

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**KATEDRA GEOLOGIE**

**MINERALOGIE LOŽISEK ŽELEZNÝCH RUD  
LAHDILLSKÉHO TYPU V OKOLÍ  
HORNÍHO MĚSTA U RÝMAŘOVA**

**bakalářská práce**

**Lenka Bartošová**

**Environmentální geologie (B1201)**

**prezenční studium**

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

**květen 2010**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří se jakkoliv podíleli na řešení této práce. Zejména však doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc. za odborné vedení práce, pomoc při terénním průzkumu a za trpělivost při konzultacích problematiky zadaného tématu.

Prohlašuji, že jsem zadanou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. RNDr. Jiřího Zimáka, CSc. a použila jsem pouze uvedenou literaturu. Dávám také souhlas k tomu, aby byla práce na katedře geologie volně k nahlédnutí.

V Dambořicích dne 12. 5. 2010

\_\_\_\_\_

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Lenka Bartošová

Název práce: Mineralogie ložisek železných rud lahndillského typu v okolí Horního Města u Rýmařova

Typ práce: bakalářská

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

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

Rok obhajoby práce: 2010

Abstrakt: V textu je popsána mineralogie železorudných akumulací typu Lahn-Dill v okolí Horního Města u Rýmařova, zhodnocení současného stavu lokalit a bližší charakteristika vybraných minerálů.

Klíčová slova: mineralogie, železná ruda, typ Lahn-Dill, Horní Město, vrbenská skupina.

Počet stran: 60

Počet příloh: 0

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Lenka Bartošová

Title: Mineralogy of iron ore deposits of the Lahn-Dill type in the surroundings of Horní Město near Rýmařov.

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: Mineralogy of iron-ore deposits of the Lahn-Dill type in the surroundings of Horní Město near Rýmařov in the Vrbno Group, contemporary state of localities and nearer characteristic of selected minerals are presented here.

Keywords: mineralogy, iron-ore, Lahn-Dill type, Horní Město, Vrbno Group.

Number of pages: 60

Number of appendices: 0

Language: Czech

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Metodika</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Geologická stavba v okolí Horního Města a mineralogie železných rud (literární rešerše)</b>	<b>12</b>
4.1	Geologie vrbenské skupiny v úseku Rýmařov-Břevenec .....	13
4.2	Mineralogie železorudných akumulací typu Lahn-Dill ve vrbenské skupině .....	15
4.3	Mineralogie jesenických železorudných akumulací typu SEDEX obecně	17
4.4	Historie těžby Fe-rud v okolí Horního Města .....	18
<b>5</b>	<b>Výsledky terénních prací</b>	<b>20</b>
5.1	Štola Všech svatých .....	20
5.2	Rešovské vodopády .....	20
5.3	Alžběta 2 .....	20
<b>6</b>	<b>Mineralogická charakteristika železných rud na studovaných lokalitách</b>	<b>22</b>
6.1	Kyselé rudy .....	22
6.2	Zrudněné mramory .....	23
6.3	Hydrotermální žíly .....	24
<b>7</b>	<b>Charakteristika vybraných minerálů</b>	<b>26</b>
7.1	Magnetit, hematit .....	26
7.2	Chlorit .....	30
7.3	Muskovit .....	36
7.4	Turmalín .....	37
7.5	Kalcit, karbonáty dolomit-ankeritové řady a REE-fluorokarbonáty .....	39
7.6	Křemen .....	45
7.7	Stilpnomelan .....	46
7.8	Zirkon .....	47

---

7.9	Monazit-(Ce).....	49
7.10	Apatit-(CaF).....	50
7.11	Titanit.....	51
7.12	Rutil .....	52
7.13	Plagioklas.....	54
<b>8</b>	<b>Diskuse</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>Závěr</b>	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>Literatura</b>	<b>59</b>

## 1 Úvod

Bakalářská práce na téma Mineralogie ložisek železných rud lahndillského typu v okolí Horního Města u Rýmařova se z převážné části zabývá dosavadními výzkumy z této oblasti. Jako podklad pro vlastní výzkumné práce byla proto zpracována již publikovaná literatura týkající se jak geologické stavby vrbenské skupiny, akumulací železných rud typu Lahn-Dill a železných rud typu SEDEX obecně, tak i historií těžby železných rud, které se v okolí Horního Města v minulosti těžily. Vlastní práce spočívala v důkladném prozkoumání terénu v prostoru mezi Horním Městem a Rešovskými vodopády, zhodnocením současného stavu lokalit a odebráním reprezentativních vzorků železných rud. Vhodné vzorky byly použity ke zhotovení výbrusů a nábrusů a byly vyhodnoceny standardními optickými metodami, pro bližší charakteristiku vybraných minerálů bylo použito i vlnově disperzní mikroanalýzy. Všechny etapy výzkumu jsou dokumentovány fotografiemi. Vlastní výsledky jsou v práci samostatně prezentovány a v diskusi je následně provedeno srovnání nových poznatků s již dříve publikovanými údaji.

## **2 Cíl práce**

Cílem této práce je především objektivně vyhodnotit stávající a dosud získané poznatky o mineralogii železných rud v prostoru mezi Horním Městem a Rešovskými vodopády a srovnat nově získané poznatky s údaji publikovanými o akumulacích železných rud z okolí Horního Města i z jiných úseků vrbenské skupiny. Takové shrnutí dosavadních znalostí a výsledků by mělo posloužit jako vědecký podklad pro další detailnější studium v okolí Horního Města.



### 3 Metodika

Při rekognoskaci a důkladném prozkoumání terénu byly odebrány reprezentativní vzorky z každé lokality, bylo provedeno zhodnocení současného stavu lokalit, a to včetně fotodokumentace.

Všechny v terénu odebrané vzorky byly očištěny a ty nejvhodnější z nich byly použity k výrobě leštěných výbrusů a nábrusů. Nařezání destiček potřebných ke zhotovení výbrusů a nábrusů bylo provedeno na diamantové pile na katedře geologie PřF UP v Olomouci, dohotovení preparátů provedl pan Jiří Povolný na PřF MU v Brně.

Leštěné výbrusy a nábrusy jsem vyhodnotila standardními optickými metodami na polarizačních mikroskopech Olympus BX41 a Olympus BX50. Mikrofotografie byly pořízeny na mikroskopu Olympus BX50 s fotoaparátem Olympus C-7070.

Chemismus vybraných minerálů (hlavně fylosilikáty, turmalín a karbonáty) byl studován metodou WDX na PEMM PřF MU Brno na mikrosondě Cameca SX-100 (analytici: Mgr. Petr Gadas, RNDr. Renata Čopjaková, RNDr. Radek Škoda, PhD.). Analýzy byly provedeny za těchto podmínek:

#### *a) chlority a slidy*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku 4  $\mu\text{m}$ .

Použité standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Mg), benitoit (Ba), V (V), chromit (Cr), andradit (Ca), titanit (Ti), almandin (Fe), spessartin (Mn), gahnit (Zn), Ni (Ni), NaCl (Cl), topaz (F) a fluorapatit (P).

#### *b) turmalín*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku 4  $\mu\text{m}$ .

Použité standardy: vanadinit (Cl), V (V), hornblend (Ti), andradit (Ca), almandin (Fe), spessartin (Mn), albit A (Na), sanidin (Si, Al, K),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Mg), chromit (Cr), topaz (F), fluorapatit (P), ZnS (Zn), Cu (Cu).

#### *c) karbonáty*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku 6  $\mu\text{m}$ .

Použité standardy: andradit (Ca, Fe), sanidin (K, Si, Al),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Mg),  $\text{SrSO}_4$  (Sr), baryt (Ba, S), apatit (P), rhodonit (Mn), gahnit (Zn).

*d) zirkon*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 20 nA, průměr svazku < 1 μm.

Použité standardy: titanit (Si, Ti), zirkon (Zr), Hf (Hf), YAG (Y), sanidin (Al), fluorapatit (P), ThO<sub>2</sub> (Th), U (U), andradit (Fe), rhodonit (Mn), InAs (As), topaz (F), columbit-ivigtut (Nb), Bi (Bi), ScVO<sub>4</sub> (Sc), vanadinit (Cl), W (W), YbPO<sub>4</sub> (Yb).

*e) plagioklasy*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku 2 μm.

Použité standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), SrSO<sub>4</sub> (Sr), baryt (Ba), fluorapatit (P), NaCl (Cl), titanit (Ca), andradit (Fe), PbS (Pb).

*f) titanit*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 20 nA, průměr svazku < 1 μm.

Použité standardy: albit A (Na), titanit (Si, Ca, Ti), sanidin (Al), zirkon (Zr), olivín (Mg), YGI (Y), Sn (Sn), columbit-ivigtut (Nb), CrTa<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (Ta), W (W), andradit (Fe), rhodonit (Mn), Bi (Bi), chromit (Cr), topaz (F), benitoit (Ba), NaCl (Cl), ScP<sub>5</sub>O<sub>14</sub> (Sc).

*g) rutil*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 20 nA, průměr svazku < 1 μm.

Použité standardy: olivín (Mg), titanit (Si, Ti, Ca), sanidin (Al), zirkon (Zr), YGI (Y), Sn (Sn), chromit (Cr), almandin (Fe), spessartin (Mn), W (W), columbit-ivigtut (Nb), PbS (Pb), U (U), ScVO<sub>4</sub> (Sc), Cr<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (Ta), gahnit (Zn), Ni (Ni).

*h) monazit*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 20 nA, průměr svazku < 1 μm.

Použité standardy: fluorapatit (P), brabantit (Ca, Th), LaB<sub>6</sub> (La), CeAl<sub>2</sub> (Ce), U (U), PbS (Pb), YAG (Y), spessartin (Si), almandin (Al), DyPO<sub>4</sub> (Dy), PrF<sub>3</sub> (Pr), NdF<sub>3</sub> (Nd), GdF<sub>3</sub> (Gd), SmF<sub>3</sub> (Sm), YErAG (Er), baryt (S), EuPO<sub>4</sub> (Eu), rhodonit (Mn), andradit (Fe), InAs (As), topaz (F), ScVO<sub>4</sub> (Sc), SrSO<sub>4</sub> (Sr), zirkon (Zr).

*ch) magnetit*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 20 nA, průměr svazku < 1 μm.

Použité standardy: columbit-ivigtut (Fe), Ni (Ni), spessartin (Mn), SrTiO<sub>3</sub> (Ti), sanidin (Al), gahnit (Zn), MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Mg), almandin (Si), chromit (Cr), titanit (Ca).

*i) apatit*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ .

Použité standardy: spessartin (Mn), almandin (Fe), fluorapatit (P), albit A (Na), sanidin (Si), baryt (Ba),  $\text{SrSO}_4$  (Sr), titanit (Ca), vanadinit (Cl), pyrop (Mg), YAG (Y),  $\text{CeAl}_2$  (Ce).

*j) REE-minerály*

Podmínky WDX analýzy: napětí 15 keV, proud 10 nA, průměr svazku 4  $\mu\text{m}$ .

Použité standardy:  $\text{LaB}_6$  (La),  $\text{CeAl}_2$  (Ce), apatit (P),  $\text{CaF}_2$  (Ca), sanidin (K),  $\text{ThO}_2$  (Th), U (U), NaCl (Cl), PbSe (Pb), albit A (Na), YAG (Y), andradit (Si, Fe), almandin (Al),  $\text{DyPO}_4$  (Dy),  $\text{PrF}_3$  (Pr),  $\text{NdF}_3$  (Nd),  $\text{GdF}_3$  (Gd),  $\text{SmF}_3$  (Sm), YErAG (Er), baryt (S, Ba),  $\text{YbP}_5\text{O}_{14}$  (Yb), rhodonit (Mn), InAS (As),  $\text{PrF}_3$  (F),  $\text{SrSO}_4$  (Sr), pyrop (Mg),  $\text{ScVO}_4$  (Sc).

Kromě nově provedených WDX analýz jsem využila i starší energiově disperzní analýzy (EDX), jejichž výsledky mi byly předány vedoucím bakalářské práce. Tyto EDX analýzy byly provedeny na elektronové mikrosondě CAMSCAN s ED analyzátozem Link AN 10.000 (analytik Dr. V. Vávra, PřF MU Brno).

Výsledky provedených WDX a EDX analýz jsem použila pro identifikaci a klasifikaci studovaných minerálů. Přepočty výsledků analýz jsem provedla pomocí programu Formula nebo za použití Excelu.

Analýzy rudnin na mokré cestě provedl pan Pavel Kadlec (PřF MU Brno).

## 4 Geologická stavba v okolí Horního Města a mineralogie železných rud (literární rešerše)

Bezprostřední okolí Horního Města a akumulace železných rud jsou součástí vrbenské skupiny, která je jednou z geologických jednotek v severovýchodní části Českého masivu.

Stavba Českého masivu je rozdělena zlomovými strukturami na kry o různých velikostech, lišící se také svým řádem, důležitostí a stářím. Velká část těchto zlomů vznikla při průběhu hercynského geotektonického cyklu. Pro naši oblast byl důležitý pouze jediný hlubinný zlom šternbersko-hornobenešovského pásma, který byl také přímo spojen s devonským bazickým vulkanismem (Mísař et al. 1983).

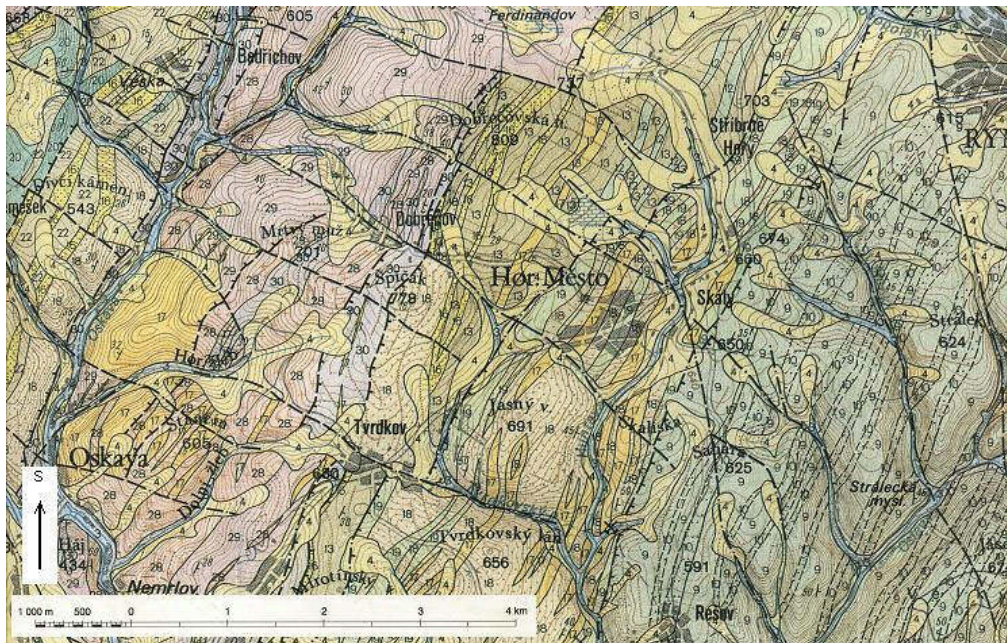
Český masiv se dělí na několik regionálních jednotek, z nichž nejdůležitější je předplatformní krystalinická jednotka a zvrásněné paleozoikum, ve které se nachází tzv. moravskoslezská oblast. V této oblasti jsou přítomny produkty bimodálního vulkanismu (dříve tzv. spilit-keratofyrová formace). V moravskoslezské oblasti se vyskytují významná polymetalická ložiska a nachází se zde desítky železnorudných ložisek typu Lahn-Dill. Moravskoslezskou oblast rozdělujeme na další dílčí jednotky, z nichž je pro studované území vrbenské skupiny důležité pouze silezikum (Mísař et al. 1983).

Jak ve své práci uvádí Mísař et al. (1983), silezikum je dílčí částí moravskoslezské oblasti a je od lugika odděleno ramzovským nasunutím. Je charakteristické hercynskou intenzivní deformací a regionální metamorfózou. Díky tomu lze silezikum rozdělit na dvě strukturně odlišná patra – předdevonské podloží a devonské patro. V devonu převládá bazický vulkanismus, přítomny jsou však i produkty intermediární a kyselé (spilit-keratofyrová formace). Kvůli rychlému vyklenutí silezika lze velmi dobře odlišit faciální změnu mezi sedimentárně-vulkanickým souvrstvím devonu a devonsko-spodnokarbonským flyšovým souvrstvím (Mísař et al. 1983). Jak uvádí citovaný autor, předdevonské patro je zastoupeno jádry kleneb silezika mezi něž patří klenba keprnická, desenská a vidnavská. Devonské patro (hercynské) se označuje jako obal jaderných formací. Přestože se velmi liší svým chemismem i petrograficky, je někdy velmi těžké kvůli silnému zvrásnění obou formací tyto patra od sebe oddělit (Mísař et al. 1983).

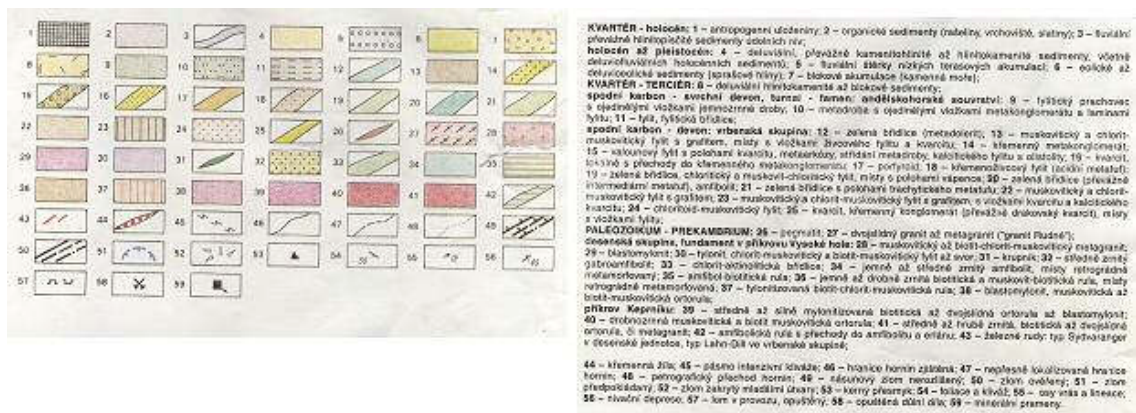
### 4.1 Geologie vrbenké skupiny v úseku Rýmařov-Břevenc

Vrbenská skupina vystupuje ve východní části silezika a je v literatuře považována za obalovou jednotku desenské klenby (Misař et al. 1983). Dříve se od vrbenké skupiny oddělovala tzv. rejvízská skupina (obě skupiny odděloval ondřejovický zlom). Geologická situace v okolí Horního Města je nastíněna na obr. 1. Legenda je na obr. 2.

Obr. 1 Výřez geologické mapy (mapový list 14-42 Rýmařov) okolí Horního Města u Rýmařova.



Obr. 2 Legenda ke geologické mapě, mapový list 14-42 Rýmařov.

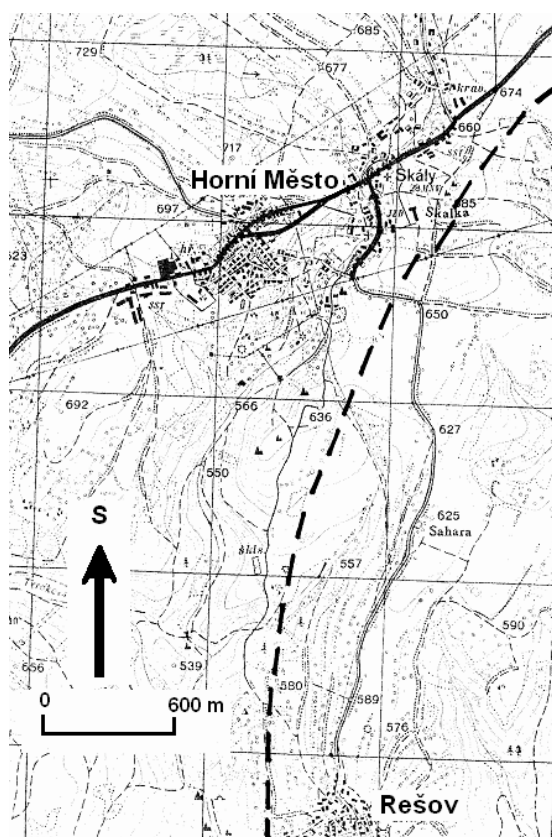


Vrbenská skupina se vyznačuje zastoupením kvarcitů a metakonglomerátů. Dále se zde vyskytují různé typy fylitů s kvarcitickou složkou, metabazity a metakeratofyry. Významné postavení zde mají železné rudy typu Lahn-Dill, které se zde v hojně míře vyskytují. V desenské klenbě u Oskavy vystupuje těleso hrubozrnné biotitické žuly (Mísař et al. 1983).

Často se při studiu publikovaných zpráv zabývajících se touto oblastí setkáváme s pojmy keratofyry a porfyroidy. Keratofyr je starší název pro paleotrachyt. Porfyroidy jsou také starším označením pro slabě metamorfované kyselé vulkanity, světle šedé až žlutavé barvy, odpovídající metaryolitům. Stáří vrbenské skupiny je devonské. V okolí Horního Města je vulkanický soubor vrbenské skupiny tvořen intermediálními až kyselými metavulkanity, které představují slabě metamorfované ekvivalenty svrchnodevonských trachytů a ryolitů. Tyto postihla slabá metamorfóza v podmínkách facie zelených břidlic. Jako protolit by mohly být pravděpodobně diferenciaty tholeiitových až mírně alkalických vnitrodeskových bazaltů, které pronikly k povrchu v tektonickém prostředí silně ztenčené kontinentální kůry (max. 15–20km), případně oceánské kůry v oblasti horkých skvrn (Hulová 1999). Dále se ve vrbenské skupině vyskytují slabě metamorfované bazické metavulkanity tmavé barvy se zelenavým nádechem – paleobazalty (diabasy, zelené břidlice). Všechny horninové typy tvoří zploštělá čočkovitá tělesa, dlouze protažená ve směru SSV-JJZ a příkře upadající k VJV, která se vzájemně prstovitě prostupují (Hulová 1999, Barth 1959).

V prostoru Rešovských vodopádů jsou metamorfované bazické vulkanity vystřídány flyšovým andělskohorským souvrstvím, které je tvořeno anchimetamorfovanými drobami a břidlicemi. Tuto hranici mezi vrbenskou skupinou (tvořena porfyroidy a diabasy) devonského stáří a andělskohorským souvrstvím, které je stáří svrchnodevonského až spodnokarbonského, nazýváme andělskohorské nasunutí (Barth 1959). Schéma hranice vrbenské skupiny a andělskohorským souvrstvím je uvedeno na obr.3.

Obr. 3 Náčrt hranice mezi andělskohorským souvrstvím a vrbenskou skupinou. Vlevo od přerušované linie je vrbenská skupina, která je zájmovou oblastí této práce.



#### 4.2 Mineralogie železorudných akumulací typu Lahn-Dill ve vrbenské skupině

Hydrotermálně sedimentární železné rudy vázané svým vznikem na submarinní vulkanickou činností se nazývají železné rudy typu Lahn-Dill. Jejich název je odvozen od oblasti Lahn-Dill v Porýní (Tomšík 1993).

Vznik železorudných akumulací typu Lahn-Dill probíhal v hlubších „geosynklinálních“ mořích, většinou dále od pobřeží a byl dříve spojován s počátečním stadiem geosynklinálního vývoje, při kterém byl rychlým a hlubokým zaříznutím vyvolán výlev bazických láv na podmořské dno. Tento iniciální vulkanismus měl za následek vznik železných rud, ukládaných zejména z termálních roztoků, které tuto sopečnou činností doprovázely (Mísař et al. 1983). Na Moravě a ve Slezsku jsou ložiska

železných rud typu Lahn-Dill spjata se spilit-keratofyrovým vulkanismem, jsou vázána na břidličné facie devonské sedimentační pánve (Tomšík 1993).

Železné rudy lahndillského typu na Moravě a ve Slezsku mají charakter rozlehlých, plochých čoček, místy mocné až několik metrů. V délce se mohou pohybovat od desítek až po stovky metrů. Mineralogické složení bylo během vzniku železných rud ovlivněno několika rozdílnými faktory (různorodé geochemické prostředí, submarinní vulkanická aktivita, metamorfóza). Jejich složení je díky těmto faktorům dosti pestré, též pestré jsou texturní a strukturní projevy této mineralizace (Tomšík 1993).

Vrbenská skupina představuje úzký pás, který se táhne od obcí Králová a Medlov u Uničova, přes Rudu, Horní Město a Malou Morávku u Rýmařova na Heřmanovice a Dolní Údolí u Zlatých Hor a dále do okolí města Jeseník. V celém prostoru se ve vulkanických sériích vyskytují různě velké akumulace železných rud. Díky několika faktorům (nejvýznamnějším je různý stupeň metamorfózy) lze rozdělit ložiska do dvou oblastí, které se odlišují svými vlastnostmi. Podobné jsou si oblasti na jihu vrbenské skupiny (Plinkout, Břevenec, Ruda, Rešov, Horní Město, Skály, Edrovice, Horní Moravice, Malá Morávka, Rudná a Podlesí u Malé Morávky) a na severu vrbenské skupiny (Mnichov u Vrbna pod Pradědem, Heřmanovice, Horní a Dolní Údolí, Rejvíz, Seč). Ložiska zde mají tvar plochých čoček (většinou strmě uložených) s magnetitem, jejichž mocnost dosahuje místy až několika metrů, velikostně mohou takové čočky dosáhnout i sta metrů. V zásadě mají všechny čočky výraznější páskovanou, někdy šmouhovitě páskovanou texturu (mocnost pásků dosahuje až 5 mm) a ostřejší ohraničení vůči okolnímu prostoru (rozlišení na vnitřní a hraniční ložiska).

Na rudních ložiskách v zásadě rozlišujeme dva typy rud: zásadité a kyselé rudy. Oba typy se liší základními minerálními složkami. V bazických rudách většinou převažuje Fe-chlorit (chamosit, podle starší klasifikace thuringit). Podle toho se vyznačují tmavou barvou většinou se zelenavým odstínem. Dále pak mohou obsahovat velké množství magnetitu, někdy je v malé míře přítomen i siderit. Bazické rudy jsou typické pro hraniční ložiska.



Kyselé rudy jsou tvořeny převážně hematitem, křemenem (často jde o jaspilit) a magnetitem. V malém množství se může vyskytovat muskovit, výjimečný je zde výskyt turmalínu. Zastoupen je zde i albit. Karbonáty mohou být zastoupeny kalcitem a Mg-ankeritem. Partie bohaté na karbonáty obsahují i šupinkovitý chlorit. Na několika lokalitách byly v křemeni zjištěny červíkovité inkluze chloritu (Tvrdkovská leč, Rešovské vodopády). Tyto kyselé rudy jsou typické pro vnitřní ložiska.

Z publikovaných údajů a geologických map je zřejmé, že ve vrbenské skupině jsou železné rudy lahdillského typu široce rozšířeny a že v minulosti byly těženy desítky akumulací s relativně bohatou surovinou; menší a chudší akumulace byly těžbou nedotčeny, těžena též nebyla většina skrytých rudních těles, ověřených až geofyzikálním nebo vrtným průzkumem (viz např. Skácel 1966, Tomšík 1993, Zimák 2001, Zimák 2005).

### **4.3 Mineralogie jesenických železorných akumulací typu SEDEX obecně**

Hydrotermálně sedimentární ložiska železných rud a také rud drahých a barevných kovů představují akumulace rudních minerálů typu SEDEX (případně exhalančně sedimentární ložiska). V podstatě jde o ložiska, která vznikla vulkanickou aktivitou v podmořských oblastech v období devonu. Zde na mořském dně docházelo k výstupům hydrotermálních roztoků a při mořském dně se tyto vyvěrající roztoky mísily s mořskou vodou. Tím se srážela pevná fáze a nahromaděním se časem vytvořila hydrotermálně sedimentární akumulace. Takové akumulace mohou pak tvořit čočkovitá tělesa nebo stratiformní polohy s žilníkovou nebo impregnační (vtroušeninovou) mineralizací. Pokud jsou přítomny obě mineralizace nebo je ložisko postiženo regionální metamorfózou, můžeme toto ložisko označit jako vulkanosedimentární.

V rámci ložisek typu SEDEX rozlišujeme dvě základní formace: železnorudnou a kyzovou. Železnorudná formace hydrotermálně sedimentárního původu se také velmi často označuje jako akumulace typu Lahn-Dill. Takové ložisko je tvořeno převážně hematitem, křemenem, magnetitem a Fe-chloritem. Občas se může vyskytovat i siderit.

Kyzová formace se vyznačuje výskytem sulfidů železa, a to především pyritu a pyrotinu. Velmi často jsou provázány chalkopyritem, sfaleritem nebo galenitem. Na

některých nalezištích může být hojně přítomno stříbro nebo zlato. V nadloží bývají sulfidické akumulace provázeny barytem. Jako hlušínové minerály se nejčastěji objevují karbonáty (kalcit, dolomit), živce, chlorit, baryt. Zrudnění hydrotermálně-sedimentárních ložisek není obecně vázáno na konkrétní horninotvorný typ, může být přítomno jak v sedimentárních, vulkanosedimentárních, tak i ve vulkanických horninách. Vzhledem k metamorfnímu přepracování jsou rudní minerály často uspořádány do pásků a ruda má tedy páskovanou texturu (Zimák 2005, Janoška 2001).

#### 4.4 Historie těžby Fe-rud v okolí Horního Města

Rudní revír u Horního Města zahrnuje také území okolních obcí Břevenec, Ruda, Tvrdkov, Stříbrné Hory a Skály.

Jeho bohatá historie dolování sahá až do období kolem roku 800, kdy se zde rozkládal nejvýznamnější železářský region v tzv. úsovsko-vrbenském pásmu (Pleiner et al. 1984). 11. století bylo pro oblast velmi významným obdobím. V této době se zde těžilo převážně stříbro, jímž byla zásobována olomoucká mincovna.

Kolem roku 1300 nastává velký zlom v těžbě stříbra kvůli zrušení mincovny v Olomouci a v Opavě a výrazně po něm klesá poptávka.

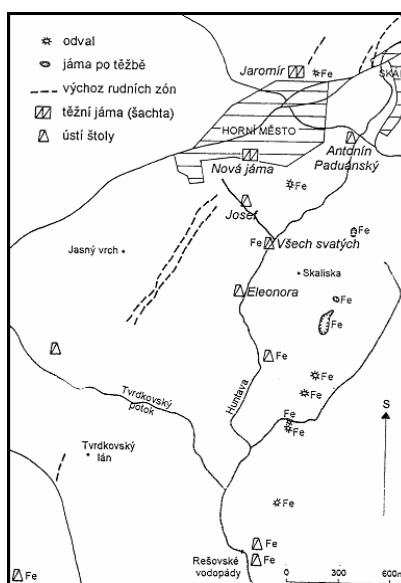
Začátkem 14. století ve vrbenském i šternbersko-benešovském pruhu začíná opět probíhat rušná báňská činnost.

Největšího rozkvětu však dolování dosahuje až v letech 1546-1548, kdy zde bylo vytěženo 1000 kg stříbra a hornická osada byla povýšena na královské Horní Město. Také těžba železných rud nebyla o mnoho pozadu, byla potvrzena v průběhu 16. století a začátkem 17. století. Z roku 1573 pochází zprávy o 10 hamrech u Moravského Berouna, v jiných zprávách je doloženo dolování u Horního Benešova, Šternberka, Rudy a Skal. Přestože se těžba stříbra a železných rud místy geograficky překrývala, byla těžba Fe-rud na mnoha místech přece jen výhodnější. Výjimku tvořilo pouze Horní Město, kde se s dolováním železných rud ve velké míře započalo až začátkem 18. století. Pleiner et al. (1984) však uvádí, že zde byla těžba Fe-rud pozastavena nebo silně omezena už v 17. století a během 18. století se udržovala pouze v blízkosti železáren. Od 20. do 80. let 19. století se těžba železných rud na mnoha místech znovu obnovila a

zažila tak svůj poslední významný rozmach. Vítkovické železářny v Ostravě v této době otvírají a také provozují četné doly. Hlavním železorným centrem se stalo okolí Moravského Berouna (Čabová, Ondrášov). Těžilo se také v Horních Životicích, Leskovci nad Moravicí, Horním Benešově, Křišťanovicích a Horní Loděnici. Dále se těžilo na Šternbersku (Benkov, Králová, Hlásnice, Plinkout) a v okolí Horního Města. Jen ojediněle se dolování podařilo zachovat až do 20. století (doly u Řídče u Šternberka a důl Barbora u Medlova).

Z historických pramenů vyplývá, že podhůří Jeseníků bylo hlavní oblastí, ve které se vyráběl i polotovar železných rud, a to drát. Kromě Janovických železáren byly v bližším okolí Horního Města známy také další obce, kde se drát vyráběl. Mezi ně patřil např. Rýmařov, Edrovice nebo Karlov. Většina drátoven v ČR byla samostatnými závody, které železo získávaly z nedalekých železáren. Během třicetileté války i na počátku 18. století se na některých místech vyráběly dokonce i zbraně z kujného železa a oceli. Taková výroba byla převážně jen sezónní, přesto se vytvořila řada zbrojovek. Hlavní výroba zbraní byla především v 17. a 18. století v Rýmařově, Janovicích a Staré Vsi u Rýmařova (Janoška 2001, Pleiner et al. 1984). Pozůstatky po hornické činnosti v okolí Horního Města jsou schématicky znázorněny na obr. 4.

Obr. 4 Schéma zachovalých stop po hornické činnosti v okolí Horního Města - upraveno podle Fojta (1966) a Hulové (1999).



## 5 Výsledky terénních prací

### 5.1 Štola Všech svatých

Při hlavní cestě, která vede z Horního Města na Rešovské vodopády, můžeme hned za Horním Městem narazit na chatovou a rekreační oblast. Přímo v tomto místě za jednou z posledních chat se nachází stará štola, která dříve sloužila k těžbě železné rudy. Dnes je ústí štoly zcela zavaleno a původní odval byl už v minulosti zlikvidován. Můžeme zde jen najít pozůstatky haldiček s materiálem, který už mnoho rudy neskýtá. Z ústí štoly vytéká důlní voda, proto ještě lze tuto lokalitu najít celkem snadno. Na obr. 5 je lokalita označena zkratkou VŠSV.

### 5.2 Rešovské vodopády

Rešovské vodopády se svým jedinečným přírodním úkazem řadí mezi významné české přírodní a kulturní památky a jsou také nejvýznamnějším chráněným územím povodí Huntavy. Od roku 1992 se tento chráněný přírodní výtvar s rozlohou 71,61 ha stal Národní přírodní památkou Rešovské vodopády. Vodopády jsou situovány asi jen 1 km zsz. od obce Rešov v Bruntálské vrchovině, od které pochází i jejich název. Jsou tvořeny čtyřmi stupni o celkové výšce 8,59 m (Hulová 1999).

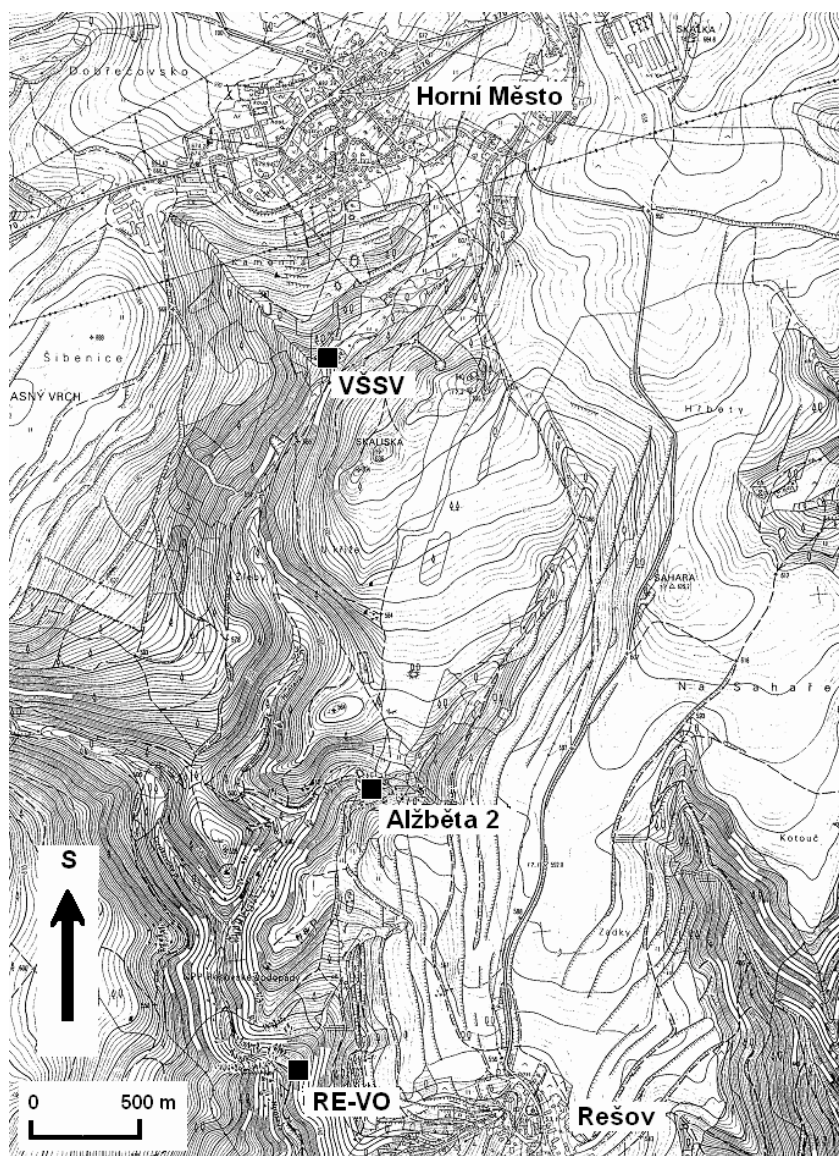
Lokalita vhodná pro odběr rudních vzorků se nachází přímo v bezprostředním okolí vodopádů a je situována asi 70 m východně od hlavního vodopádu. Bez problému ji lze navštívit, přestože je v zarovnaném terénu na první pohled skoro až nepatrná. Z jejího vzhledu a stupně zarovnání s terénem lze usuzovat na to, po jak dlouhou dobu bylo místo nikým nevyužíváno. Jedná se o haldičku na níž je soustředěn zbylý materiál. Lze zde najít úlomky křemen-kalcitové žiloviny s již makroskopicky nápadným turmalínem. Na obr. 5 ji najdeme jako lokalitu pod označením RE-VO.

### 5.3 Alžběta 2

Asi 2 km severovýchodně od vodopádů při cestě do Horního Města nelze minout starou štolu ve velké skále, kde se taktéž v minulosti těžilo. Lokalita je umístěna na křižovatce dvou hlavních cest vedoucích z Horního Města do Rešova. V místě křížení

cest se nachází dvě vysoké haldy, které jsou pozůstatkem dávného dolování. Naproti nim přes cestu se vyskytuje již zmíněná štola, z níž haldový materiál pochází. Štola je označena tabulí s popiskou Alžběta 2. Pozice lokality je zanesena v obr. 5.

Obr. 5 Pozice studovaných lokalit v prostoru mezi Horním Městem u Rýmařova a Rešovskými vodopády.



## 6 Mineralogická charakteristika železných rud na studovaných lokalitách

V terénu byly odebrány vzorky tzv. kyselých rud (jde o převažující rudní typ), zrudněných mramorů a také vzorky žilné hydrotermální mineralizace (křemen-karbonátové žíly s chloritem a lokálně přítomným turmalínem). Oba typy rud a hydrotermální mineralizace jsou charakterizovány v následujících kapitolách.

### 6.1 Kyselé rudy

Obecně jsou charakterizovány jako magnetitové rudy s hematitem s vysokým obsahem křemene; obsah Fe se pohybuje mezi 35-45%, obsah  $\text{SiO}_2$  je mezi 20-25% (Skácel 1966).

Makroskopicky lze rozlišit v odebraných vzorcích náležejících k tomuto rudnímu typu několik typů pásků, které se liší svým složením i zrnitostí, proto mají kyselé rudy páskovanou až šmouhovitě páskovanou texturu. Při mikroskopickém studiu bylo zjištěno nerostné složení jednotlivých druhů pásků: a) pásy hrubozrnějšího křemene, b) hrubozrnější pásy křemene s automorfně omezenými zrny magnetitu, c) jemnozrnější pásy křemene s rozptýleným hematitem (jaspilit), d) pásy obsahující pouze jemně šupinkovitý hematit se zrny magnetitu.

Obr. 6 Fotografie „kyselé rudy“ odebrané na lokalitě Štola Všech svatých (vzorek VŠSV-15)



Na obr. 6 je uveden snímek „kyselé rudy“. Lze na něm pozorovat křemen-karbonátovou žilovinu probíhající celou horní partií vzorku. Při okrajích žiloviny se soustřeďuje křemen, její centrální část je tvořena karbonátem (kalcitem nebo karbonátem dolomit-ankeritové řady). Mocnost žíly je 1cm. Patrné je také výrazné páskování střídajících se jemnozrnných vrstev, které jsou tvořeny zrnny magnetitu a rozptýleným hematitem. Načervenalé partie jsou tvořeny jaspilitem. Ve vzorku lze nalézt i pouhým okem pozorovatelná zrníčka magnetitu.

## 6.2 Zrudněné mramory

Jedná se o zásaditý typ rud, který vznikl rekrystalizací pravděpodobně organogenních vápenců a obsahuje především magnetit a Fe-chlority (45-55% Fe). Průměrný obsah  $\text{SiO}_2$  je 10-20% a obsah CaO se pohybuje do 12% (Skácel 1966).

Obr. 7 Fotografie zrudněného mramoru. Lokalita Štola Všech svatých (vzorek VŠSV-21)



Na obr. 7 je uveden snímek zrudněného mramoru. Lze na něm pozorovat výrazné páskování. Střídání pásků s jemnými zrníčky magnetitu a tenkých křemen-karbonátových žilek (mocnost do 1mm). Na první pohled je patrná větší křemen-karbonátová žíla o mocnosti 8mm.

### 6.3 Hydrotermální žíly

Kousky žiloviny odebrané v terénu se skládají převážně z hrubozrnného křemene a karbonátu, přičemž centrální část žíly je tvořena křemenem a okraje žil jsou tvořeny karbonátem. Černozelené zabarvení některých částí žiloviny je způsobeno přítomností jemně šupinkovitého chloritu, v několika partiích bylo zjištěno i jeho červíkovité prorůstání. Akcesoricky se v křemenných partiích žiloviny vyskytuje černý turmalín, který zde vytváří jehlicovité krystalky.

Obr. 8 Fotografie hydrotermální žiloviny odebrané u Rešovských vodopádů (vzorek RE-VO-1).



Na obr. 8 je uveden snímek hydrotermální žiloviny. Ta je v tomto případě tvořena křemenem (soustřeďuje se při jejích okrajích) a karbonátem (tvoří centrální partie žiloviny), který byl analyzován a v tab. 11 je klasifikován jako kalcit. Jedná se tedy o křemen-kalcitovou žilovinu.



Výsledky chemismu rudních vzorků HM1 a HM2 jsou uvedeny v tab.1. kde je nejvíce důležitý podíl Fe:

Tab. 1 Chemismus rudnin (hmot. %)

lokalita	HM1	HM2
SiO <sub>2</sub>	63,61	32,93
TiO <sub>2</sub>	0,13	0,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,07	3,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,63	34,96
FeO	8,25	18,41
MnO	0,17	0,17
MgO	1,02	1,14
CaO	4,34	3,11
Na <sub>2</sub> O	0	0,1
K <sub>2</sub> O	0,11	0,62
S	1,76	0
CO <sub>2</sub>	4,72	3,55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,13
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,17	0,14
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,06	0,79
suma	100,18	99,37

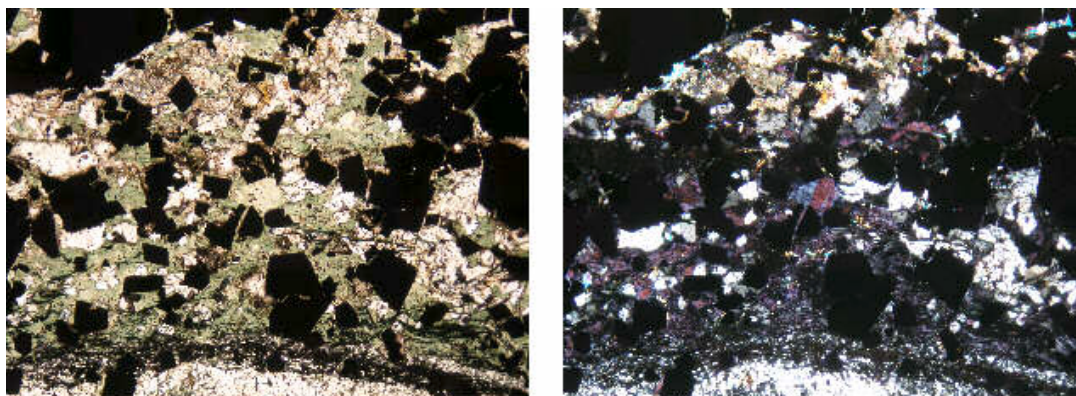
Podle obsahu SiO<sub>2</sub> uvedeného v tab.1 lze usuzovat na to, že rudní vzorek HM1 je „kyselější“ v porovnání s druhým vzorkem. Oba vzorky však lze zařadit ke kyselému typu Fe-rud. Obsah Fe je rozdílný: vzorek HM1 obsahuje po přepočtu 15,95 hmot. % Fe, vzorek HM2 dokonce 38,76 hmot. % Fe. Obsahy CaO, MgO a CO<sub>2</sub> vykazují u obou vzorků poměrně blízké hodnoty, což svědčí o zhruba stejném zastoupení karbonátů (kalcit a také karbonát dolomit-ankeritové řady) v obou vzorcích.

## 7 Charakteristika vybraných minerálů

### 7.1 Magnetit, hematit

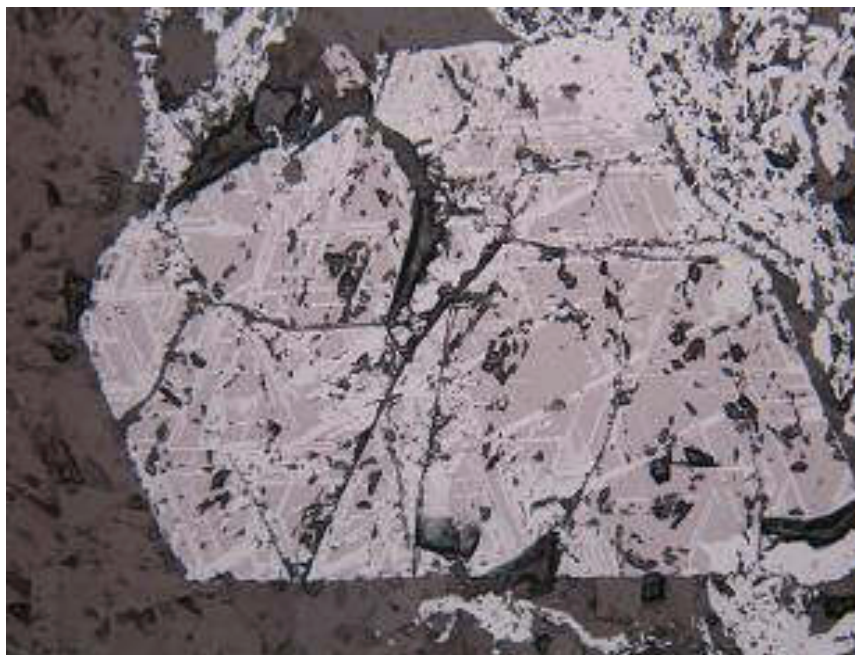
Magnetit i hematit patří do skupiny rudních minerálů. Na studovaných lokalitách se magnetit vyskytuje v podobně jemných, již okem pozorovatelných zrníček. Zrna magnetitu mají často automorfní omezení, z charakteru průřezů je zřejmé, že jde o oktaedry. Na obr. 9 můžeme vidět omezená zrna magnetitu, jemně šupinkovitý hematit (oba minerály jsou ve výbrusech opakní) a při PPL zelený šupinkovitý chlorit.

Obr. 9 Dvojice mikrofotografií magnetitu, hematitu a chloritu. Vlevo PPL, vpravo XPL. Vzorek VŠSV-2. Šířka snímku je 2,5 mm.



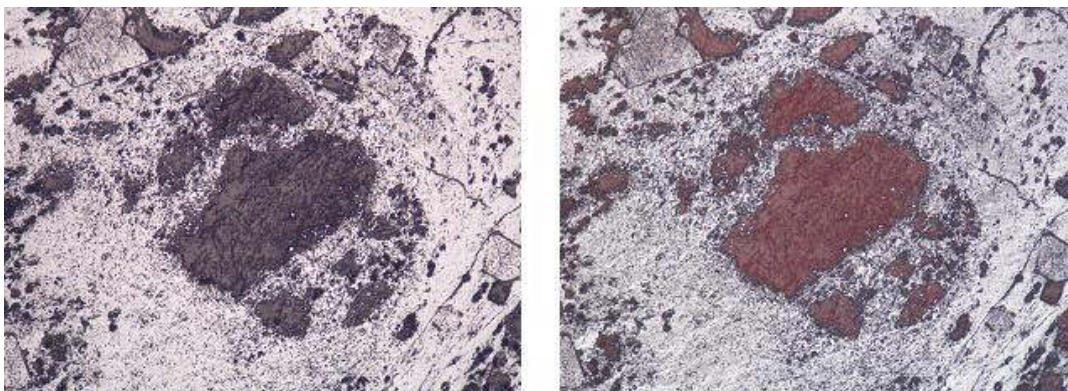
Magnetit je silně postižen martitizací, která postupuje podél ploch tvaru oktaedrů (martit vytváří lamely, které spolu svírají úhel  $120^\circ$  - viz obr. 10), nebo i podél trhlin a od okrajů jednotlivých zrn. V nábrusech byla zjištěna i zrna, která jsou martitizována úplně. Hematit byl v těchto zrnech identifikován jak mikroskopicky, tak i na základě výsledků provedených WDX analýz (tab. 2, analýza č. (7)B a 47).

Obr. 10 Mikrofotografie martitizovaného magnetitu v odraženém světle s úplně rozkříženými nikoly. Vzorek RE-V0-3. Šířka snímku je 0,6 mm.



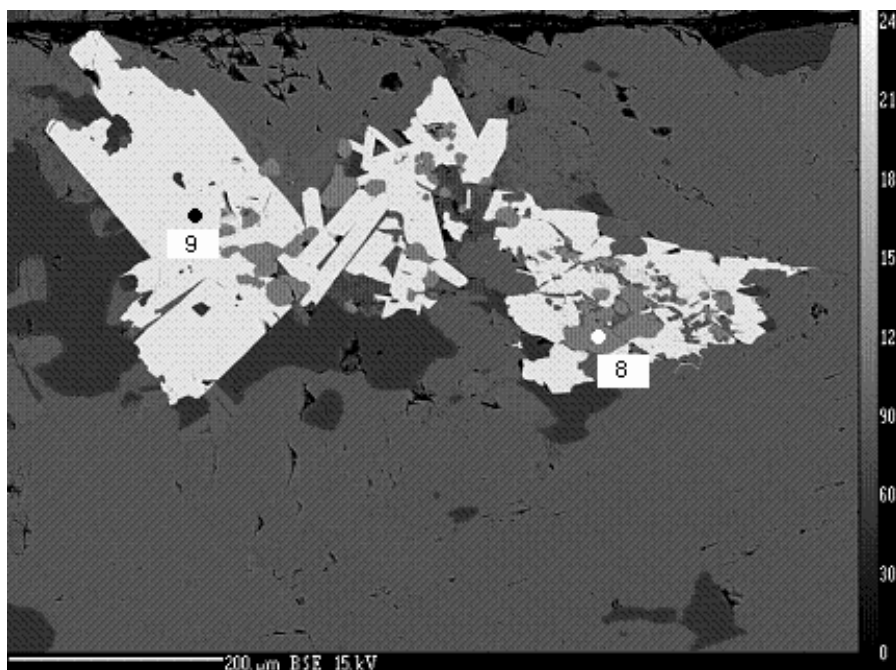
Hematit se v rudě vyskytuje i v podobě větších xenomorfních zrn a nedokonale vyvinutých tabulek. Přítomen je i v podobě jaspilitu (jde o jemně šupinkovitý hematit rozptýlený v křemeni). Tyto partie jsou při makroskopickém ohledání výrazně červené, totéž platí i při pozorování leštěných výbrusů v odraženém světle při zkřížených nikolech. Na obr. 11 máme názornou ukázkou jaspilitu, který zde vytváří čočkovité útvary.

Obr. 11 Dvojice mikrofotografií jaspilitu. Vlevo PPL, vpravo snímek v odraženém světle. Vzorek RE-VO-6. Šířka snímků je 0,5 mm.



Chemické složení tabulkovitého hematitu je uvedeno v tab. 2 (analýza č. 9 je zanesena na obr. 12). Výsledek analýzy je zajímavý relativně vysokým podílem titanu (0,07 apfu Ti).

Obr. 12 BSE snímek analyzovaného zrna hematitu (vzorek RE-VO-1, analýza č. 9).



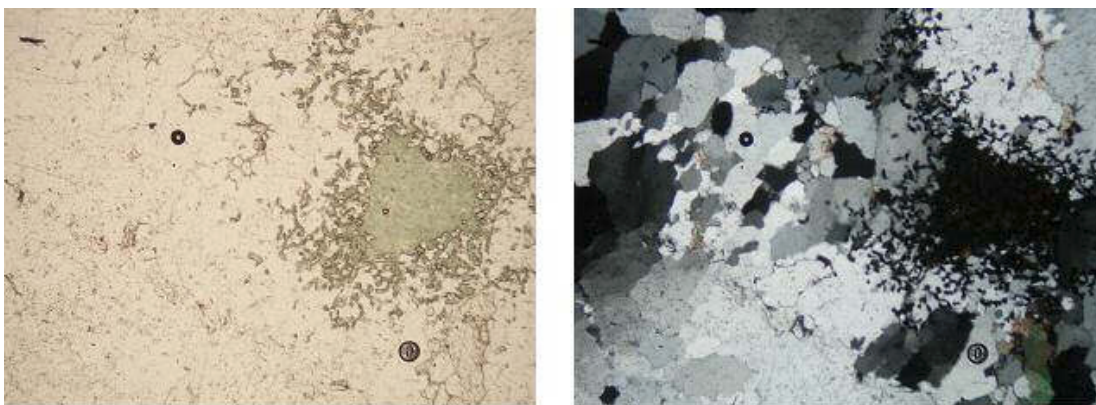
Tab. 2 Výsledek WDX analýzy hematitu (hmot. %).

	VŠSV-20 (7)B	RE-VO-1 9	VŠSV-18 57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	Nest.	Nest.
SiO <sub>2</sub>	0,06	0,02	0,12
TiO <sub>2</sub>	1,73	3,40	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,05	0,02
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,21	0,06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,00	0,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	98,20	95,63	101,53
MgO	Nest.	0,00	0,01
CaO	0,01	0,04	0,00
MnO	0,01	0,00	0,03
CoO	0,08	Nest.	Nest.
NiO	Nest.	0,02	0,00
ZnO	Nest.	0,00	0,05
suma	98,37	99,35	101,72
počet kationů na bázi 3 atomů kyslíku:			
Ti	0,03	0,07	0,00
Fe	1,95	1,90	1,99

## 7.2 Chlorit

Jedná se o skupinu minerálů (fylosilikáty), která je tvořena několika řadami, z nichž neznámější je řada klinochlor-chamositová. Makroskopicky jsou chlority ve vzorcích pozorovány jako partie zbarvené do tmavě šedozelena až dočerna. Tvoří rostlé šupinkovité agregáty, které se vyskytují zarostlé v křemeni nebo tvoří jemné šupinky, pozorovatelné při mikroskopickém studiu výbrusů.

Obr. 13 Dvojice mikrofotografií chloritu, vlevo v PPL zelený; vpravo v XPL lze lépe pozorovat červíkovité chlority v křemeni. Vzorek RE-VO-2. Šířka snímku je 0,5 mm.



Při mikroskopickém studiu (viz. obr. 13) se v PPL objevuje výrazný pleochroismus a zrna mají světle žlutou až středně zelenou barvu. V XPL mají anomální hnědé barvy. V preparátu jsou dobře pozorovatelné šupinky, na nichž jsou dobře vyvinuty bazální plochy, a jemně šupinkovité agregáty. Jednotlivé šupinky chloritu mají v preparátu obvykle velikost do 1 mm. Na obr. 13 lze také vidět červíkovitě zarostlé chlority v křemeni.

Tab. 3 Výsledky WDX analýzy chloritů (hmot. %). Lokalita Štola Věch svatých u Horního Města (vzorek VŠSV-1).

	VŠSV-1 D	VŠSV-1 D	VŠSV-1 F	VŠSV-1 F	VŠSV-1 G	VŠSV-1 G	VŠSV-1 I	VŠSV-1 I
SiO <sub>2</sub>	23,52	23,49	23,55	23,99	23,87	23,37	24,24	24,30
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,03	0,04	0,05	0,02	0,02	0,01	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,53	21,06	20,67	19,40	20,92	20,77	20,43	20,46
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,02	-	-	0,01	-	0,02	-
FeO	33,63	34,23	34,38	33,94	33,87	33,85	33,04	32,91
MgO	8,65	8,63	8,08	9,19	8,72	8,56	9,51	9,11
MnO	0,22	0,23	0,20	0,28	0,19	0,24	0,17	0,19
CaO	0,02	-	0,02	0,04	-	0,01	-	-
K <sub>2</sub> O	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	-	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,10	0,02	0,06	-	0,01	-	-	0,01
suma	86,77	87,73	87,02	86,90	87,63	86,83	87,42	86,99
počet kationů na 14 atomů kyslíku:								
Si	2,64	2,61	2,64	2,69	2,65	2,62	2,68	2,70
Al	2,72	2,76	2,73	2,57	2,73	2,75	2,66	2,68
Fe	3,16	3,18	3,23	3,19	3,14	3,18	3,06	3,06
Mg	1,45	1,43	1,35	1,54	1,44	1,43	1,57	1,51
Mn	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca	0,00	-	0,00	0,01	-	0,00	-	-
K	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,01
Na	0,02	0,00	0,01	-	0,00	-	-	0,00
Si	2,64	2,61	2,64	2,69	2,65	2,62	2,68	2,70
F/FM	0,69	0,69	0,71	0,68	0,69	0,69	0,66	0,67

V tab. 3 jsou uvedeny analýzy chloritů a hodnoty výsledného vztahu F/FM pro klasifikaci chloritů podle Melky (1965). Podle těchto hodnot vychází chlority ze vzorku VŠSV-1 ve všech případech jako Fe-chlority. Hodnota F/FM je ve všech případech vyšší než 0,52, přičemž Si se pohybuje u těchto chloritů vždy do 2,75 apfu; jedná se tedy s nejvyšší pravděpodobností o thuringit (ve smyslu klasifikace Melky 1965).

Tab. 4 Výsledky WDX analýzy chloritů (hmot. %). Lokalita Štola Věch svatých u Horního Města (vzorek VŠSV-20 a VŠSV-24).

	VŠSV-20 (1)D	VŠSV-20 (2)D	VŠSV-20 (5)C	VŠSV-20 (8)A	VŠSV-24 (56)D	VŠSV-24 (61)H	VŠSV-24 (62)H	VŠSV-24 (63)G
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,02
SiO <sub>2</sub>	26,02	25,82	26,08	25,93	26,35	25,77	25,55	25,94
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,92	20,37	19,97	20,02	19,73	19,52	18,26	20,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01
MgO	13,94	14,69	14,77	15,74	15,97	14,89	12,81	15,08
CaO	0,06	0,12	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03
MnO	0,12	0,26	0,11	0,08	0,12	0,15	0,16	0,09
FeO	28,38	27,48	26,63	26,14	25,31	26,94	29,83	26,10
NiO	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
ZnO	0,08	0,15	0,19	0,20	0,18	0,19	0,30	0,24
BaO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,05	0,00	0,06	0,04	0,02	0,02
K <sub>2</sub> O	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
suma	88,60	89,00	87,90	88,20	87,79	87,65	87,00	87,61
počet kationů na bázi 14 atomů kyslíku:								
Si	2,52	2,48	2,52	2,49	1,99	2,51	2,56	2,51
Al	3,09	3,13	3,09	3,08	2,39	3,05	2,94	3,10
Mg	2,01	2,10	2,13	2,26	1,80	2,16	1,92	2,17
Ca	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	2,30	2,20	2,15	2,10	1,60	2,20	2,50	2,11
Zn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Na	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Si	2,52	2,48	2,52	2,49	1,99	2,51	2,56	2,51
F/FM	0,54	0,52	0,51	0,48	0,47	0,51	0,57	0,50

V tab. 4 jsou uvedeny výsledky WDX analýzy chloritů. Výsledky prokázaly, že jde o chlority klinochlor-chamositové řady, někdy s převahou Fe nad Mg, jindy je poměr obou prvků opačný. Chlority v obou vzorcích vykazují Si do 2,75 apfu. Dále je klasifikace chloritu provedena na základě hodnot F/FM a Si. Ve vzorku VŠSV-20 vyšly 2 analýzy jako thuringit a 2 jako ripidolit (ve smyslu klasifikace Melky 1965). Ve vzorku VŠSV-24 ze 4 analýz vyšly 3 jako ripidolit. Lze tedy říci, že v tomto případě mírně klasifikačně převažuje ripidolit nad thuringitem.



Tab. 5 Chemismus chloritů (hmot. %). Lokalita Rešovské vodopády (vzorek RE-VO-1) a Štola Všech svatých u Horního Města (vzorek VŠSV-12).

	RE-VO-1 20	VŠSV-12 I	VŠSV-12 I
SO <sub>3</sub>	0,02	nest.	nest.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	nest.	nest.
SiO <sub>2</sub>	25,28	23,01	24,41
TiO <sub>2</sub>	nest.	0,04	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,27	20,47	18,89
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	0,02	nest.
MgO	14,77	9,17	10,17
CaO	0,08	0,07	0,04
MnO	0,09	0,17	0,17
FeO	26,26	32,83	31,61
ZnO	0,00	nest.	nest.
SrO	0,00	nest.	nest.
BaO	0,00	nest.	nest.
Na <sub>2</sub> O	nest.	0,11	0,01
K <sub>2</sub> O	0,03	0,08	nest.
suma	86,79	85,97	85,34
počet kationů na bázi 14 atomů kyslíku:			
Si	2,47	2,60	2,75
Al	3,17	2,73	2,51
Mg	2,15	1,55	1,71
Ca	0,01	0,01	0,01
Mn	0,01	0,02	0,02
Fe	2,14	3,11	2,98
Na	-	0,02	0,00
K	0,00	0,01	-
Si	2,47	2,60	2,75
F/FM	0,50	0,67	0,64

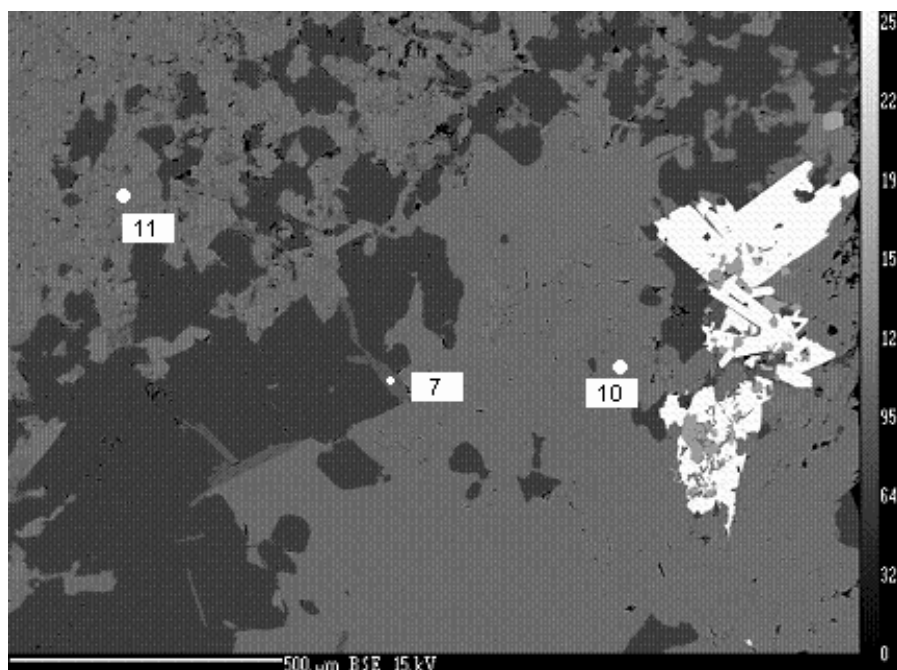
V tab. 5 jsou uvedeny výsledky WDX analýzy vzorku z lokality Rešovské vodopády, podle hodnot F/FM a hodnoty Si vyšel chlorit z této lokality jako ripidolit a chlority ve vzorku z lokality Štola Všech svatých jsou jednoznačně klasifikovány jako thuringit (podle Melky 1965).

Tab. 6 Výsledky WDX analýzy chloritů (hmot. %) z lokalit Rešovské vodopády a Štola Věch svatých u Horního Města.

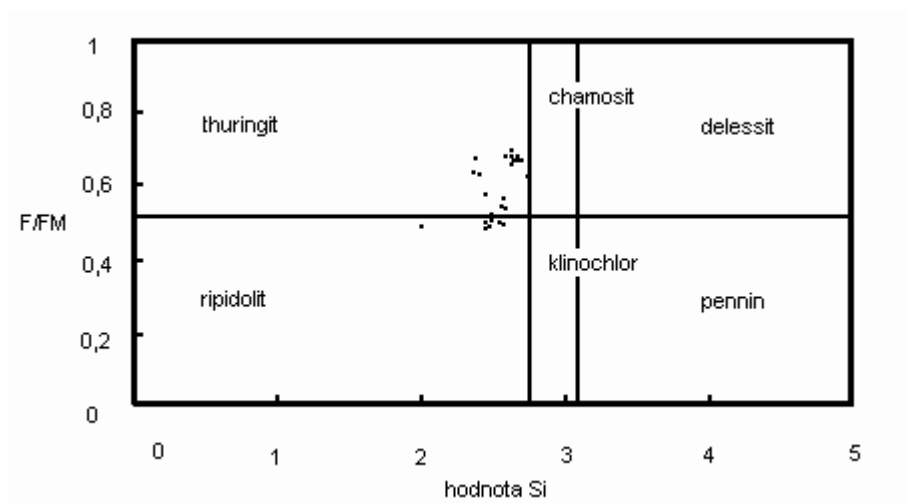
	RE-VO-1 1	RE-VO-1 2	RE-VO-1 6	RE-VO-1 11	VŠSV-18 46	VŠSV-18 48	VŠSV-18 53	VŠSV-18 58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,03	0,00	0,03	0,02	0,02	0,05	0,00
SiO <sub>2</sub>	25,66	25,81	25,63	25,80	23,92	24,79	24,08	25,03
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,06	0,05	0,04	0,02	0,10	0,07	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,21	21,49	20,45	21,03	20,59	20,41	21,17	20,40
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,07	0,00	0,03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
MgO	16,06	15,86	15,56	15,28	8,99	10,64	10,42	12,42
CaO	0,00	0,08	0,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,17	0,10	0,11	0,10	0,22	0,26	0,27	0,20
FeO	25,69	25,38	26,07	26,01	34,06	32,30	32,91	29,37
NiO	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,04	0,06	0,07
ZnO	0,00	0,01	0,04	0,06	0,37	0,37	0,24	0,39
BaO	0,00	0,04	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,15	0,05	0,01	0,04	0,05	0,02	0,03	0,02
K <sub>2</sub> O	0,04	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00
suma	89,06	89,02	88,22	88,46	88,38	89,04	89,30	87,98
počet kationů na bázi 14 atomů kyslíku:								
Si	2,43	2,43	2,46	2,46	2,39	2,44	2,36	2,45
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Al	3,21	3,24	3,14	3,21	3,30	3,22	3,33	3,20
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Mg	2,26	2,23	2,22	2,17	1,34	1,56	1,52	1,81
Ca	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Fe	2,03	2,00	2,09	2,07	2,85	2,66	2,70	2,41
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,03
Na	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
K	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	2,43	2,43	2,46	2,46	2,39	2,44	2,36	2,45
F/FM	0,48	0,48	0,49	0,49	0,69	0,64	0,65	0,58

Podle klasifikace Melky (1965) spadají všechny chlority ze vzorku RE-VO-1 (tab. 6) do pole ripidolitu (obsah Si do 2,75 a poměr F/FM do 0,52). Naopak všechny analýzy ze vzorku VŠSV-18 uvedené v tab. 6 vyšly podle stejné klasifikace jako thuringit (obsah Si do 2,75 a F/FM nad 0,52)

Obr. 14 BSE snímek chloritu magnetitové rudy, body vyznačují místa analýz (vzorek RE-VO-1; analyzovaný bod č. 11). Analyzovaný bod č.11 je uveden v tab. 4.



Obr. 15 Pozice analyzovaných chloritů v Melkově diagramu (Melka 1965). Tečky vyjadřují jednotlivé analýzy.

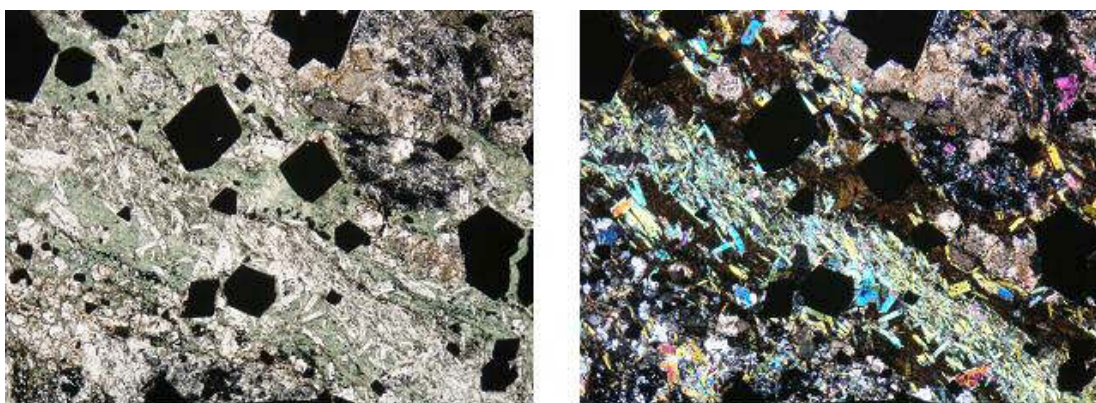


Z Melkova diagramu na obr. 15 vyplývá jasná převaha thuringitu nad ripidolitem.

### 7.3 Muskovit

Muskovit je dalším minerálem zastupující fylosilikáty ve studovaných vzorcích. Makroskopicky jsou pozorovatelné jemné šupinky až tabulky, při mikroskopickém studiu jsou ve výbrusech v PPL bezbarvé, v XPL vykazují interferenční barvy 2. řádu (viz. obr. 16). Tabulky muskovitu se velikostně pohybují do 0,5 mm.

Obr. 16 Dvojice mikrofotografií muskovitu (jemné šupinky). Vzorek VŠSV-20. Šířka snímku 2,5 mm.



Tab. 7 Chemismus muskovitu (WDX analýza). Obsahy oxidů jsou uvedeny v hmot. %).

	VŠSV-12 I	VŠSV-12 I	VŠSV-1 A	VŠSV-1 A	VŠSV-1 D	VŠSV-1 D	VŠSV-1 G	VŠSV-1 G
SiO <sub>2</sub>	45,63	46,36	45,71	45,86	45,63	45,89	45,98	45,70
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,16	0,14	0,08	0,08	0,04	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,07	30,45	30,50	30,42	29,98	30,75	31,57	30,62
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
MgO	0,73	1,29	1,36	1,32	1,31	1,27	1,21	1,24
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01
FeO	5,37	4,86	4,86	4,68	5,11	4,75	4,03	4,67
Na <sub>2</sub> O	0,42	0,32	0,38	0,43	0,35	0,41	0,46	0,38
K <sub>2</sub> O	11,10	10,76	10,69	10,75	10,76	10,71	10,57	10,71
suma	94,33	94,06	93,67	93,62	93,24	93,88	93,86	93,37
počet kationů na bázi 11 atomů kyslíku:								
Si	2,80	2,85	2,82	2,83	2,84	2,82	2,81	2,82
Ti	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	3,06	3,00	3,02	3,01	2,99	3,03	3,09	3,03
Mg	0,07	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
Fe	0,28	0,25	0,25	0,24	0,27	0,24	0,21	0,24
Na	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
K	0,87	0,84	0,84	0,85	0,85	0,84	0,82	0,84

Při analýze muskovitů (tab. 7) nebyl stanovován obsah barya a fluoru.

Tab. 8 Výsledek WDX analýzy muskovitu (hmot. %).

	RE-VO-1 7	VŠSV-18 47	VŠSV-18 49	VŠSV-18 60	VŠSV-20 (6)C	VŠSV-20 (9)A
P2O5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
SiO2	47,69	46,91	46,74	47,64	47,43	47,56
TiO2	0,12	0,03	0,35	0,25	0,13	0,07
Al2O3	30,46	29,62	29,03	28,92	28,83	28,38
V2O3	0,10	0,08	0,06	0,13	-	-
Cr2O3	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02
MgO	1,52	1,12	1,35	1,69	1,32	1,83
CaO	0,02	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00
MnO	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01
FeO	4,11	6,26	5,12	5,37	5,09	5,43
NiO	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,01
ZnO	0,02	0,09	0,10	0,00	0,00	0,02
BaO	0,16	0,32	0,34	0,26	0,16	0,23
Na2O	0,32	0,31	0,35	0,30	0,31	0,44
K2O	10,69	10,73	10,48	10,36	10,48	11,07
F	0,02	0,15	0,18	0,22	0,20	0,32
Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
suma	95,25	95,71	94,17	95,24	93,98	95,43
počet kationů na bázi 11 atomů kyslíku:						
Si	2,88	2,87	2,90	2,92	2,94	2,90
Ti	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00
Al	2,95	2,91	2,88	2,84	2,86	2,77
V	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-
Mg	0,14	0,10	0,12	0,15	0,12	0,17
Fe	0,21	0,32	0,27	0,28	0,26	0,28
Ba	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Na	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
K	0,82	0,84	0,83	0,81	0,83	0,86
F	0,00	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06

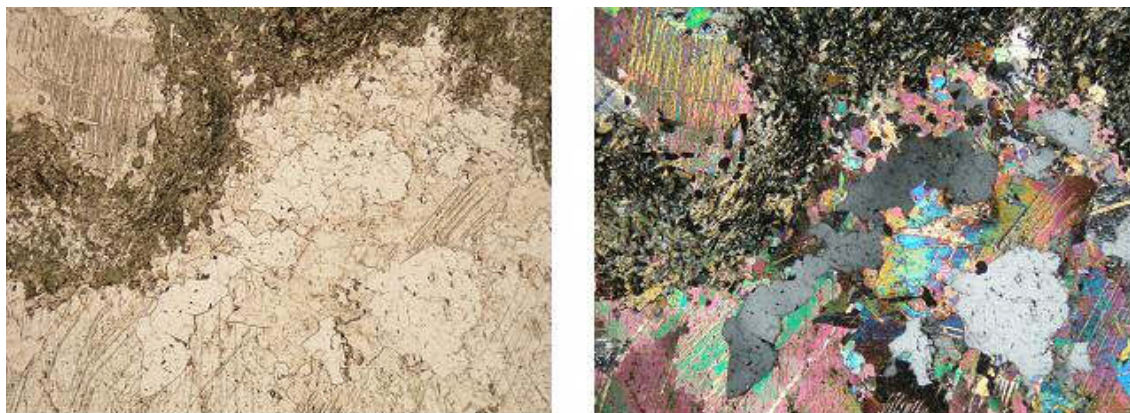
Z tab. 8 stojí za zmínku obsah barya, který se pohybuje do 0,34 hmot. %, což odpovídá 0,01 apfu Ba. Poměrně vysoké hodnoty vykazuje obsah železa (až do 0,32 apfu).

#### 7.4 Turmalín

Svým složením velmi složitá skupina borosilikátů se nazývá turmalín. Je směsí několika složek. V řadě skoryl-dravit existuje dokonalá izomorfní mísitelnost.

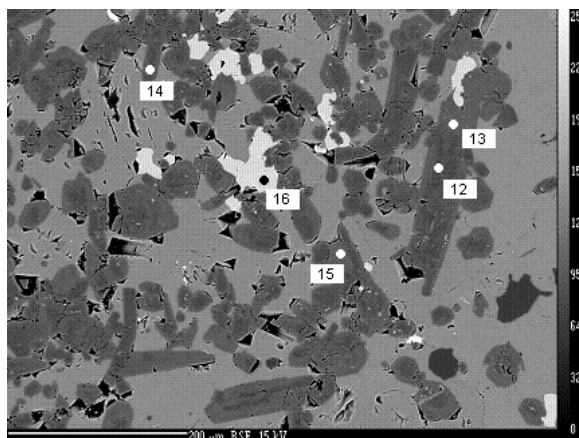
Při makroskopickém studiu se turmalín nalezený v křemen-karbonátové žilovině na lokalitě Rešovské vodopády vyskytuje spojený přímo s karbonátem (v tab.11 analyzovaný vzorek RE-VO-1 byl klasifikován jako kalcit, viz. výsledky analýzy tab. 10) a tvoří černé jehličkovité agregáty.

Obr. 17 Dvojice mikrofotografií turmalínu, vlevo v PPL zelenohnědý pás tvořený zrny turmalínu. Vzorek RE-VO-1. Šířka snímků je 0,5 mm.



Při mikroskopickém studiu byly v podélném řezu pozorovány rovnoběžně zhašející sloupečky, skoro bezbarvé, jemně nažloutlé až do tmavě šedohnědozelená. Rozměrově se sloupečky pohybují do 0,2 mm. V příčném řezu mají zrna tvar šestiúhelníků nebo se zrna svým tvarem průřezů blíží sférickému trojúhelníku. Výrazná je zde barevná zonálnost krystalu pozorovatelná v PPL: v jádru dosahuje barvy modrozelené a na okrajích přechází do khaki (zrna do 0,05 mm). Sloupečky turmalínu jsou převážně automorfně až hypautomorfně nedokonale omezeny. Bezprostřední okolí turmalínů je v obr. 17 tvořeno karbonátem (podle optických vlastností a výsledků WDX analýz se jedná o kalcit). Na obr. 18 jsou krásně pozorovatelná sloupečky turmalínu.

Obr. 18 BSE snímek turmalínů (vzorek RE-VO-1, turmalíny jsou vykreslené body 12-15, jejichž analýza je uvedena v tab. 9).



Tab. 9 WDX analýza turmalínu (hmot. %). Lokalita Rešovské vodopády (vzorek RE-VO-1).

	RE-VO-1 12	RE-VO-1 13	RE-VO-1 14	RE-VO-1 15	RE-VO-1 21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
SiO <sub>2</sub>	36,91	36,35	37,12	36,35	36,69
TiO <sub>2</sub>	0,10	1,01	0,10	1,01	0,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,35	28,52	31,14	29,01	30,16
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,16	0,08	0,14	0,17
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,03	0,03	0,01	0,08
MgO	6,26	5,67	5,95	5,96	5,98
CaO	0,15	0,33	0,39	0,35	0,16
MnO	0,02	0,03	0,00	0,02	0,03
FeO	9,27	12,08	9,51	11,32	10,96
CuO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
ZnO	0,03	0,00	0,02	0,00	0,06
Na <sub>2</sub> O	2,73	2,61	2,45	2,63	2,87
K <sub>2</sub> O	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02
F	0,00	0,09	0,00	0,11	0,00
Cl	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
suma	86,95	86,91	86,83	86,93	87,71
počet kationů na bázi 24,5 atomů kyslíku:					
Si	5,34	5,41	5,38	5,38	5,35
Ti	0,01	0,11	0,01	0,11	0,05
Al	7,27	6,81	7,23	6,88	7,05
V	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	1,35	1,26	1,28	1,32	1,30
Ca	0,02	0,05	0,06	0,05	0,02
Fe	1,12	1,50	1,15	1,40	1,34
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na	0,77	0,75	0,69	0,75	0,81
F	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00

Výsledky WDX analýz v tab. 9 prokázaly, že studovaný turmalín náleží do skoryl-dravitové řady. Z výsledků je patrná mírná převaha Fe nad Mg u analýz 13, 14 a 21 (jde o skoryl), u dvou zbývajících analyzovaných bodů převažuje Mg nad Fe (jde o dravit).

### 7.5 Kalcit, karbonáty dolomit-ankeritové řady a REE-fluorokarbonáty

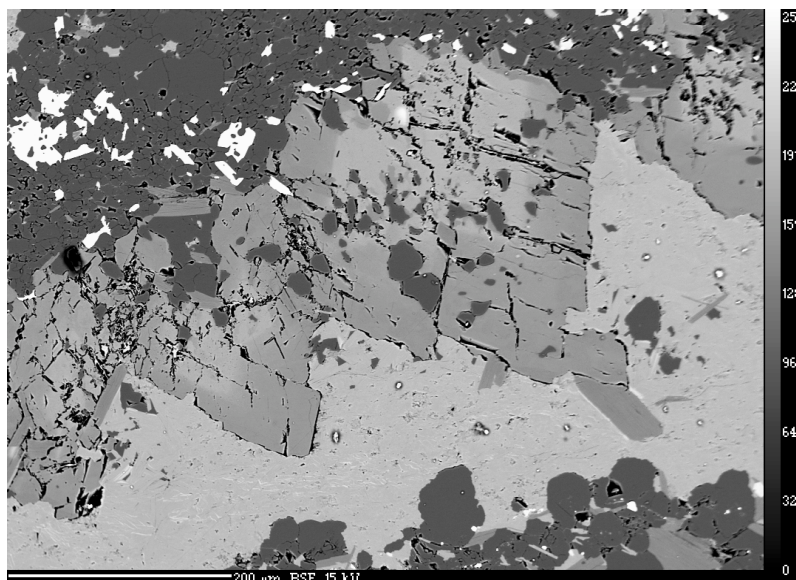
Kalcit a ostatní karbonáty se ve vzorcích poznají podle dokonalé štěpnosti podle klence. Jejich makroskopickým studiem nelze určit o jaký karbonát se jedná. Ve výbrusech v PPL jsou bezbarvé, v XPL mají barvy vyššího řádu. Kalcit je při mikroskopickém studiu výbrusů charakteristický svým polysyntetickým lamelováním, které je v tomto případě velmi výrazné.

Obr. 19 Dvojice mikrofotografií kalcitu (v pravém horním rohu fotografií). Vlevo v PPL se vyskytují zelené chlority červíkovitě zarostlé v křemenu. (vzorek RE-VO-1)



Objevovaly se také lamely, které byly různě zprohýbané (zřejmě působením deformace). Pozorován byl také pseudopleochroismus. V rámci výbrusu se zna velikostí pohybovala do 4,5 mm.

Obr. 20 BSE snímek karbonátu dolomit-ankeritové řady s patrnou zonálností (vzorek VŠSV-20 D).





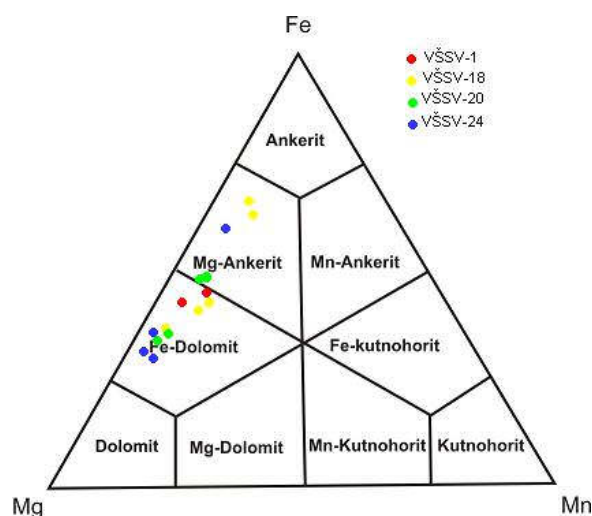
Tab. 10 Výsledky WDX analýzy karbonátů dolomit-ankeritové řady. Obsah oxidů v hmot. %. Lokalita Štola Všech svatých u Horního Města.

	VŠSV-20 (3)D	VŠSV-20 (4)D	VŠSV-20 (10)A	VŠSV-20 (11)A	VŠSV-24 (57)E	VŠSV-24 (58)E	VŠSV-24 (59)I	VŠSV-24 (60)I
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
SiO <sub>2</sub>	0,00	0,02	0,01	0,04	0,03	0,00	0,01	0,01
MgO	8,97	12,48	9,06	13,12	13,63	13,64	7,19	13,68
CaO	26,96	28,88	27,40	27,79	27,89	28,12	26,66	28,42
MnO	2,34	2,28	2,16	1,67	1,64	1,44	1,86	1,69
FeO	17,10	13,67	16,54	12,54	10,69	11,08	20,07	10,58
ZnO	0,00	0,00	0,06	0,02	0,03	0,06	0,00	0,06
SrO	0,21	0,31	0,24	0,26	0,32	0,35	0,16	0,26
suma	55,60	57,66	55,47	55,45	54,24	54,70	55,97	54,71
počet kationů na bázi 6 atomů kyslíku:								
Mg	0,46	0,59	0,46	0,64	0,67	0,67	0,37	0,67
Ca	0,98	0,97	0,99	0,96	0,98	0,98	0,98	0,99
Mn	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
Fe	0,49	0,36	0,47	0,34	0,30	0,30	0,58	0,29
Sr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00

Tab. 11 Chemismus karbonátů dolomit-ankeritové řady. Obsah oxidů v hmot. %. Lokalita Štola Všech svatých u Horního Města.

	VŠSV-24 (64)G	VŠSV-1 G	VŠSV-1 G	VŠSV-18 51	VŠSV-18 52	VŠSV-18 55	VŠSV-18 56	VŠSV-18 59
SO <sub>3</sub>	-	-	-	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	-	-	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04
SiO <sub>2</sub>	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01
SO <sub>2</sub>	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02
MgO	13,00	8,39	9,54	5,00	9,34	5,28	10,04	11,76
CaO	27,57	27,82	28,39	27,29	26,60	26,46	27,03	26,71
MnO	1,55	2,99	2,00	2,73	3,66	2,94	3,61	2,04
FeO	12,41	14,45	13,86	21,42	14,99	20,95	14,76	13,50
ZnO	0,08	-	-	0,04	0,01	0,00	0,10	0,01
SrO	0,26	0,00	0,00	0,17	0,19	0,20	0,14	0,23
BaO	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	-	-	-	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
suma	54,90	53,67	53,81	56,69	54,79	55,91	55,71	54,32
počet kationů na bázi 6 atomů kyslíku:								
Mg	0,64	0,44	0,49	0,26	0,48	0,28	0,51	0,59
Ca	0,96	1,04	1,04	1,02	0,97	1,00	0,97	0,96
Mn	0,04	0,09	0,06	0,08	0,11	0,09	0,10	0,06
Fe	0,34	0,43	0,40	0,63	0,43	0,62	0,42	0,38

Obr. 21 Pozice karbonátů dolomit-ankeritové řady v klasifikačním diagramu Z. Trdličky – V. Hoffmana (1976)

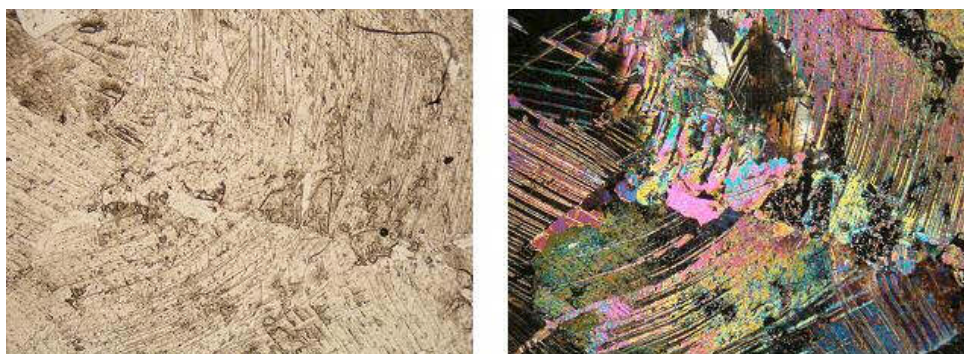


Celkové shrnutí není nijak překvapivé, důležité je však, že podle obr. 21 můžeme určit tyto karbonáty jako karbonáty Fe-dolomit - Mg-ankeritové řady, přičemž jednotlivé vzorky byť z jedné lokality se svými výslednými hodnotami odlišují. Vzorek VŠSV-1 jsem určila jako Fe-dolomit. Hodnoty vzorku VŠSV-18 vyšly z 5 analýz 3x v poli Fe-dolomit, zbylé dvě analýzy svými hodnotami vyšly jako Mg-ankerit. Mírně převažujícím typem je Fe-dolomit. Vzorek VŠSV-20 má v poli Fe-dolomit 3 zanesené body (2 mají stejné hodnoty a tudíž se překrývají), proto tento vzorek označíme za mírně převažující Fe-dolomit. Poslední vzorek VŠSV-24 vyšel jako převažující Fe-dolomit. Pro celkovou klasifikaci bych se přiklonila k převažujícímu typu karbonátů na lokalitě VŠSV v tomto diagramu, a to k Fe-dolomitu.

Na obr. 22 lze pozorovat mikrofotografii deformovaného kalcitu. Velmi výrazné jsou zprohýbané lamely kalcitu.

V tab. 12 jsou pak uvedeny výsledky WDX analýz kalcitu ze vzorků odebraných na lokalitách Štola Všech svatých u Horního Města a na Rešovských vodopádech.

Obr. 22 Dvojice mikrosnímků deformovaného kalcitu, vlevo PPL, vpravo XPL. Vzorek RE-VO-1. Šířka snímku 0,5 mm.



Tab. 12 WDX analýzy kalcitu (hmot. %).

	VŠSV-1 H	VŠSV-1 G	VŠSV-1 E	VŠSV-1 D	RE-VO-1 10
SO <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	0,02
SiO <sub>2</sub>	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
SO <sub>2</sub>	0,00	0,01	0,00	0,01	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04
MgO	0,59	0,59	0,60	0,41	0,18
CaO	52,37	53,98	52,82	53,38	55,72
MnO	1,48	1,77	2,12	1,19	0,24
FeO	3,38	2,66	3,05	3,03	0,61
ZnO	nest.	nest.	nest.	nest.	0,00
SrO	0,37	0,24	0,23	0,34	0,05
BaO	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
K <sub>2</sub> O	nest.	nest.	nest.	nest.	0,00
suma	58,26	59,26	58,88	58,37	56,87
počet kationů na bázi 3 atomů kyslíku:					
Mg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Ca	0,91	0,92	0,91	0,93	0,98
Mn	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00
Fe	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01

Výsledky analýz fluorokarbonátů jsou uvedeny v tab. 13. Podle hodnot byly fluorokarbonáty identifikovány jako synchysit-(Ce).

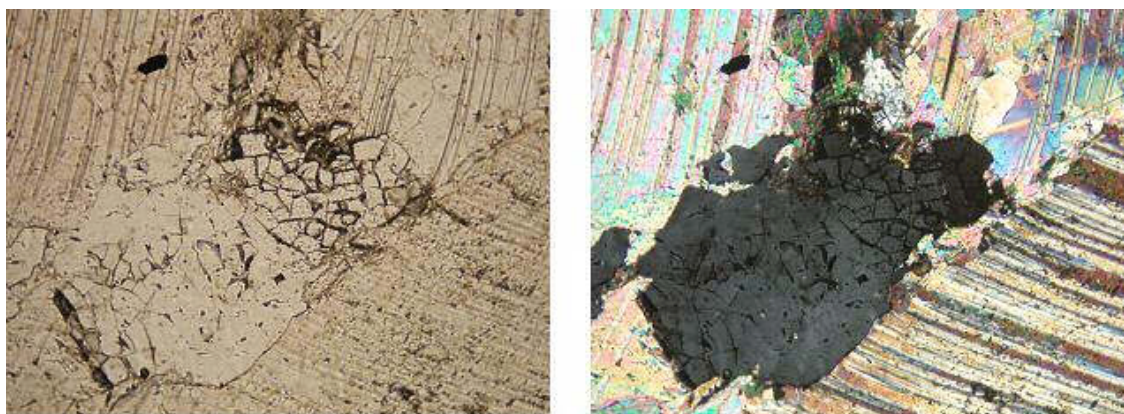
Tab. 13 Výsledky WDX analýzy REE-fluorokarbonátů. Vzorek RE-VO-1

	RE-VO-1 18	RE-VO-1 19	RE-VO-1 22
SO <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,03	0,00
SiO <sub>2</sub>	0,53	0,08	0,58
ThO <sub>2</sub>	0,08	0,19	0,11
UO <sub>2</sub>	0,01	0,12	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,27	0,00	0,31
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,75	1,16	4,61
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,23	11,81	10,21
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,87	19,65	16,20
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,15	2,37	1,94
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,76	9,85	8,36
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,84	1,78	1,74
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,57	1,20	1,77
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,81	0,13	1,23
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24	0,03	0,28
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,01	0,12
MgO	0,01	0,00	0,00
CaO	17,25	16,69	17,55
MnO	0,00	0,00	0,00
FeO	1,24	0,81	0,51
SrO	0,08	0,01	0,09
BaO	0,00	0,00	0,00
PbO	0,05	0,03	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,02	0,00	0,00
F	4,59	4,70	4,64
Cl	0,04	0,03	0,03
O=F	-1,93	-1,98	-1,95
O=Cl	-0,01	-0,01	-0,01
suma	68,46	68,69	68,34
počet kationů na 3 O+F:			
Si	0,03	0,01	0,03
Al	0,02	0,00	0,02
Y	0,11	0,04	0,13
La	0,21	0,25	0,21
Ce	0,34	0,41	0,33
Pr	0,04	0,05	0,04
Nd	0,17	0,20	0,16
Sm	0,04	0,04	0,03
Gd	0,03	0,02	0,03
Dy	0,01	0,00	0,02
Er	0,00	0,00	0,01
Ca	1,02	1,02	1,03
Fe	0,06	0,04	0,02
F	0,80	0,85	0,81
O	2,20	2,15	2,19

## 7.6 Křemen

Tento minerál je ve vzorcích při makroskopickém studiu velmi snadno rozpoznatelný díky jeho charakteristickému lasturnatému lomu. V odebraných vzorcích se vyskytoval v podobě nepravidelných zrn a agregátů.

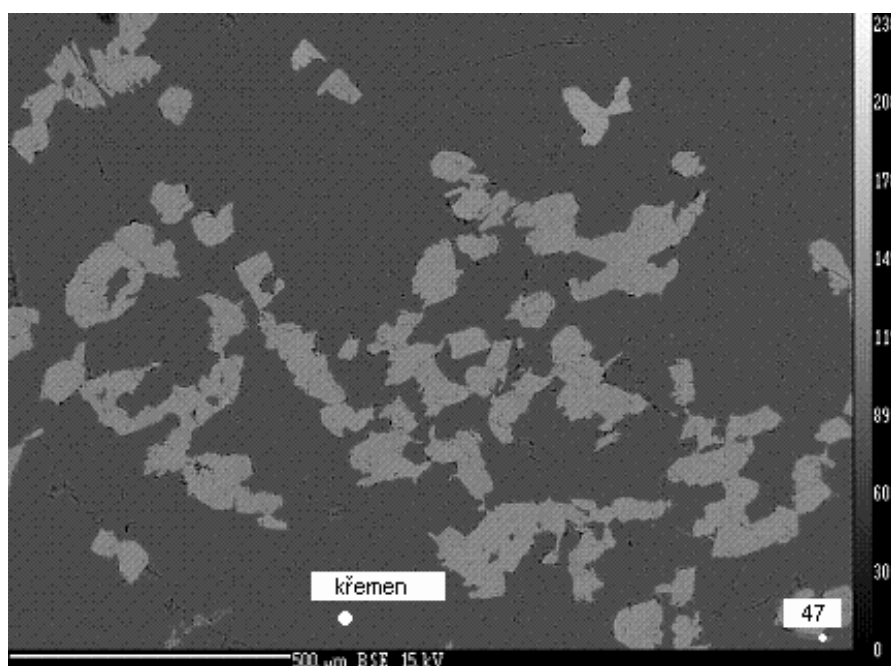
Obr. 23 Dvojice mikrofotografií rozpraskaného křemene (uprostřed) vlevo PPL, vpravo XPL. Šířka snímku 0,2mm.



Při mikroskopickém studiu preparátů byla pozorována zrna o velikosti až 6 mm. Omezení zrn je xenomorfní. Křemen velmi často vykazuje výrazné undulózní zhášení.

Křemen je často šedozeleně zbarven. Studium výbrusů bylo prokázáno, že toto zbarvení je způsobeno uzavřeninami chloritu. Tyto uzavřeniny chloritu jsou patrné i v BSE obrazu (viz. obr. 24).

Obr. 24 BSE zobrazení křemene s uzavřeninami chloritu (světlý).



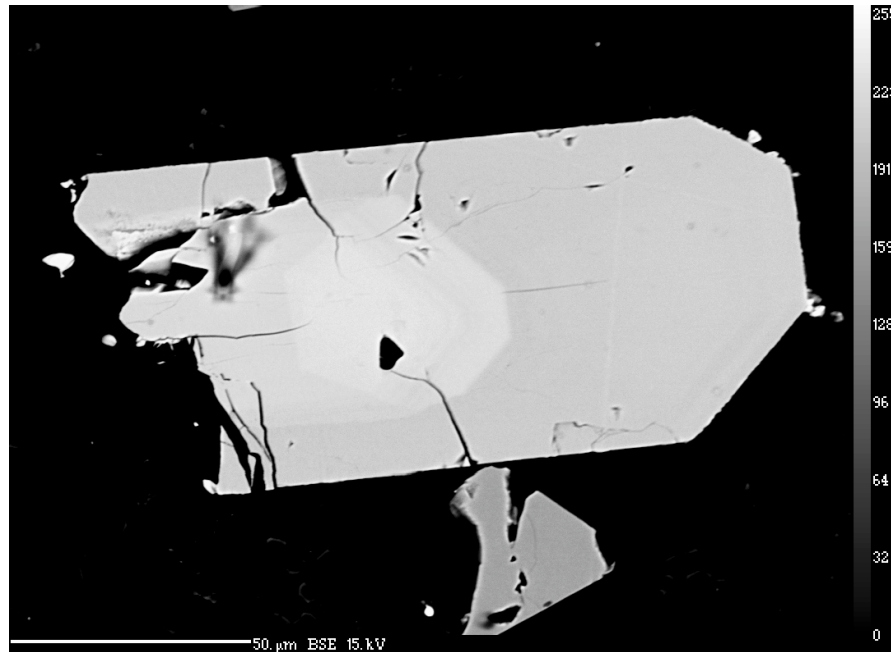
### 7.7 Stilpnomelan

Fylosilikát s velmi variabilním složením a složitou strukturou. Ve vzorcích vytváří šupinkovité vějířkovitě uspořádané agregáty.

Při mikroskopickém studiu v PPL byl pozorován pleochroismus (nažloutlý x černý). Byl pozorován také pleochroický dvůrek, vytvořený patrně kolem zirkonu. Pod mikroskopem pozorovány šupiny o velikosti do 0,5 mm s dobře vyvinutými bazálními plochami (001) a s viditelnou štěpností.

## 7.8 Zirkon

Obr. 25 BSE snímek zirkonu (vzorek VŠSV-24 C).



Na obr. 25 lze pozorovat analyzované zrno zirkonu, na němž jdou krásně rozpoznat přírůstkové zóny. Nejsvětlejší část viditelná uprostřed zirkonu je označována za jádro krystalizace, tudíž bude tato partie zirkonu nejstarší.

Tab. 14 Výsledky WDX analýz zirkonu (hmot. %). Lokality Rešovské vodopády a Štola Věch svatých u Horního Města.

	RE-VO-1 17	VŠSV-24 (65)C
WO <sub>3</sub>	0,06	0,15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,07
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,01
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00
SiO <sub>2</sub>	32,64	33,02
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00
ZrO <sub>2</sub>	66,10	63,65
HfO <sub>2</sub>	1,18	0,73
ThO <sub>2</sub>	0,04	0,30
UO <sub>2</sub>	0,08	0,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	0,95
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	-
CaO	0,20	0,00
MnO	0,00	0,01
FeO	0,40	0,06
F	0,00	0,00
Cl	0,01	0,03
suma	101,01	99,20
počet kationů na bázi 4 O:		
Si	0,99	1,02
Zr	0,98	0,96
Hf	0,01	0,01
Y	0,00	0,02
Ca	0,01	0,00
Fe	0,01	0,00

V tab. 14 jsou uvedeny dvě analýzy zirkonu, z nich lze vyčíst hodnoty apfu pro příměs Hf, které jsou pro oba vzorky stejné (0,01 apfu). Příměsi Y, Ca, Fe se objevují vždy jen u jednoho z nich.



## 7.9 Monazit-(Ce)

Monazit-(Ce) byl modifikován teprve při studiu v BSE a po provedení WDX analýzy. Tvoří drobná zrna o velikosti do 0,005mm. Výsledek analýzy uveden v tab. 15. Je zřejmá převaha ceru nad ostatními lanthanoidy a lanthanem.

Tab. 15 Výsledek WDX analýzy monazitu (hmot. %).

	VŠSV-18 50
SO <sub>3</sub>	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30,38
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08
SiO <sub>2</sub>	0,26
ThO <sub>2</sub>	1,47
UO <sub>2</sub>	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,97
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,73
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,44
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,75
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,58
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,38
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,27
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,31
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07
CaO	0,20
MnO	0,00
FeO	0,33
SrO	0,11
PbO	0,03
suma	98,90
počet kationů na 4 O	
P	1,01
Si	0,01
Th	0,01
Y	0,01
La	0,20
Ce	0,43
Pr	0,05
Nd	0,19
Sm	0,03
Eu	0,01
Gd	0,02
Ca	0,01
Fe	0,01

### 7.10 Apatit-(CaF)

Apatit byl zjištěn ve studovaných vzorcích v podobě drobných hypautomorfních nebo xenomorfních zrn. Analyzované zrno apatitu (analýza č. 8) je zobrazeno na obr. 12, výsledky analýzy apatitu jsou uvedeny v tab. 16. Další zrno apatitu je zobrazeno na obr. 26.

Tab. 16 Výsledek WDX analýzy apatitu-(CaF) (hmot. %).

	RE-VO-1 5	RE-VO-1 8	RE-VO-1 16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41,81	40,90	42,00
SiO <sub>2</sub>	0,01	0,00	0,02
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,01	0,00
CaO	56,50	55,88	56,54
MnO	0,00	0,00	0,00
FeO	0,18	0,52	0,27
SrO	0,02	0,09	0,07
BaO	0,00	0,00	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,00	0,00
F	3,12	3,89	3,99
Cl	0,00	0,00	0,00
suma	101,67	101,29	102,87
počet kationů na bázi 12 atomů kyslíku:			
P	2,86	2,84	2,86
Ca	4,83	4,85	4,82
Fe	0,01	0,04	0,02
F	0,80	1,01	1,01

Díky hodnotě fluoru, který je po výpočtu blízký 1, můžeme tento apatit označit jako apatit-(CaF), podle starší nomenklatury by šlo o fluorapatit.

## 7.11 Titanit

Zjištěn v podobě xenomorfních často velmi nepravidelných až laločnatých zrn. Výsledek analýzy je uveden v tab. 17.

Tab. 17 Výsledek WDX analýzy titanitu (hmot. %).

	RE-VO-1 3
WO <sub>3</sub>	0,04
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00
SiO <sub>2</sub>	30,78
TiO <sub>2</sub>	33,93
ZrO <sub>2</sub>	0,40
SnO <sub>2</sub>	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,97
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
MgO	0,07
CaO	28,01
MnO	0,01
FeO	1,19
BaO	0,34
Na <sub>2</sub> O	0,00
F	0,71
Cl	0,02
suma	98,64
počet kationů na 5 O:	
Si	1,02
Ti	0,84
Zr	0,01
Al	0,16
Ca	0,98
Fe	0,03
F	0,07



Tab. 18 WDX analýza rutilu (hmot. %)

	RE-VO-1 4
WO <sub>3</sub>	0,00
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00
SiO <sub>2</sub>	0,91
TiO <sub>2</sub>	96,70
ZrO <sub>2</sub>	0,02
SnO <sub>2</sub>	0,00
UO <sub>2</sub>	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
MgO	0,00
CaO	0,56
MnO	0,00
FeO	0,56
NiO	0,00
ZnO	0,00
PbO	0,00
suma	99,33
počet kationů na 2 O:	
Si	0,01
Ti	0,98
Ca	0,01
Fe	0,01

### 7.13 Plagioklas

Ve výbrusech zjištěn v podobě xenomorfních zrn s polysyntetickým lamelováním.

Tab. 19 Výsledek WDX analýzy plagioklasu (hmot.%).

	VŠSV-18 54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00
SiO <sub>2</sub>	69,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,35
CaO	0,03
FeO	0,01
SrO	0,03
BaO	0,01
PbO	0,01
Na <sub>2</sub> O	11,88
K <sub>2</sub> O	0,03
Cl	0,01
suma	100,60
počet kationů na 8 O:	
Si	2,82
Al	1,26
Na	0,94

Podle bazicity odpovídá analyzovaný plagioklas čistému albitu.

## 8 Diskuse

Výsledky mého studia Fe-rud typu Lahn-Dill přinesly mnoho poznatků z nichž některé byly již publikovány.

Studované vzorky z lokalit HM1 a HM2 odpovídají tzv. kyselým rudám, které jsou zde tvořeny převážně magnetitem, hematitem a křemenem. Díky střídání pásků o různé zrnitosti a minerálním složení, texturu těchto vzorků označuji jako páskovanou až šmouhovitě páskovanou. I Zimák (2001) ve své práci řadí vzorky Fe-rud z vrbenské skupiny k tzv. „kyselým rudám“, stejně tak řadí ve své práci Fojt et al. (2007) studované rudní vzorky k alkalickému typu rud a popisuje texturu rudních vzorků jako šmouhovitě páskovanou. Dále jsem makroskopicky určila odebrané vzorky ze studovaných lokalit a rozdělila je na zrudněné mramory a hydrotermální žilovinu (při podrobném studiu byla určena jako žilovina křemen-kalcitová). Tato žilovina už byla podrobně popsána v práci Zimáka (1997). Z výsledků analýzy chemismu rudnin na mokré cestě byly zjištěny rozdílné obsahy Fe: vzorek HM1 obsahuje po přepočtu 15,95 hmot. % Fe, vzorek HM2 dokonce 38,76 hmot. % Fe. Obsahy CaO, MgO a CO<sub>2</sub> vykazují u obou vzorků poměrně blízké hodnoty, což svědčí o zhruba stejném zastoupení karbonátů (kalcit a také karbonát dolomit-ankeritové řady) v obou vzorcích.

Výskyt turmalínu, který byl už dříve zjištěn na lokalitě Rešovské vodopády Zimákem (1997) a na lokalitě Skály Fojtem et al. (2007), se dal předem předpokládat. Zimák (1997) ve své práci klasifikoval analyzované turmalíny jako turmalín skoryl-dravitové řady. Obecně se tato skutečnost potvrdila i při mém výzkumu. Přesto studiem WDX analýz vzorků s turmalínem jakási převaha skorylu nad dravitem přeci jen vyšla, přestože Zimák (1997) uvádí v tabulce o chemismu turmalínu, že dravitová složka v jeho dříve publikovaných analýzách převažuje. Turmalín je také popsán v práci Fojt et al. (2007).

Dále jsem se zabývala klasifikací chloritů, které se v mých preparátech vyskytují v podobě jemných šupinek nebo šupinkovitých agregátů, které červíkovitě zarůstají do křemene. Tato skutečnost se shoduje s mikroskopickou charakteristikou podle Zimáka (1997), který uvádí, že hodnoty F/FM vynesené do Melkova diagramu jsou zaneseny co

nejbliže hranici mezi thuringitem a ripidolitem. Já sem však po přepočtu nově získaných dat z WDX analýz a zanesením hodnoty F/FM vůči Si do téhož diagramu zjistila, že se naše výsledky rozcházejí, a to v tom smyslu, že chlority, které byly analyzovány nově, převážně spadají do pole thuringitu podle Melky (1965). Stejně tak je tomu při korelaci s literaturou Zimák (2001), kdy jeho hodnoty F/FM vycházely mnohem výše v poli thuringitu. Přesto skutečnost, že se jedná ve všech případech o thuringit (ikdyž někdy těsně na hranici podle Zimáka (1997)), je shodná. Při korelaci s literaturou Zimák (2003) nastává rozdíl v chemismu turmalínů, které ve své práci klasifikoval jako ripidolit (podle Melky 1965). Fojt et al. (2007) se ve své práci také zmiňuje o chloritu klasifikovaném jako thuringit podle Melky (1965), ve všech případech však chlority klasifikoval podle Wiewióry a Weisse (1990) jako Fe-klinochlor.

Dále jak uvádí Zimák (2001, 2003) i Fojt et al. (2007), mezi analýzami karbonátů zásadně převažuje kalcit, přesto moje výsledky hovoří jasně ve prospěch karbonátů dolomit-ankeritové řady s mírnou převahou Fe-dolomitu nad Mg-ankeritem (lokality Štola Všech svatých). Kalcit byl podle WDX analýzy prokázán pouze na lokalitě Rešovské vodopády, kde tvoří centrální část hydrotermální žiloviny.

Apatit, jehož zrno bylo analyzováno jsem podle obsahu hlavních složek určila jako apatit-(CaF), který se podle starší nomenklatury označuje jako fluorapatit. Apatit se objevuje i v práci Zimáka (1997).

Výsledný monazit-(Ce) byl určen podle vyššího podílu ceru při studiu WDX analýz monazitu. Tento minerál se vzácně vyskytuje i na lokalitě Tvrdkovská Leč, která byla podrobně zpracována Zimákem (2001) a tento minerál byl již v jeho práci popsán a podložen EDX analýzou..

Automorfně omezený magnetit, který jsem při svém výzkumu pozorovala byl vždy alespoň částečně martitizovaný, někdy byl dokonce celý přeměněn na hematit (díky WDX analýze byly všechny analyzované body klasifikovány jako hematit). Martitizovaný magnetit se vyskytuje i v pracech Zimák (2001) a Fojt et al. (2007).

Analyzovaný plagioklas, který jsem podle jeho bazicity klasifikovala jako čistý albit, byl už na lokalitách vrbenské skupiny popsán Zimákem (1997, 2001) a Fojtem et



al. (2007). Tudíž lze obecně říci, že v okolí Horního Města v rámci vrbenské skupiny, se tento minerál vyskytuje.

Stilpnomelan, i přesto, že byl při mém studiu určen pouze mikroskopicky, byl už dříve v literatuře, která se zabývá Fe-rudami ve vrbenské skupině, také prokázán (Zimák 1999, Fojt et al. 2007).

V poslední řadě chci zmínit zjištěné minerály určené podle WDX analýz, které byly popsány i v jiných částech vrbenské skupiny. Ze skupiny fylosilikátů kromě výše komentovaného chloritu byl objeven muskovit (Zimák 1997, Zimák 2001, Zimák 2003 a Fojt et al. 2007); dále pak byl z minerálů obsahujících titan zjištěn rutil a titanit (Zimák 2003, Fojt et al. 2007).

Především bych ráda na závěr diskuse poukázala na to, že se WDX analýzou podařilo analyzovat a poté určit REE-fluorokarbonát jako synchysit-(Ce), který ještě na žádné lokalitě z vrbenské skupiny popsán nebyl. Stejně tak tomu je v případě zirkonu, který byl zjištěn až při WDX analýze.

## 9 Závěr

Na lokalitách Štola Všech svatých, Alžběta 2 a Rešovské vodopády jsem odebrala reprezentativní vzorky tzv. „kyselých rud“, zrudněných mramorů a křemen-kalcitové žiloviny. Čtrnáct vzorků bylo zpracováno na leštěné výbrusy a mikroskopicky studovány. Minerály určené pouze pod mikroskopem byly křemen, „jaspilit“ a stilpnomelan. Minerály magnetit (martitizovaný), hematit, muskovit, kalcit, zirkon, rutil, apatit-(CaF), titanit, monazit-(Ce) a synchysit-(Ce) byly podloženy WDX analýzou a určeny na základě přepočtu. Ostatní minerály byly také podloženy WDX analýzou, přepočteny a klasifikovány:

- apatit byl na základě obsahu téměř 1 apfu F klasifikován jako apatit-(CaF) ,
- chlorit byl na základě Melkova diagramu (1965) klasifikován převážně jako thuringit; podle Wiewióry a Weisse by tyto chlority spadaly do řady klinochlor-chamositové, do pole chamositu,
- karbonáty dolomit-ankeritové řady byly klasifikovány jako Fe-dolomit – Mg-ankerit, převažujícím typem byl Fe-dolomit,
- turmalín jsem zařadila do skoryl-dravitové řady, ve 3 případech převažovala skorylová složka nad dravitovou, Ve dvou případech převažovala dravitová složka nad skorylovou.

## 10 Literatura

- Barth V. (1959): Geologie soutěsky Rešovských vodopádů v Nížkém Jeseníku. Sbor. Vys. Šk. pedagog. V Olomouci, přír. Vědy, 7, 3, 7-23.
- Bernard J.H., Pouba Z. et al. (1986): Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. ÚÚG v Nakladatelství ČSAV Praha.
- Fojt. B, et al. (2007): Stručná charakteristika železnorudného výskytu Skály u Rýmařova, Nížký Jeseník. Čas. Slez. Muz., 56, 1-22. Opava (A).
- Hulová T. (1999): Geomorfologické poměry povodí Huntavy. Diplomová práce, 64s. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Janoška M. (2001): Nížký Jeseník očima geologa. 64s. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Kleinwachter M., Krejčí O. (1980): Studium minerální paragenese Fe-rud na ložisku u Tvrdkova. Práce SVOČ. PřF UJEP Brno 1980. 34s.
- Melka K. (1965): Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. Věstník ÚÚG, 40, 23-27. Praha.
- Mísař Z. et al (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. SPN Praha.
- Pleiner R. et al. (1984): Dějiny hutnictví železa v Československu 1: Od nejstarších dob do průmyslové revoluce. 296 s. Praha.
- Skácel J. (1966): Železorudná ložiska moravskoslezského devonu. Rozpr. ČSAV, Ř. MPV, 76, seš.11, 3-59. Praha.
- Tomšík J. (1993): Vulkanosedimentární ložiska Fe-rud na severní Moravě a ve Slezsku. In: Přichystal A., Obstová V., Suk M. (eds.): Geologie Moravy a Slezska, 71-78. Moravské muzeum Brno a PřF MU Brno.
- Trdlička Z., Hoffman V. (1976): Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Gangkarbonate von Kutná Hora, ČSSR. -Freib. Forschungsh., C321/1976/, str.29-81.

- 
- Wiewióra A., Weiss Z. (1990): Crystallochemical classifications of phyllosilicates based on the unified system of projection of chemical composition. II. The Chlorite group. *Clay Mineral.* 25, 83-92.
- Zimák J. (1997): Turmalín z křemen-kalcitových žil na výskytu železných rud typu Lahn-Dill u Rešova v Nížkém Jeseníku. *Čas. Slez. Muz., Vědy přír.*, 46, 219-223. Opava.
- Zimák J. (1999): Stilpnomelan z akumulací Fe-rud lahn-dillského typu ve šternbersko-hornobenešovském pruhu a vrbenské skupině. In: Seminář „Současné výzkumy v Sleziku“ u příležitosti životního jubilea prof. B. Fojta. Sborník abstraktů, 29-32. PřF MU Brno.
- Zimák J. (2001): Mineralogie železných rud typu Lahn-Dill na lokalitě „Tvrdkovská leč“ u Tvrdkova ve vrbenské skupině. *Geol. výzk. Mor. Slez.* v r. 2000, 66-68. Brno.
- Zimák J. (2003): Výskyt scheelitu v zelených břidlicích na sulfidickém Pb-Zn-(Ag) ložisku Oskava v Jeseníkách. *Geol. výzk. Mor. Slez.* v r. 2002, 60-61. Brno.
- Zimák J. (2005): Ložiska nerostných surovin. Skripta 104 s. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- Zimák J. (2005): Systematická mineralogie. Skripta 97 s. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.



