Ni ²⁺	0,00
V ³⁺	0,00
Mn ²⁺	0,04
Ti ⁴⁺	0,00
Mg ²⁺	0,00
Al ³⁺	0,01
Zn ²⁺	0,01
Si ⁴⁺	0,00
Cr ³⁺	0,00
Ca ²⁺	0,00
P ⁵⁺	0,00
Co ²⁺	0,00
CATSUM	3,99

W ⁶⁺	0,00
V ³⁺	0,00
Ti ⁴⁺	1,00
Nb ⁵⁺	0,00
Pb ²⁺	0,00
Ca ²⁺	0,00
U ⁴⁺	0,00
Sc ³⁺	0,00
Ta ⁵⁺	0,00
Zn ²⁺	0,02
Ni ²⁺	0,00
CATSUM	2,00

Dalšími minerály, které byly zjištěny pomocí WDX analýzy, jsou baryt a uraninit. Tyto minerály byly nalezeny až při studiu ve zpětně odražených elektronech a byly identifikovány pomocí EDX. Zjištěna byla i přítomnost ojedinělého xenomorfního zrna Nb-Ti-U-Y-minerálu, jehož složení stanovené metodou WDX je blízké euxenitu-(Y) nebo ytropyrochloru-(Y) – viz data v tab. 9.

Tab. 9.: Výsledky WDX analýzy (hmot. %) Nb-Ti-U-Y minerálu.

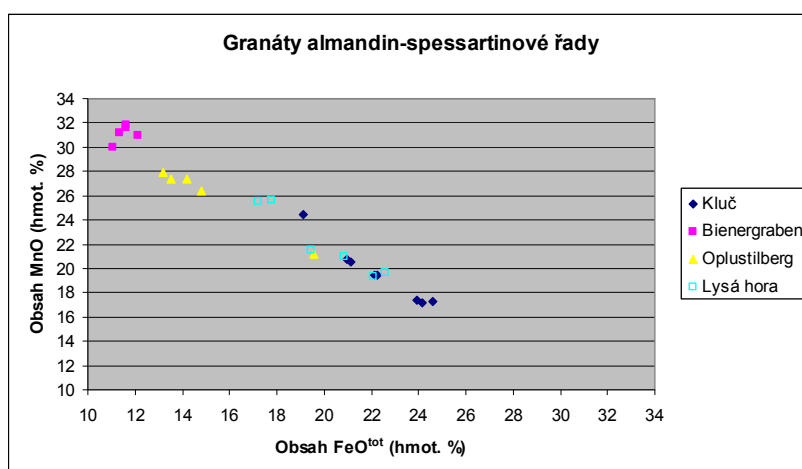
44	
Na ₂ O	0,02
Ta ₂ O ₅	4,21
CaO	2,57
Nb ₂ O ₅	45,39
TiO ₂	2,45
SnO ₂	0,32
FeO	2,07
MnO	0,25
UO ₂	19,32

ThO ₂	2,86
WO ₃	1,15
SiO ₂	0,03
Y ₂ O ₃	7,46
ZrO ₂	0,04
Sc ₂ O ₃	0,11
MgO	0,03
P ₂ O ₅	0,01
Sb ₂ O ₃	0,01
PbO	0,65
F	0,42
O=F	-0,18
TOTAL	89,19
Přepočteno na 6 atomů kyslíku.	
Na ⁺	0,00
Ta ⁵⁺	0,09
Ca ²⁺	0,21
Nb ⁵⁺	1,53
Ti ⁴⁺	0,14
Sn ⁴⁺	0,01
Fe ²⁺	0,13
Mn ²⁺	0,02
U ⁴⁺	0,32
Th ⁴⁺	0,05
W ⁶⁺	0,02
Si ⁴⁺	0,00
Y ³⁺	0,30
Zr ⁴⁺	0,00
Sc ³⁺	0,01
Mg ²⁺	0,00
P ⁵⁺	0,00
Sb ³⁺	0,00
Pb ²⁺	0,01
F ⁻	0,10
O ²⁻	5,90
CATSUM	2,82

9. Diskuse

V rámci bakalářské práce jsem studovala pegmatitová tělesa na západním svahu kopce Kluč u Filipové. V granitickém pegmatitu lze rozlišit tři základní paragenetické jednotky, a to živec-křemen-muskovitickou, grafickou a blokovou. Jednotky jsou v pegmatitovém tělese rozmístěny patrně nepravidelně, nejde tedy o pegmatit se zonální stavbou. Struktura horniny je panxenomorfně až hypautomorfně zrnitá. Podle Teuscherovy stupnice velikostně náleží do skupiny středně zrnité až hrubozrné.

Světlé horninotvorné minerály jsou reprezentovány alkalickými živci (mikroklin a albit) a křemenem. Draselný živec je často přítomen jako perthitický mikroklin. Plagioklas je místy srostlý s červíkovitě skrouceným křemenem do formy myrmekitu. Křemen tvoří v grafické jednotce písmenkové srůsty s K-živcem. Tmavé minerály jsou zastoupeny především muskovitem, méně pak biotitem, který je silně chloritizován. Typický akcesorický minerál je granát almandin-spessartinové řady. Na trhlinách probíhajících granátem byl zjištěn fylosilikát s vysokým podílem Fe, jehož složení odpovídá slídě řady annit-siderofylit. Výsledky analýz granátů z lokalit Bienergraben, Oplustilberg, Lysá hora (Štosová 2009) dokládají, že jde o granáty almandin-spessartinové řady (viz obr. 19). V rámci srovnávaných lokalit mají granáty z lokality Kluč nejvyšší obsahy almandinové složky a současně nejnižší obsahy složky spessartinové (obr. 19). Granáty z lokality Bienergraben jsou nejvíce nabožaceny o spessartinovou složku. Na lokalitě Oplustilberg byl na výplních trhlin granátů a dalších minerálů objeven ještě granát grossulár-andraditové řady (v diagramu na obr. 19 není vyjádřen).



Obr. 19: Diagram celkového FeO versus MnO v granátech pegmatitů.

Při srovnání mineralních asociací granitických pegmatitů na lokalitách Kluč, Bienergraben, Oplustilberg, Lysá hora, Scheibegraben a Schinderhübel, založeném na vlastních poznacích a údajích v literatuře – viz Burkart (1953), Černý et al. (1992, 1995), Dostál (1966), Franz a Morteani (1984), Kruťa (1966), Kruťa et al. (1967), Novák (2002a, 2002b, 2005), Novák et al. (1994, 2003), Pokorný a Staněk (1951), Štosová a Zimák (2006), Zimák a Chládek (2008) – lze zde vyčlenit jak minerály vyskytující se běžně na všech nalezištích, tak minerály ojedinělé, které byly zjištěny někdy jen na jednom z těchto nalezišť. Mezi ty běžně se vyskytující patří plagioklas, draselný živec, křemen, muskovit a granát.

Mineralogicky nejprostudovanější, a proto i možná mineralogicky nejpestřejší jsou lokality Scheibengraben, Schinderhübel a Lysá hora. V pegmatitech na těchto lokalitách se ze vzácnějších minerálů běžně vyskytují minerály beryllia (beryl, chryzoberyl, bavenit a milarit), fosfáty (apatit-(CaF) a řada dalších), gahnit, topaz, Bi-minerály a pestrá asociace tantalonibátů.

Na Kluči byl jako akcesorie zjištěn baryt, xenotim-(Y), monazit-(Ce) a thorit. Pegmatity na lokalitě Kluč oproti pegmatitům z ostatních lokalit v této oblasti neobsahují beryl a columbit-tantalit. Výsledky mineralogického studia provedeného na lokalitě Kluč tedy ukazují, že tyto pegmatity nemohou patřit k berylkovému typu konkrétněji k beryl-columbitovému podtypu, ale lze je přiřadit do třídy muskovitických pegmatitů s minerály vzácných zemin. Turmalín, jenž by měl být běžnou součástí muskovitických pegmatitů na lokalitě Kluč (Kretschmer 1911 a Skácel et al. 1968), nebyl v pegmatitech na západním svahu Kluče zjištěn ani v průběhu terénních prací, ani při mikroskopickém studiu výbrusů.

10. Závěr

Na pěti lokalitách na západním svahu kopce Kluč u Filipové v Hrubém Jeseníku byly odebrány vzorky pegmatitu z deluvia. Byly rozlišeny tři paragenetické jednotky: živec-křemen-muskovitická, grafická a bloková. Podstatnými minerály pegmatitu jsou alkalické živce, plagioklas An_{05} až 10 a křemen. Dále jsou v pegmatitu běžně přítomny tyto minerály: muskovit, granát almandin-spessartinové řady a chloritizovaný biotit. Na trhlínách granátu byl zjištěn fylosilikát s vysokým obsahem Fe (annit-siderofylit). Typickými akcesoriemi jsou zirkon, xenotim-(Y), monazit-(Ce), magnetit a ilmenit. Vzácně zde byl zjištěn thorit, uraninit, baryt, pyrofanit a přesně neurčený Nb-Ti-U-Y-minerál, jehož složení stanovené metodou WDX je blízké euxenitu-(Y) nebo ytropyrochloru-(Y). Na základě zjištěné nerostné asociace lze pegmatity na západním svahu kopce Kluč zařadit do třídy muskovitických pegmatitů s prvky vzácných zemin (ve smyslu klasifikace modifikované Novákem 2005).

Literatura

- Aichler, J. – Fišera, M. – Jilemnická, L. – Zoubková, J. (1986): Metapegmatit s berylem z Videl, Hrubý Jeseník. - Čas. Mor. Muz., Vědy přír., 71, 15-22.
- Bernard, J. H. (2000): Minerály České republiky. Stručný přehled. Academia Praha.
- Bernard, J. H. et al. (1981): Mineralogie Československa. 2. vydání. Academia Praha.
- Burkart, E. (1953): Mährens Minerale und ihre Literatur. Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Černý, P. – Novák, M. – Chapman, R. (1992): Effects of sillimanite-grade metamorphism and shearing on Nb,Ta-oxide minerals in granitic pegmatites: Maršíkov, northern Moravia, Czechoslovakia. - *Canad. Mineralogist*, 30, 699-718.
- Černý, P. – Novák, M. – Chapman, R. (1995): The Al(Nb,Ta)Ti₂ substitution in titanite: the emergence of a new species? - *Mineral. Petrol.*, 52, 61-73.
- Dostál, J. (1966): Mineralogische und petrographische Verhältnisse von Chrysoberyll-Sillimanit Pegmatit von Maršíkov. - *Acta Univ. Carol., Geol.*, 271-287.
- Dudek, A. – Fediuk, F. – Palivcová, M. (1962): Petrografické tabulky. Příručka petrografické mikroskopie s atlasem. ČSAV. Praha
- Franz, G. – Morteani, G. (1984): The formation of chrysoberyl in metamorphosed pegmatites. - *J. Petrol.*, 25, 27-52.
- Knotek, Z. (1960): Greisenizace - nový typ přeměny žuly ve východních Sudetech. - *Přír. čas. slezský*, 21, 271-278.
- Kretschmer, F. (1911): Das metamorphe Diorit- und Gabbromassiv in der Umgebung von Zöptau (Mähren). - *Jahrb.d.k.k.geol.Reichsanstalt*, 61, 53-180. Wien.
- Kruťa, T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1965. Moravské museum Brno.
- Kruťa, T. – Paděra, K. – Pouba, Z. – Sládek, R. (1967): Die Mineralienparagenese in dem mittleren Teile des Altvatergebirges (Hrubý Jeseník, Hohes Gesenke, ČSSR)I. - *Čas. Mor. Muz., V. přír.*, 52, 5-28.
- Lemmlein, G. G. – Klija, M. O. – Ostrovskij, I. A. (1962): Ob uslovijach obrazovanija mineralov v pegmatitach po dannym izučeniya pervičnyh vključenij v topaze.- *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 142, 81-83
- Novák, M. (2002a): Lokalita č. 9. Maršíkov – Schinderhübel. In: Zimák J. et al.: Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku, 34-37. UP v Olomouci.
- Novák, M. (2002b): Lokalita č. 10. Maršíkov – Scheibengraben. In: Zimák J. et al.: Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku, 38-41. UP v Olomouci.
- 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. – Uher, P. (2003): Extreme variation and apparent reversal of Nb-Ta fractionation in columbite-group minerals from the Scheibengraben beryl-columbite granitic pegmatite, Maršíkov, Czech Republic. - *Eur. J. Miner.*, 15, 565-574.
- Novák, M. – Staněk, J. – Černý, P. (1994): Incommensurate fractionation trends in the Scheibengraben beryl-columbite pegmatite at Maršíkov, Northern Moravia, Czech Republic; the role of a(F₂). Joint Meeting of German and Czech Geological Society. - *Journal of Czech Geol. Soc.*, 39, 78-79.

- Opletal, M. et al. (2000): Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1:25 000 14-24 Bělá pod Pradědem . Česká geologická služba Praha.
- Pokorný, J. – Staněk, J. (1951): Berylový pegmatit ze Scheibengraben u Maršíkova.- Práce Moravsko-slez. Akad., Vědy přír., 7, 247-258.
- Skácel, J. et al. (1968): Oblastní surovinová studie Jeseníky. MS. Geologický průzkum, n.p. Ostrava.
- Štosová, V. (2009): Mineralogie beryl-columbitových pegmatitů severovýchodní části Českého masivu. PrF UP. Olomouc
- 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.
- Vávra, V. (2002): Lokalita č. 11. Vernířovice – Rudná hora. Mineralogie granitoidů Rudné hory. In: 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, str. 41-45. UP Olomouc.
- Zimák, J. (2001): Ložiska nerostných surovin. – UP v Olomouci.
- Zimák, J. – Chládek, Š. (2008): Beryl-columbitový pegmatit na Lysé hoře u Maršíkova. – Minerál, 16, 6, 491-493.