

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE



**MINERALOGIE ŽELEZNORUDNÉHO LOŽISKA
SKELNÝ VRCH U RUDOLTIC**

bakalářská práce

Karolína Janků

Environmentální geologie (B1201)
prezenční studium

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

červen 2020

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Karolína Janků

Název práce: Mineralogie železnorudného ložiska Skelný vrch u Rudoltic

Typ práce: bakalářská

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

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

Rok obhajoby práce: 2020

Abstrakt: Práce se zabývá páskovanými železnými rudami na historickém ložisku Skelný vrch u Rudoltic v Hrubém Jeseníku. Je zaměřena na mineralogické složení páskovaných železných rud, metamanganolitů a doprovodných hornin. Ke studiu vzorků získaných z haldového materiálu byl použit optický polarizační mikroskop a WDX analýza. Ke stanovení celkového chemismu rud a hornin byla využita XRF analýza. Získané poznatky jsou srovnány s již publikovanými údaji o páskovaných železných rudách a metamanganolitech v rulách desenské skupiny v širším okolí Sobotína.

Klíčová slova: silezikum, páskované železné rudy, metamanganolit, magnetit, granát.

Počet stran: 62

Počet příloh: 1

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Karolína Janků

Title: Mineralogy of iron ore deposit of Skelný vrch by Rudoltice

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: 2020

Abstract: The work deals with banded iron ores at the historic deposit Skelný vrch Hill near Rudoltice in the Hrubý Jeseník Mts. It focuses on the mineralogical composition of banded iron ores, metamanganolites and accompanying rocks. An optical polarizing microscope and WDX analysis were used to study samples obtained from the dumps. XRF analysis was used to determine the bulk chemistry of ores and rocks. The acquired knowledge is compared with published data on banded iron ores and metamanganolites in gneisses of the Desná Group in the vicinity of Sobotín.

Keywords: Silesicum, banded iron formation, metamanganolite, magnetite, garnet.

Number of pages: 62

Number of appendices: 1

Language: Czech

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. RNDr. Jiřího Zimáka, CSc. Veškerá použitá literatura je řádně citována a uvedena v seznamu literatury.

V Olomouci 2. 6. 2020

.....

Podpis

Poděkování

Především chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc. za odborné vedení, konzultace, cenné rady při zpracování mé bakalářské práce a za poskytnutí vzorků z jeho vlastních sběrů.

Obsah

1. Úvod	1
2. Metody a cíle práce	1
3. Geneze a obecná charakteristika páskovaných železných rud	3
4. Geologická pozice lokality Rudoltice	4
5. Páskované železné rudy v okolí Vernířovic	10
5.1. Variabilita rud	12
5.1.1. Křemen-magnetitové rudy	12
5.1.2. Granát-magnetitové rudy	13
5.1.3. Amfibol-magnetitové rudy	14
5.1.4. Karbonát-magnetitové rudy	14
5.1.5. Sulfidické rudy	14
5.2. Ložisko Skelný vrch v literatuře	15
5.3. Historie sobotínských železáren a těžby železné rudy na Sobotínsku	15
6. Výsledky terénních prací	16
7. Výsledky laboratorního studia	20
7.1. Nerostné složení rudních a horninových vzorků	20
7.1.1. Křemen-magnetitová ruda (QtzMgt)	22
7.1.2. Okatá magnetitová ruda (FsMgt)	27
7.1.3. Rula s magnetitem (GnMgt)	30
7.1.4. Metamanganolit (QtzSps)	31
7.1.5. Rula s pásky metamanganolitu (GnSps)	36
7.1.6. Granátická rula (GnAlm)	37
7.1.7. Rula s pyritem (GnPy)	41
7.2. Poznámky k chemismu minerálů	42
8. Chemismus jednotlivých typů rud a zrudněných hornin	48
9. Diskuze	50
10. Závěr	52
11. Literatura	53

1. Úvod

V období industrializace Moravy sehrály významnou roli železářny v Sobotíně, využívající jako zdroj železa železná ruda, tehdy těžené na mnoha lokalitách v okolí Sobotína a Vernířovic. Zhruba deset těchto lokalit bylo mineralogicky detailně zhodnoceno již v minulosti, pozornost však nikdy nebyla věnována rudám na historickém ložisku Skelný vrch u Rudoltic. Cílem mé bakalářské práce bylo provést mineralogicko-petrografické zhodnocení této lokality. Na základě materiálu získaného z hald se mi podařilo podrobně popsat páskované železné rudy, metamanganolity a je provázející horniny, z nichž byla pozornost věnována hlavně granátické rule, která z této oblasti není uváděna. Moje práce obsahuje řadu nových poznatků o nerostném složení rud a hornin, a také o chemismu některých minerálů.

2. Metody a cíle práce

V první fázi práce jsem provedla literární rešerši, která byla zaměřena na geologii širšího okolí Rudoltic u Sobotína a mineralogii ložisek typu BIF (páskovaná železnorudná formace) jak v desenské skupině, tak na mineralogii a genezi těchto ložisek obecně. Předmětem rešerše dále byla krystalochemie a klasifikaci slíd, chloritů, granátů a spinelidů. Vše dle zadání bakalářské práce. Dále byla provedena rekognoskace terénu v okolí Skelného vrchu, zdokumentován současný stav lokalit včetně fotodokumentace. Z jednotlivých lokalit byly odebrány reprezentativní vzorky železných rud. Společně s dříve nalezenými vzorky panem doc. Zimákem byly předmětem následného výzkumu.

Z vybraných reprezentativních vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy. Ty byly studovány v optickém polarizačním mikroskopu Olympus BX 50, umožňujícího studium preparátů jak v procházejícím, tak odraženém světle. Mikrofotografie byly provedeny na témže mikroskopu, doplněném o kameru Olympus Camedia C-7070.

Chemismus vybraných minerálů byl blíže studován pomocí vlnově disperzní analýzy (WDX) na elektronové mikrosondě Cameca SX100 na pracovišti PEMM PŘF MU Brno (analyzoval: Mgr. P. Gadas, PhD) a současné byly pořízeny snímky ve zpětně odražených elektronech (tzv. BSE snímky). WDX analýzy byly provedeny za těchto podmínek:

Rutil: průměr svazku 2 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: columbit Ivigtut (Fe, Nb), Mn_2SiO_4 (Mn), ZnWO_4 (W), CrTa_2O_6 (Ta), anatas Hardangervida (Ti), wollastonit (Ca), titanit (Si), sanidin (Al), vanadinit (Pb, V), chromit (Cr), cín (Sn), olivín (Mg), ScVO_4 (Sc), zirkon (Zr), gahnit (Zn).

Ilmenit: průměr svazku 2 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: columbit Ivigtut (Fe, Nb), Mn_2SiO_4 (Mn), ZnWO_4 (W), CrTa_2O_6 (Ta), anatas Hardangervida (Ti), wollastonit (Ca), titanit (Si), sanidin (Al), vanadinit (Pb, V), chromit (Cr), cín (Sn), olivín (Mg), ScVO_4 (Sc), zirkon (Zr), gahnit (Zn).

Fylosilikáty (slídy a chlority): průměr svazku 4 μm , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), olivín (Mg), vanadinit (Cl, V), titanit (Ti), baryt (Ba), chromit (Cr), wollastonit (Ca), almandin (Fe), spessartin (Mn), gahnit (Zn), topas (F), SrSO_4 (Sr), Ni_2SiO_4 (Ni), ScVO_4 (Sc).

Apatit: průměr svazku 8 μm , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit A (Na), YAG (Y), andalusit (Si), SrSO_4 (Sr, S), fluorapatit modified (P), PrPO_4 (Pr), wollastonit (Ca), vanadinit (Cl), uranium (U), LaPO_4 (La), CePO_4 (Ce), NdPO_4 (Nd), $\text{CaTh}(\text{PO}_4)_2$ (Th), lammerit (As), almandin (Fe), anatas Hardangervida (Ti), topas (F), Mn_2SiO_4 (Mn).

Živce: průměr svazku 5 μm , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al), ortoklas (K), wollastonit (Ca), almandin (Fe), baryt (Ba), SrSO_4 (Sr), fluoroapatit (P), vanadinit (Pb).

Granáty: průměr svazku 2 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: albit A (Na), sanidin (Si, Al, K), olivín (Mg), titanit (Ti), chromit (Cr), wollastonit (Ca), almandin (Fe), spessartin (Mn), vanadinit (V), gahnit (Zn), topas (F), fluoroapatit (P), YAG (Y).

Spinelidy: průměr svazku 2 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: columbit Ivigtut (Fe), Mn_2SiO_4 (Mn), anatas Hardangervida (Ti), wollastonit (Ca), sanidin (Al), olivín (Mg), titanit (Si), chromit (Cr), gahnit (Zn), vanadinit (V), Ni_2SiO_4 (Ni).

Epidot a allanit: průměr svazku 2 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: albit A (Na), almandin (Fe), spessartin (Mn), NdPO_4 (Nd), PrPO_4 (Pr), LaPO_4 (La), CePO_4 (Ce), anatas Hardangervida (Ti), sanidin (Si, Al), Mg_2SiO_4 (Mg), YAG (Y), SmPO_4 (Sm), fluoroapatit (P), ScVO_4 (Sc), wollastonit (Ca), $\text{CaTh}(\text{PO}_4)_2$ (Th), uranium (U), topas (F), GdPO_4 (Gd), TbPO_4 (Tb), DyPO_4 (Dy), HoPO_4 (Ho), ErPO_4 (Er), zirkon (Zn), EuPO_4 (Eu), TmPO_4 (Tm), YbPO_4 (Yb), LuPO_4 (Lu), vanadinit (Pb).

Titanit: průměr svazku 2 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: albit A (Na), titanit (Si, Ca, Ti), sanidin (Al), zirkon (Zr), olivin (Mg), YGI (Y), Sn (Sn), Columbit_lvigut (Nb), CrTa_2O_6 (Ta), W (W), andradite (Fe), rhodonit (Mn), Bi (Bi), chromit (Cr), topaz (F), $\text{ScP}_5\text{O}_{14}$ (Sc).

Zirkon: průměr svazku 1 μm , 15 keV, 20 nA; použité standardy: titanit (Si, Ti), zirkon (Zr), Hf (Hf), YAG (Y), sanidin (Al), fluoroapatit (P), ThO_2 (Th), U (U), andradite (Fe), rhodonit (Mn), InAs modified (As), topaz (F), Columbit_lvigut (Nb), Bi (Bi), ScVO_4 (Sc), vanadinit (Cl), W (W), YbPO_4 (Yb).

Výsledky jednotlivých analýz (reprezentativních) jsou v tabulkách I až XI v příloze, způsob přepočtu na apfu (=počet atomů na vzorcovou jednotku) je v každé tabulce uveden. Přepočet výsledků WDX analýz byl proveden postupy běžně užívanými v mineralogii (např. Broska a kol. 2012). K přepočtům byl využit program Excel a program FORMULA.

3. Geneze a obecná charakteristika páskovaných železných rud

Páskované železné rudy se řadí mezi chemické sedimenty (Klein 2005, Rasmussen a kol. 2012, Gaucher a kol. 2015, Hagemann a kol. 2016), pro které je typickým znakem střídání pásků s tmavou rudní komponentou a světlou křemennou komponentou, tedy výrazná páskovaná textura. Vznik páskované textury je přisuzován pravidelným změnám chemického složení mořských vod a atmosféry v závislosti na klimatických podmínkách. O základní komponenty, jako je železo, křemík a mangan, mohly být tyto sedimenty obohaceny nejen díky podmořskému vulkanismu, ale i díky hydrotermální aktivitě (Pouba 1970, Klemm 2000, Klein 2005), a mohly pocházet též ze zvětralinového pláště. Sedimentace těchto rud probíhala za anoxických podmínek v hlubokomořském i mělkém prostředí (Klein 2005, Li a kol. 2014a, Gaucher a kol. 2015). Na vzniku páskovaných železných rud se mohly podílet i redukční bakterie, které kromě produkce sideritu a magnetitu regulovaly parametry mořské vody, ve které probíhala sedimentace (Posth 2013, Li a kol. 2014b).

Stratigrafická sekvence výskytu páskovaných železných rud se pohybuje v rozmezí 3,5–1,8 miliard let a 0,8–0,6 miliard let. Výrazně páskované rudy jsou všeobecně starší než 2 miliardy let (např. Klein 2005), zatímco mladší rudy tohoto typu

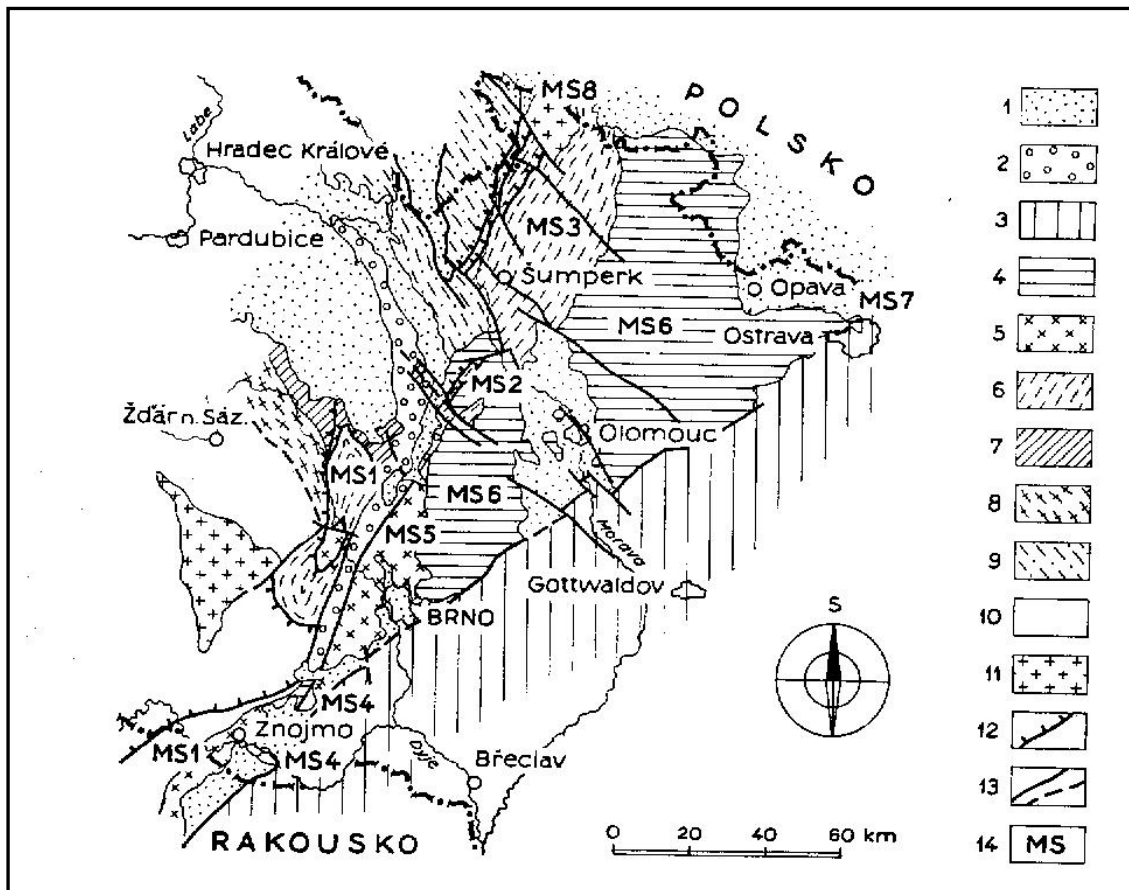
vykazují spíše zrnitou texturu, která je v kombinaci s pásy (Trendallem 2002 in Klein 2005).

Páskované železné rudy se mohou dělit na několik typů a subtypů. Jedním z možných kritérií je rozdělení podle charakteru sedimentace a geotektonického prostředí. Patří mezi ně páskované železné rudy ovlivněné ledovcovým prostředím, z nichž většinu z nich můžeme zařadit do neoproterozoika – jde o tzv. typ Rapitan (Gaucher a kol. 2015). Jejich sedimentace probíhala ve stojatých oceánských pánvích pokrytých ledovým pokryvem za anoxických podmínek (Klein 2005). V těchto horninách se mohou objevovat dropstouny, diamiktity a klasty (Gaucher a kol. 2015). Další skupinu páskovaných železných rud nalézáme v asociaci s vulkanickými horninami (Li a kol. 2014a). Sedimentace těchto rud probíhala v riftovém prostředí nebo v prostředí vulkanického oblouku. Rudy tohoto typu jsou označovány jako typ Algoma. Třetí skupinou jsou páskované železné rudy sedimentující na stabilní kontinentální platformě. Nejznámější z této třetí skupiny je typ Lake Superior (Gaucher a kol. 2015). Neoproterozoické typy mohou obsahovat kromě páskovaných rud i rudy s granulární nebo oolitickou strukturou (Klein 2005).

4. Geologická pozice lokality Rudoltice

Lokalita Rudoltice se nachází v oblasti Hrubého Jeseníku, geologicky řazeného k východní části silezika. Prostor lokality náleží k desenské skupině.

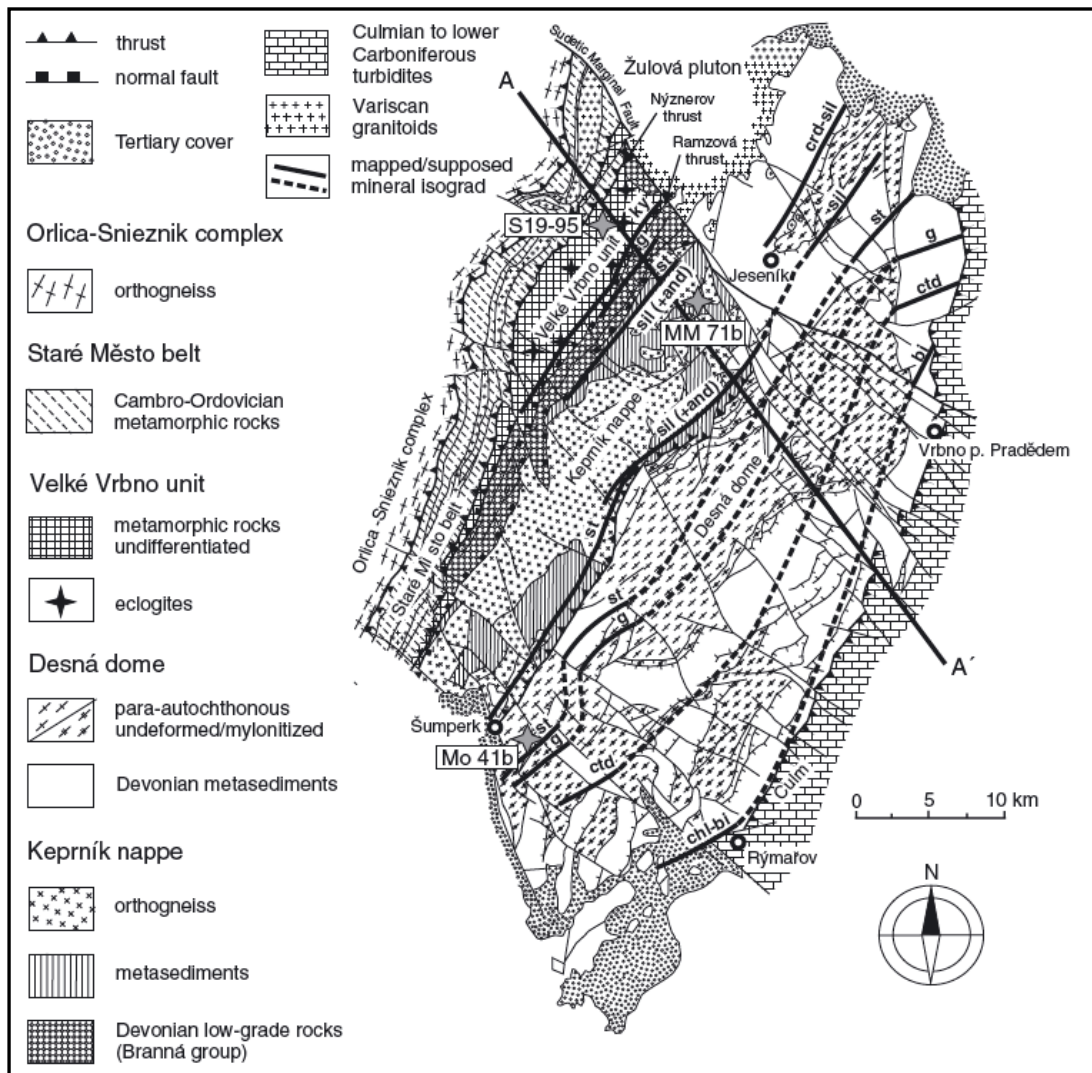
Silezikum náleží k severnímu úseku moravskoslezské oblasti. Moravskoslezská oblast se vynořuje jako více než 300 km dlouhý pás příkrovů metamorfovaných hornin zpod přesunutého okraje moldanubika, lugika a dunajsko-oderského suturového pásma (jak uvádí Cháb a kol. 2008, str. 96 a 97). Na severu se moravskoslezská oblast noří pod platformní formace a pravděpodobně pokračuje až k oderskému hlubinnému zlomu. Na jihu a východě zasahuje moravskoslezská oblast do podloží alpsko-karpatského orogenu. Díky rozdílnému litofaciálnímu vývoji (Mísař a kol. 1983) lze moravskoslezskou oblast podélně rozdělit na tři různé úseky. Nejdelší jižní úsek charakterizují dvě velká tektonická polookna, klenbové struktury dyjská a svratecká. Krátký střední úsek je tvořen nectavským blokem a úzkou vranovsko-svinovskou šupinou. Tyto úseky společně tvoří morávní část pásma. Třetí severní úsek je tvořen metamorfovanými horninami silezika v Hrubém Jeseníku (obr. 1) (Svoboda a kol. 1964, Mísař a kol. 1983 Suess 1912 in Cháb a kol. 2008).



Obr. 1. Základní rozdělení moravskoslezské oblasti na jednotky: 1. platformní formace a neogenní výběžek karpatské předhlubně, 2. permokarbon, 3. okraj karpatské předhlubně, 4. moravskoslezský devon a karbon, 5. brněnský masiv, 6. krystalikum silezika, 7. středočeská oblast, 8. kutnohorsko-svratecká oblast, 9. lugická oblast, 10. moldanubická oblast, 11. granitoidy, 12. přesmyky, nasunutí, 13. zlomy, 14. označení jednotek: MS1 moravikum, MS2 svinovsko-vranovské krystalikum, MS3 silezikum, MS4 krystalikum miroslavské hráště a krhovické krystalikum, MS5 brněnský masiv, MS6 moravskoslezský devon a spodní karbon, MS7 moravskoslezský svrchní karbon, MS8 granitoidy silezika (Mísař a kol. 1983).

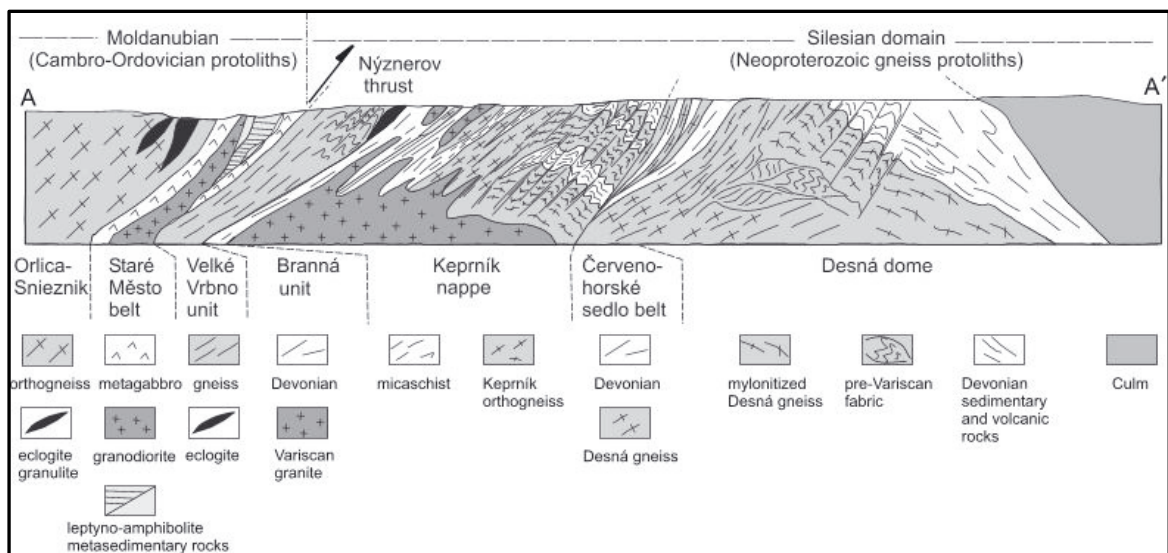
Silezikum je na západě odděleno od lugika ramzovským a nýznerovským nasunutím (Svoboda a kol. 1964, Mísař a kol. 1983). Východní hranicí silezika je v zásadě totožná s rozhraním Hrubého a Nížkého Jeseníku, kde nastává faciální změna ve vývoji moravskoslezského devonu, a přecházejí zde metamorfované horniny do hornin nemetamorfovaných (obr. 2). Severní hranici tvoří zlomy, podle nichž se vytvořila Oderská nížina (Svoboda a kol. 1964). Jižní hranici s moravikem tvoří systém zlomů (Mísař a kol. 1983). Silezikum je oblast s velmi intenzivní deformací a regionální metamorfózou hercynského (variského) stáří (např. Mísař a kol. 1983). Současná morfologie jesenícké oblasti je však způsobena spíše mladší tektonikou než

původní geologickou stavbou pohoří (Svoboda a kol. 1964). Jak uvádí Misař a kol. (1983), „intenzita regionální předhercynské metamorfózy je v celé oblasti silezika (snad až na jižní části) relativně stálá. Zasahuje zřetelně až do staurolitové zóny“. Intenzita hercynské (variské) metamorfózy ve východní části silezika roste od JJV k SSZ od chloritové po sillimanitovou zónu (Souček 1978, Cháb a kol. 1990, Cháb a kol. 2008).



Obr. 2. Geologická mapa silezika (Košuličová a Štípská 2007). Řez podle linie A–A' je na obr. 3.

Geologická stavba silezika je velmi komplikovaná. Jsou dvě zcela rozdílné koncepce: a) starší představa vycházející z existence dvou hlavních kleneb, keprnické a desenské (viz např. Svoboda a kol. 1964, Mísař a kol. 1983), b) příkrovová koncepce, rozpracovaná J. Chábem a jeho spolupracovníky v 80. letech 20. století (Cháb a kol. 1984). Hlavními jednotkami v centrální části silezika jsou keprnická a desenská skupina. Desenskou a keprnickou skupinu odděluje nesouvislý pruh devonských hornin Červenohorského sedla (Cháb a kol. 2008, Svoboda a kol. 1964), který vznikl tektonickým spojením hornin keprnické a desenské skupiny (Mísař a kol. 1983). Na východní okraj desenské skupiny navazuje vrbenská skupina devonského stáří (obr. 3).



Obr. 3. Geologický řez silezikiem zobrazující stavbu a litologii jednotlivých jednotek a hlavní tektonické hranice (Košuličová a Štípská 2007).

Desenská skupina je řazena k horninám algonkia, a to pro podobnosti s algonkickými horninami středočeské a západočeské oblasti (Svoboda a kol. 1964). Je tvořena předdevonskými krystalickými břidlicemi, které zahrnují migmatity, ruly, svory a fylony (obr. 4). Tento komplex metamorfitů se označuje jako „jádro desenské klenby“. Převládajícími horninami jsou ovšem monotónní biotitické a dvojslídne slabě migmatitizované ruly, prokládané místy pestřejšími vložkami (Mísař a kol. 1983). Nejsvrchnější část jádra je postižena intenzivními retrográdními pochody, které se vyznačují chloritizací a sericitizací (např. Pouba a kol. 1962). Obal „desenské klenby“ v původním pojetí tvoří devonské horniny, které tvoří souvislý lem kolem jádra

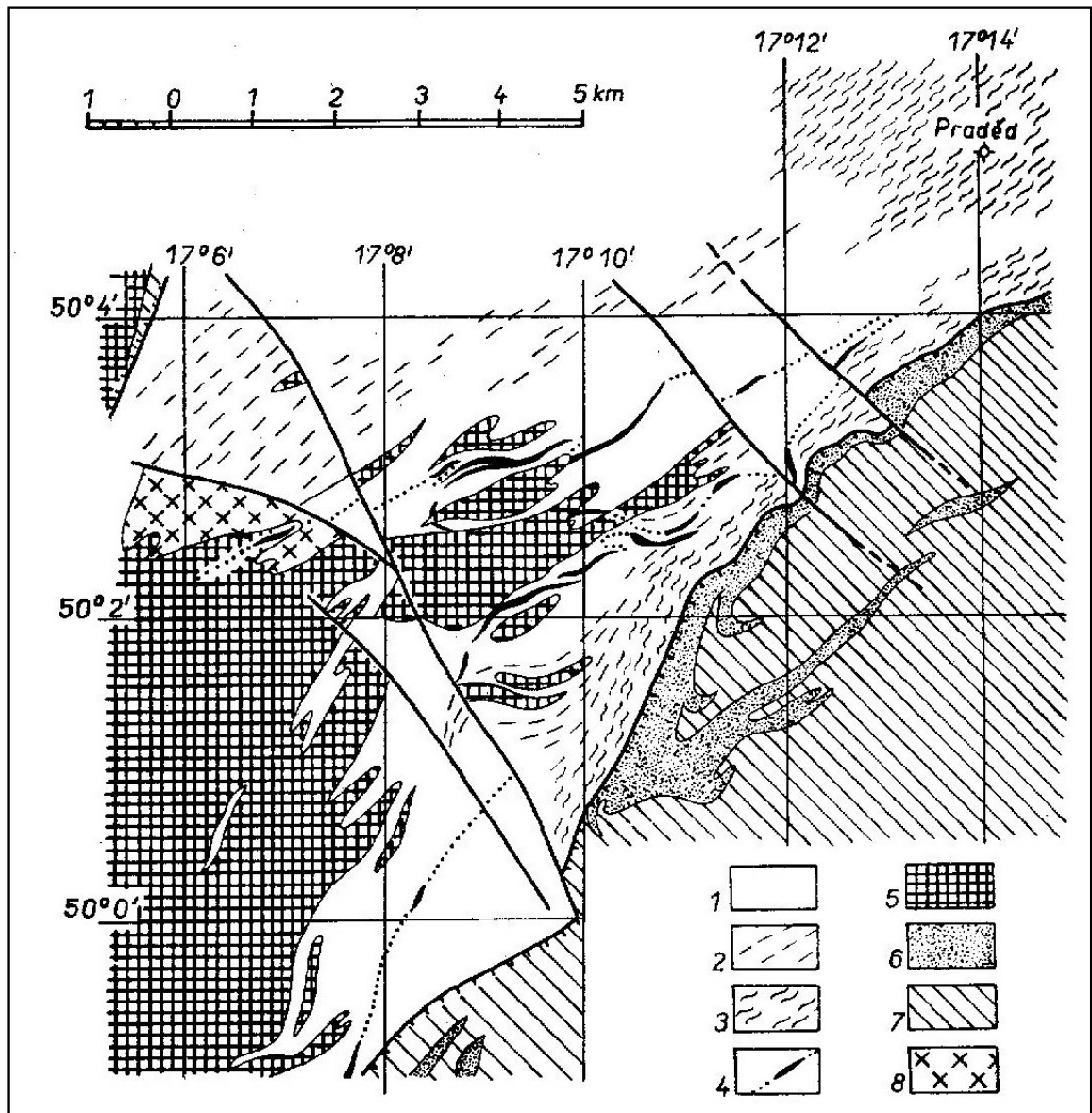
na východní straně (Pouba a kol. 1962, Svoboda a kol. 1964), jde o již zmíněnou vrbenskou skupinu.

Běžným zástupcem rul v desenské skupině jsou tzv. desenské pararuly. Jedná se o komplex biotitických plagioklasových rul (Svoboda a kol. 1964). Kromě těchto rul můžeme nalézt v oblasti desenské skupiny páskované magnetitové ruly (Pouba 1970), v nichž se střídají polohy pásků křemene a magnetitu. Tento typ rud byl označen Poubou (1970) jako typ Sydvaranger. Páskované magnetitové rudy budou podrobněji probrány v následujících kapitolách.

Součástí desenské skupiny je sobotínský masiv (obr. 4). Sobotínský masiv je tvořen pestrým souborem metamorfovaných bazických a intermediárních hornin (převážně šlo o gabra a diority). Podle chemického složení bazik náleží tento masiv do skupiny oceánských tholeiitických bazaltů. Nejvíce jsou v sobotínském masivu zastoupeny středně zrnité až hrubozrnné amfibolity, gabroamfibolity, amfibolické ruly a metadiority. Součástí tělesa jsou i „ultrabazické členy“, a to např. hornblendity, chloriticko-mastkové břidlice a mastkové břidlice (Pouba a kol. 1962, Svoboda a kol. 1964, Mísař a kol. 1983).

Vrbenská skupina je komplex epizonálně až mezozonálně metamorfovaných vrstev spodního a středního devonu (Pouba a kol. 1962, Souček 1978), které jsou tvořeny hlavně kvarcity, fylity, mramory, metabazity a metamorfovanými keratofyrovými horninami (Pouba a kol. 1962, Svoboda a kol. 1964, Mísař a kol. 1983, Cháb a kol. 2008). Nejstaršími horninami vrbenské skupiny jsou pravděpodobně slepence a pískovce, jelikož jsou v současné době na bázi celého souvrství nejčastěji nacházeny metamorfované slepence a kvarcity (tzv. drakovské kvarcity). Nad nimi je vrstva tmavě šedých až černých fylitů, které odpovídají původním jílovým nebo siltovým břidlicím (obr. 4). Ve svrchní části fylitického souvrství je komplex vulkanitů, s kterým bývají spjaty polohy ložisek železných rud tzv. submarinně exhalačního typu (typ Lahn-Dill) (Pouba a kol. 1962, Svoboda a kol. 1964, Mísař a kol. 1983). V rámci silezika jsou sedimentární horniny vrbenské skupiny nejstaršími paleontologicky datovatelnými horninami (Svoboda a kol. 1964). Její stáří je doloženo fosiliemi, které se vyskytují v kvarcitech téměř až po sillimanitovou izográdu (Chlupáč 1989 in Cháb a kol. 2008). Pro zařazení vrbenské skupiny byly brány v potaz tyto zkameněliny: *Spirifer macropterus*, *Homalonotus crassicauala*, *Grammysia hamiltonensis* (Svoboda a kol. 1964). V kvarcitech vrbenské skupiny se hojně nacházejí i ichnofosilie.

Podloží vrbenské skupiny je téměř všude tvořeno chloritizovanými desenskými rulami, které jsou vyvinuty v různých faciích (Pouba a kol. 1962).

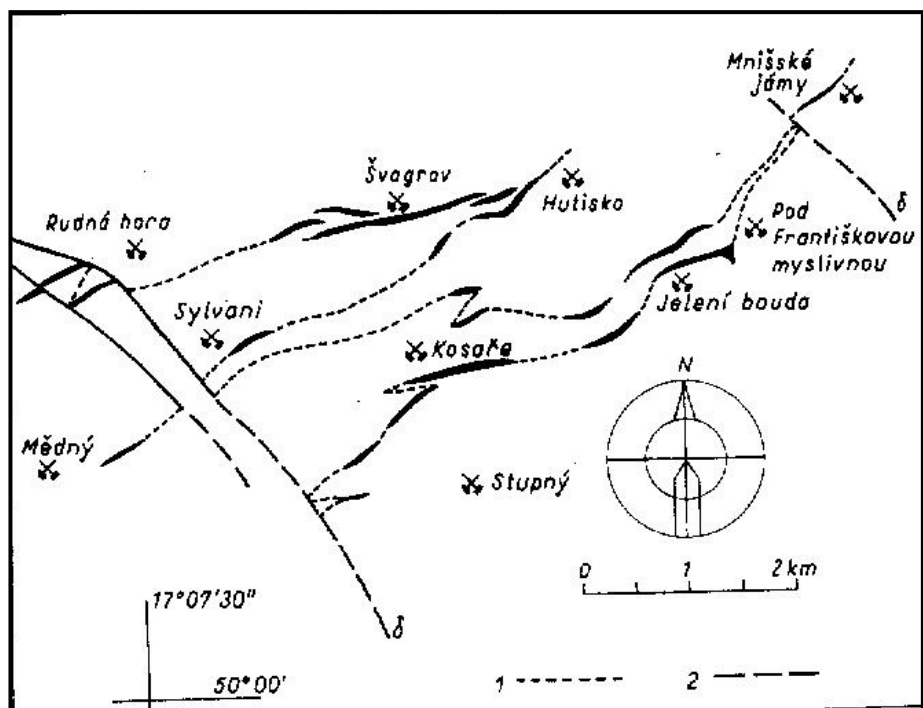


Obr. 4. Geologická skica v. části jádra a z. části obalu desenské klenby jv. od Pradědu. 1. desenské biotitické ruly, 2. migmatity a migmatitizované ruly, 3. chloritizované desenské ruly a migmatity, 4. ložiska páskovaných magnetitových rud, 5. horniny sobotínského amfibolitového masivu, 6. vrbenské kvarcicity, 7. vrbenské fylity, 8. žula Rudné. Zdroj: Svoboda a kol. (1964).

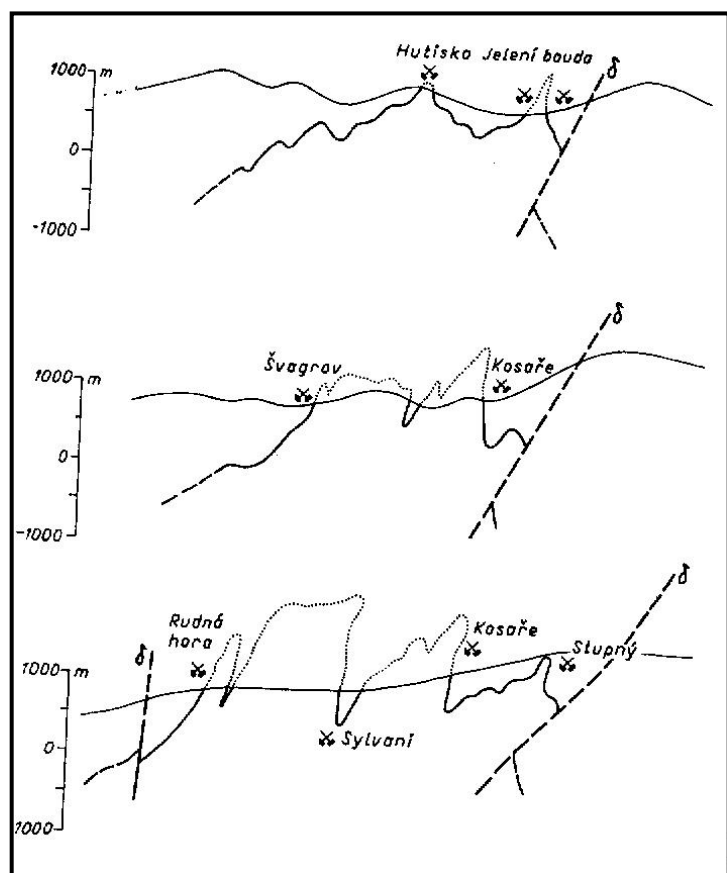
5. Páskované železné rudy v okolí Vernířovic

Jedním z prvních autorů, který popsal a jako první podrobně rozlišil strukturu páskovaných železných rud v okolí Vernířovic, byl Sellner (1930), který tyto rudy řadí ke krystalinickému jádru tzv. desenské klenby (Pouba 1970). Pouba (1970) řadí tyto rudy k typu Sydvaranger. Tento typ je pojmenován podle ložiska metamorfovaných železných rud, ležící nedaleko Kirkenes v Norsku. Odlišnost těchto rud je především v mocnosti rudního horizontu a v množství rudních zásob (Pouba 1970). Mücke a Losos (2000, 2007) zařazují páskované železné rudy, vzhledem k současné terminologii, k typu Algoma, přirovnávají je však k nově vyčleňovanému typu Itakpe.

Páskované železné rudy vytváří zvrásněný horizont v biotitických rulách desenské skupiny (obr. 5, Pouba 1970). Po rozvinutí této vrásové struktury by délka rudního horizontu činila cca 25 km (Bernard a Pouba a kol. 1986, Bernard 1991). V jednotlivých segmentech tohoto rudního horizontu byla těžena dílčí ložiska. K nejzápadnějším ložiskům patří rudní akumulace na Rudné hoře. Tato ložiska jsou oddělena systémem zlomů od východněji ležících ložisek Švagrov a Hutisko (např. Pouba 1970). Na ložiskách Rudná hora, Švagrov a Sylvani jsou rudní polohy protínány apofýzami bazických hornin sobotínského masivu. Na jejich kontaktu došlo k rekrystalizaci a obohacení rud, což je patrné nejvíce na ložisku Sylvani (železná ruda bohatá na Fe i Al_2O_3). Další ložiska, na kterých se nacházejí velmi kyselé rudy, vcelku chudé na magnetit (obsah Fe kolem 25–40 %) jsou u Františkovy myslivny a na lokalitě Mnišské jámy. Další segmenty rudního horizontu se nacházejí jv. od Mnišských jam, a to konkrétně Jelení hřbet (Jelení bouda na obr. 5) a Kosaře (Bernard a Pouba a kol. 1986, Bernard 1991). Nejuvzdálenější ze segmentů je dle Pouby (1970) ložisko Stupný, kde se rudní horizont pokračuje až za klepáčovský zlom směrem k Rudolticím.



Obr. 5. Průběh železnorudného horizontu desenskými rulami v severním okolí Sobotína (Pouba 1970).



Obr. 6. Profil rudních horizontů rulami desenské skupiny (Pouba 1970).

Mocnost jednotlivých rudních segmentů se pohybuje od 100 m do 300 m (Pouba 1970, Bernard 1991). Pouba (1970) uvádí, že tyto rudní segmenty jsou zřejmě sekundárním fenoménem způsobeným tektonikou (obr. 6). Ovšem nevyvrací možnost, že by toto rozdělení rudních segmentů mohlo proběhnout primárně. Detailně viditelná rudní vrásová struktura byla zevidována při důlních pracích v oblasti Švagrova a Hutiska, v důlním překopu na Švagrově byla nalezena téměř ve vertikální poloze a na ložisku Hutisko se rudní vrásová struktura ve vrcholu antiklinály natáčí do horizontální polohy a překocuje se východním směrem se strmým sklonem 70–75° k východu (Pouba 1970).

5.1. Variabilita rud

Mücke a Losos (2000, 2007) považují rudniny na většině lokalit za heterogenní, složené ze dvou typů protolitů. Prvním dominantním typem jsou páskované křemen-magnetitové rudy nebo masivní rudy, které se běžně vyskytují na lokalitách v okolí Vernířovic. Druhým typem jsou Mn-rudniny s křemenem, převážně bez magnetitu, které se nachází v haldách ložisek Zadní Hutisko a Švagrov. Tyto rudniny citování autoři přiřazují k tzv. „gonditům“ (silikátové facii páskované železnorudné formace). Pouba (1970) označuje páskované magnetitové rudy desenské skupiny silezika jako páskovaný magnetitový kvarcit vzhledem k nízkému obsahu magnetitu (20–45 hm. %). Výše zmiňovaný autor rozlišuje rudy dle minerální asociace na křemen-magnetitové, granát-magnetitové, amfibol-magnetitové, karbonát-magnetitové a sulfidické.

5.1.1. Křemen-magnetitové rudy

Stavba tohoto typu se vyznačuje střídáním tmavých magnetitových pásků a světlých křemenných pásků (Pouba 1970). Tento rudní typ byl popsán mnoha autory na různých ložiskách v okolí Vernířovic (např. Zimák 2001, Losos a Princová 2002, Zimák 2002a, 2002b, Zimák a Fojt 2002, Kopa a Fojt 2003, Zimák a Novotný 2009, Iršová a Zimák 2012, Kropáč 2012). Dle popisu Pouby (1970) se v rámci křemenných pásků může vyskytovat i plagioklas a akcesoricky biotit, granát, amfibol, pyroxen, kalcit, klinozoisit, chlorit, apatit, titanit a rutil. Pásky magnetitu mají strukturu granoblastickou, případně lepidogranoblastickou nebo nematogranoblastickou vzhledem k obsahu chloritu (biotitu) nebo amfibolu. Křemen se na jednotlivých lokalitách a v jednotlivých rudních vzorcích může vyskytovat v proměnlivém množství

(Mücke a Losos 2000). Mücke a Losos (2000) zmiňují ve své práci předpoklad, že nevýznamná část křemene v rudninách by mohla být primární. Také tvrdí, že hlavní masa křemene je druhotného původu. Podle citovaných autorů při metamorfóze došlo k silicifikaci, při níž byly působením roztoků, pronikajících podél foliačních ploch zatlačovány původní horninotvorné minerály.

5.1.2. Granát-magnetitové rudy

Tento typ rud (v jiných literaturách popisován jako granátovec či metamnganolit) Mücke a Losos (2000) popisují jako Mn-bohaté rudniny bez magnetitu blízké gonditům, které zdokumentovali na ložiskách Zadní Hutisko a Švagrov. Tyto rudy mají vysoký obsah makroskopicky zřetelného granátu, který se zde nachází v podobě růžových pásků. V případě Pouby (1970) je tento typ horniny popisován jako křemen-granátická ruda s nízkým nebo žádným obsahem magnetitu a vysokým podílem spessartinové komponenty. Vrstvičky křemene se střídají s pásy granátu, popř. také pásy magnetitu a podíl ostatních komponent (biotitu, chloritu nebo amfibolu) v rámci jednotlivých poloh kolísá. Na lokalitě Zadní Hutisko byly nalezeny fragmenty výše popisované křemen-granátické rudy Zimákem a Fojtem (2002). Granátové pásy v této hornině o mocnosti do 2 cm mají nápadně růžovou barvu a granát je provázen křemenem, v menším množství biotitem a amfibolem, místy se vyskytuje také epidot. Další záznamy o těchto horninách pochází z literatury Buriánek a Kropáč (2009), kdy tyto horniny popisují z ložisek Jelení hřbet a Zadní Hutisko. Popis těchto hornin je následující: „Mají vždy dobře vyvinutou, makroskopicky zřetelnou, páskovanou texturu. Pásy růžovohnědých granátů se střídají s pásy šedého křemene, popřípadě s pásy tmavých rudních komponent“. Z lokality Mísečky u Vernířovic jsou autory Zimákem a Novotným (2009) popsány metamanganolity dvou odlišných paragenetických typů. První z typů, typ A, je běžný typ doprovázející BIF rudy, již výše popsány. Byl nalezen i na lokalitách Zadní Hutisko, Jelení hřbet a Kosaře. Druhý typ, typ B, je tvořený z izometrických zrn granátů, který je zastoupen v menším množství než v předchozím typu. Dále obsahuje křemen, místy chlorit i muskovit. Tento typ je znám pouze z lokalit Pod Břidličnou a Jelení hřbet. Podrobnou charakteristiku granátovců v této oblasti lze najít v pracech Žák (1973), Zimák a Reif (1991), Novotný a Zimák (1998), Žáček (2000), Buriánek a Kropáč (2009), Zimákem a Novotným (2009), Kropáč (2012).

5.1.3. Amfibol-magnetitové rudy

Pouba (1970) rozčleňuje tyto rudy na dva typy: na páskovanou rudu se zřetelnou primární sedimentární stavbou a na masivní rudu vzniklou mobilizací rudy v místech mladších bazických intruzí. Jelikož se amfibol často nachází v asociaci s karbonáty, tak je dle Pouby (1970) pravděpodobné, že jeho původ souvisí s primárním složením rud. Mücke a Losos (2000, 2007) rozdělili minerální parageneze magnetitových rud na paragenez s dominantním amfibolem a parageneze bez amfibolu. Výskyty s podstatným zastoupením amfibolu, na lokalitách jako jsou Sylvania a Rudná hora, sestávají často pouze z amfibolu s magnetitem. Rudy s dominantním množstvím amfibolu byly dále zjištěny na lokalitách Zadní Hutisko, Švagrov a Kosaře. Amfibol není uváděn v magnetitových rudách z Břidličné, Mnišských jam a Kyzového dolu.

5.1.4. Karbonát-magnetitové rudy

Dle Mückeho a Lososa (2000, 2007) je v křemen-magnetitových páskovaných rudách desenské skupiny karbonát pravidelnou komponentou, zastoupený výlučně kalcitem. Facie karbonátových rud je charakteristická malým množstvím magnetitu nebo je celý rudní horizont transformován do karbonátové vrstvy, což bylo zaznamenáno v průzkumné štolě na ložisku Švagrov. Dalšími minerály karbonát-magnetitových rud mohou být křemen, aktinolit a epidot. Magnetit v těchto horninách se koncentruje do šmouh a páskovaná textura těchto rud je tedy často potlačena. Tento rudní typ se objevuje hlavně pod Františkovou myslivnou (Pouba 1970).

5.1.5. Sulfidické rudy

Pouba (1970) považuje pyritové koncentrace za projev faciální změny oxidických Fe-rud v rudy sulfidické. Uvádí, že sulfidické rudy tvoří jeden až dva horizonty v rulách. Pouba (1954) se dále zmiňuje o dvou drobných pyritových impregnacích provázejících páskované železné rudy mezi Františkovou myslivnou a Mnišskými jámami, mezi Františkovou myslivnou a údolím Merty.

5.2. Ložisko Skelný vrch v literatuře

Skelný vrch se nachází jiv od Rudoltic (Skácel a kol. 1968). Průzkumné práce zde hodnotí Skácel (1954, 1955), stručné shrnutí podává Skácel a kol. (1968). Dle Skácela (1954) je vrchol Skelného vrchu tvořen amfibolitem, na sv. našel rohovcovité ruly a křemité břidlice se sericitem, místy s chloritem. Na sv. svahu Skelného vrchu našel a popsal páskované magnetitové rudy, které podle jeho tvrzení dokazují sedimentárně-metamorfní původ hornin. Nesouvislost pruhů hornin z dané lokality vysvětluje příčnou zlomovou poruchou směru SZ-JV. Průzkumné práce se na této lokalitě nekonaly (Skácel a kol. 1968). Podrobnější mineralogický nebo petrografický výzkum na tomto ložisku nebyl nikdy prováděn, ve všech pracech zabývajících je ložisky typu BIF v desenské skupině je opomíjeno.

5.3. Historie sobotínských železáren a těžby železné rudy na Sobotínsku

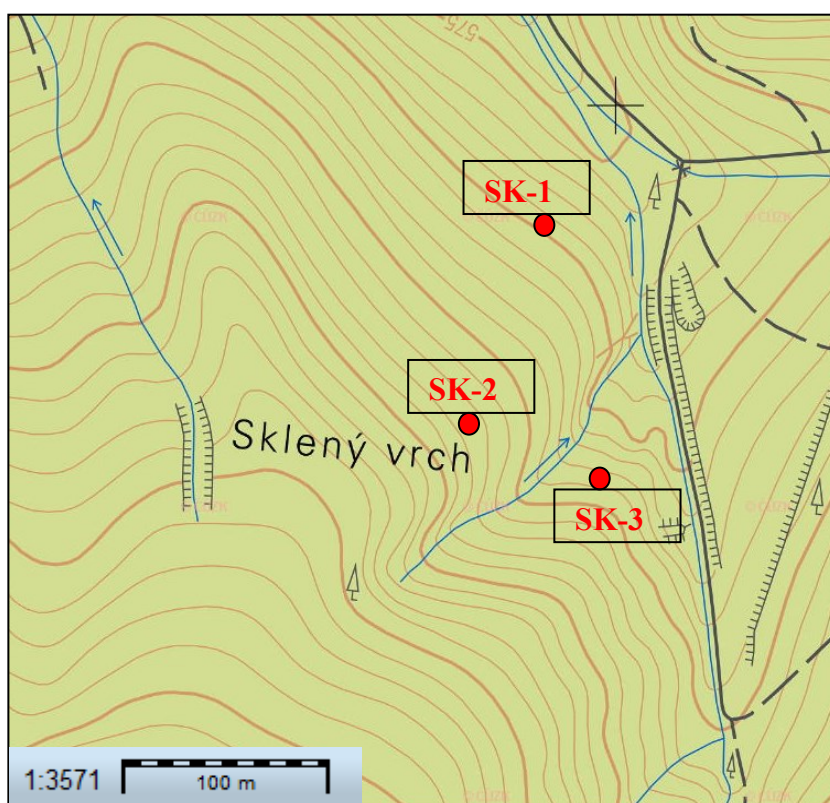
Počátky těžby železné rudy na Sobotínsku jsou odhadovány na začátek 13. století. Zprávy o tzv. „dolech ve vernířovickém pohoří“ jsou uváděny již v roce 1467. Konkrétně z obce Rudoltice je známa pečeť z roku 1651, která na sobě nese hornické emblémy. Intenzivnější dolování železa je možné datovat až z konce 17. století (Skácel a kol. 1968). Když bratři Kleinové koupili vízemborské panství v roce 1844 pro vlastní výrobu železa (Gába a Tempírová-Kotrlá 2000), mnoho zdrojů železné rudy na Sobotínsku již bylo vyčerpáno. Kolem roku 1885 těžba železné rudy na Sobotínsku upadla (Skácel a kol. 1968, Gába a Tempírová-Kotrlá 2000).

Bratři Kleinové byli v minulosti velkým přínosem pro rozvoj silnic a železnic na území Rakousko-uherské monarchie (Gába a Tempírová-Kotrlá 2000). Jejich firmy však vyráběly také mosty, věnovaly se úpravám parků i vodním stavbám. Všechna šest bratrů se významným dílem, ať už větším či menším, podílelo na rozvoji tohoto průmyslu. Nejúspěšnější byl třetí z bratrů, Franz Klein. Díky nevšedním podnikatelským schopnostem vedl mnoho úspěšných projektů. V Brně si nechal postavit svůj palác, dosud známý jako Kleinův palác. V jeho úspěšné práci pak dokonce pokračoval i jeho syn. Jak uvádí Gába a Tempírová-Kotrlá (2000), mezi jejich práce patřila např. Šumperská silnice z Opavy přes Šumperk na české hranice v Červenovodském sedle, olomoucko-pražská železniční dráha, řetězový most přes

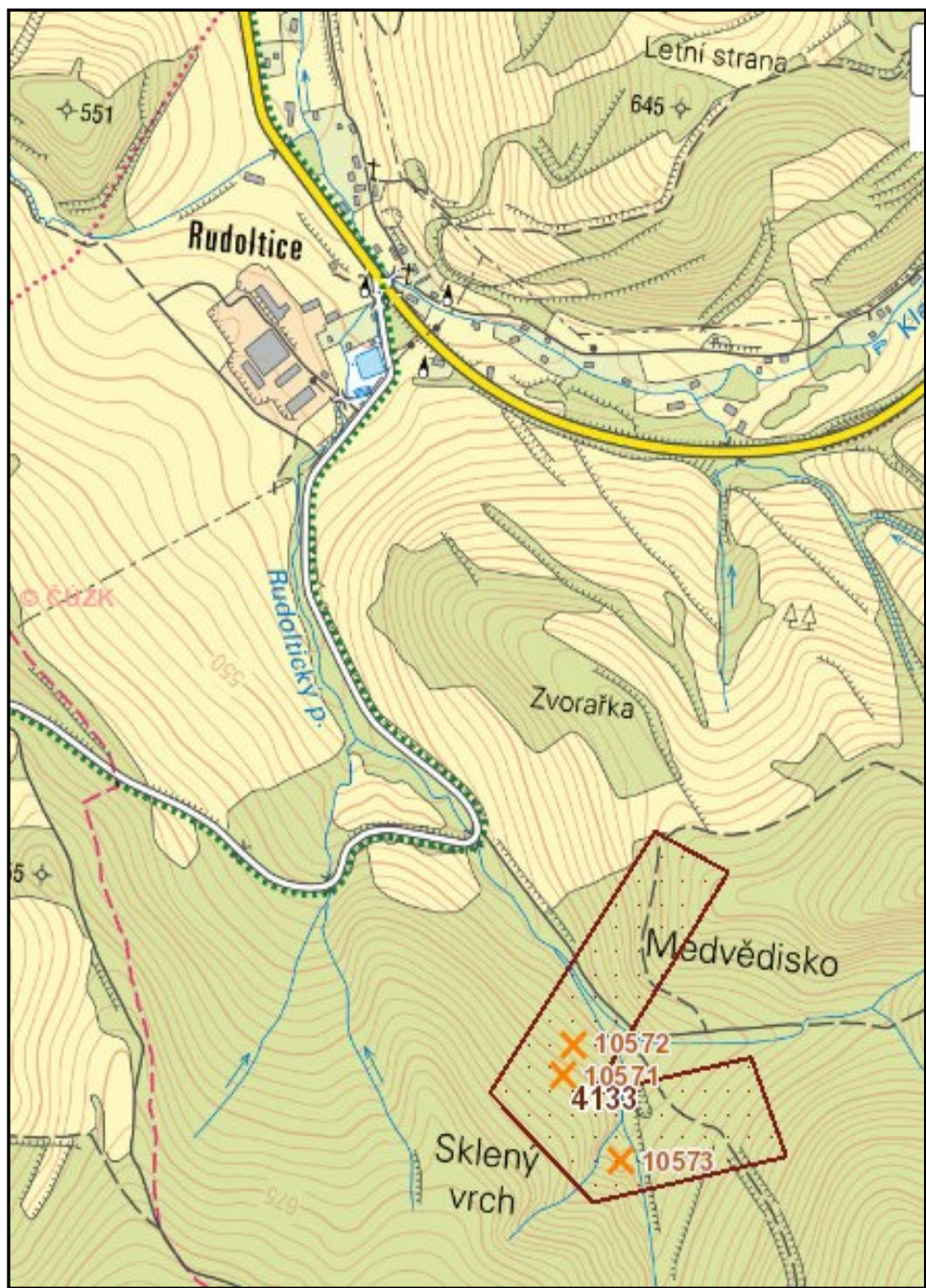
Ostravici v Ostravě a spoustu dalších staveb, které vydržely léta. Mezi stavby, které vydržely dodnes, patří, kromě zmíněného Kleinova paláce, most přes Moravu u Rudy nad Moravou, silniční mosty přes Opavu v Krnově, zámky a zámecké parky v Loučné nad Desnou a v Sobotíně (Gába a Tempírová-Kotrlá 2000).

6. Výsledky terénních prací

V rámci terénních prací v červenci 2018 bylo v prostoru lokality zjištěno zavalené ústí staré štoly a byly nalezeny staré dobývky a haldy (obr. 7), z nichž byl odebrán materiál k laboratornímu výzkumu. Stará důlní díla jsou vyznačena na obr. 8. Poloha jednotlivých objektů byla zaměřena pomocí GPS. Charakteristika nalezených pozůstatků po těžbě rud je uvedena v následujících odstavcích.



Obr. 7. Zaznačení jednotlivých navštívených lokalit páskovaných železných rud na Skelném vrchu. Skelný vrch - spodní štola (SK-1), Skelný vrch – velká dobývka (SK-2), Skelný vrch – velká jáma nad potokem (SK-3). Zpracováno za použití topografické mapy v měřítku 1:10 000.



Obr. 8. Zaznačení důlních děl v okolí Skelného vrchu. Zdroj: Česká geologická služba – důlní díla a poddolování (https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/).

Spodní štola (49°58'35,6''N 17°06'33,8''E, označení SD podle ČGS: 10571)

Na této lokalitě se nachází zavalené ústí štoly (obr. 9), v současnosti bez vyzmáhání již nepřístupné. Halda, již lze u ústí štoly očekávat, zde již není. Na této lokalitě proto nebyl nalezen žádný rudní vzorek.



Obr. 9. Rudoltice - Skelný vrch, zavalené ústí spodní štoly (SK-1). Foto: Karolína Janků, červen 2018.

Velká dobývka (49°58'29,4''N 17°06'31,8''E)

Lokalita se nachází přibližně 120 m jihozápadním směrem od spodní štoly. V prostoru jsou dvě haldy porostlé lesem, ale i přesto v terénu velmi dobře zřetelné (obr. 10). Jen s obtížemi zde bylo možno získat kvalitní rudní vzorky, ale i tak je tato lokalita v rámci studovaného výskytu na rudní materiál nejbohatší. Kromě fragmentů železných rud zde byly nalezeny vzorky amfibolitů, desenské ruly a pegmatitů.



Obr. 10. Rudoltice - Skelný vrch, velká dobývka (SK-2). Foto: Karolína Janků, červen 2018.

Velká jáma nad potokem (49°58'28,0''N 17°06'37,7''E)

Jde o velkou dobývkou ve svahu, pod níž je zřetelná halda, která je pokryta lesním porostem (obr. 11). Nachází se 100 m jihovýchodním směrem od velké dobývky. Horninový materiál na haldě má obdobný charakter jako v případě velké dobývky, množství rudních fragmentů je zcela nepatrné.



Obr. 11. Rudoltice – Skelný vrch, velká jáma nad potokem (SK-3). Foto: Karolína Janků, červen 2018.

7. Výsledky laboratorního studia

7.1. Nerostné složení rudních a horninových vzorků

Makroskopická charakteristika studovaných vzorků je uvedena ve zjednodušené formě v tab. 1. Na základě nerostného složení lze v souboru studovaných vzorků rozlišit sedm typů rud a zrudněných hornin. K nejvíce zastoupeným typům patří křemenmagnetitová ruda (QtzMgt) a granátická rula (GnAlm). Dále se zde objevují vzorky metamanganolitů (QtzSps) a rul s pásy metamanganolitu (GnSps). Okatá magnetitová ruda (FsMgt), rula s magnetitem (GnMgt) a rula s vtroušeninami pyritu (GnPy) patří k méně běžným typům.

Vzorky	Typ	Popis vzorku								
SKV-1	GnAlm	Typ granátické skvrnitě rudy s velmi nízkým obsahem magnetitu.								
SKV-2	FsMgt	Hustě vtroušeninová magnetitová ruda. Na okrajích viditelný lem živcových čoček. Drobný výskyt granátů.								
SKV-3	GnSps	Hustě vtroušeninová magnetitová ruda s viditelným granátovým páskem a lemem živcových čoček.								
SKV-4	QtzMgt	Magnetitová ruda s viditelným leme křemen-živcových čoček bez granátů.								
SKV-5	GnAlm	Skvrnitá ruda velmi chudá na magnetit.								
SKV-6	GnMgt	Skvrnitá ruda extrémně chudá na magnetit.								
SKV-7	QtzMgt	Bohatá železná ruda s velmi výrazným páskováním.								
SKV-8		Velmi chudá magnetitová ruda s viditelným lemem čoček živců.								
SKV-9	GnAlm	Typ skvrnitě rudy s viditelnými čočkami granátu almandinového typu.								
SKV-10	GnAlm	Velmi chudá, skvrnitá železná ruda.								
SKV-11	GnAlm	Typ skvrnitě rudy s velmi malým obsahem magnetitu a granátu.								
SKV-12		Páskovaná ruda velmi chudá na magnetit.								
SKV-13		Ruda s křemen-živcovými čočkami a výskytem alpské žilky.								
SKV-14		Ruda s lemem živcových čoček a drobným výskytem magnetitových pásků.								
SKV-15	GnAlm	Typ skvrnitě rudy s velmi nízkým obsahem železitých minerálů.								
SKV-16	QtzSps	Metamanganolit s velkým obsahem granátů.								
SKV-17		Ruda s viditelnou alpskou žilkou.								
SKV-18	QtzMgt	Slabě páskovaná ruda s vyšším obsahem železitých minerálů.								
SKV-19	QtzMgt	Slabě páskovaná železná ruda.								
SKV-20	QtzMgt	Ruda slabě páskovaná s velkým obsahem železitých minerálů.								
SKV-21	QtzMgt	Slabě páskovaná železná ruda.								
SKV-22	QtzMgt	Hustě vtroušeninová magnetitová ruda obsahující lem živcových čoček.								
SKV-23		Ruda obsahující alpskou žilku a drobný podíl živcových čoček.								
SKV-24	GnAlm	Hornina rulového vzhledu s granátem.								
SKV-25	GnPy	Rula obsahující pyrit.								
SKV-26	QtzSps	Hustě vtroušeninová magnetitová ruda obsahující lem živcových čoček a viditelný pás manganových granátů.								
SKV-27		Skvrnitá ruda velmi chudá na železité minerály.								

Tabulka 1. Zjednodušený makroskopický popis studovaných vzorků.

Podrobná charakteristika jednotlivých typů rud a zrudněných hornin založená zejména na hodnocení výbrusů v procházejícím světle v kombinaci s poznatky získanými při pozorování ve zpětně odražených elektronech je uvedena v následujících statích.

7.1.1. Křemen-magnetitová ruda (QtzMgt)

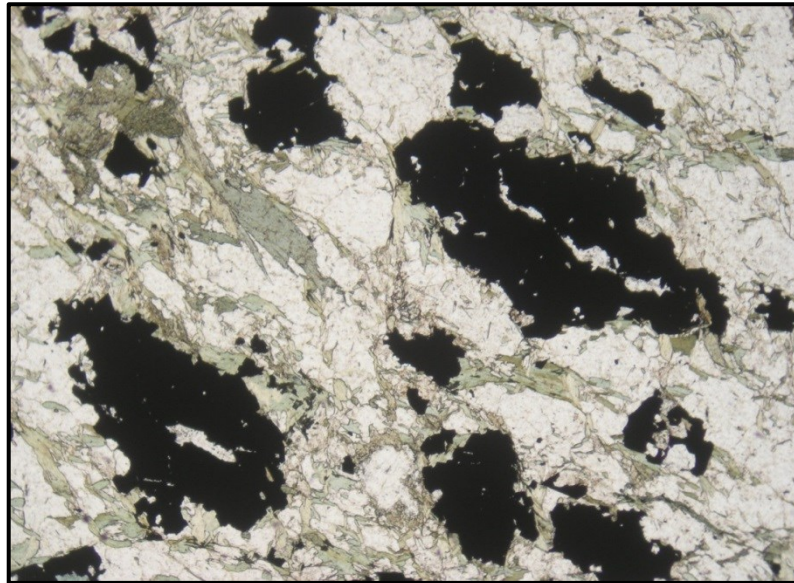
Křemen- magnetitové rudy mají jen někdy výraznou páskovanou texturu, střídají se v nich téměř černé pásy tvořené magnetitem (mocnost maximálně 2 mm) a mohutnější pásy s dominancí křemene. Častěji je textura křemen-magnetitových rud jen šmouhovitá, magnetit v nich tvoří drobné nepravidelné agregáty, jejichž protažení je souhlasné s plošně paralelní texturou horniny, která se makroskopicky velmi podobá kvarcitu.



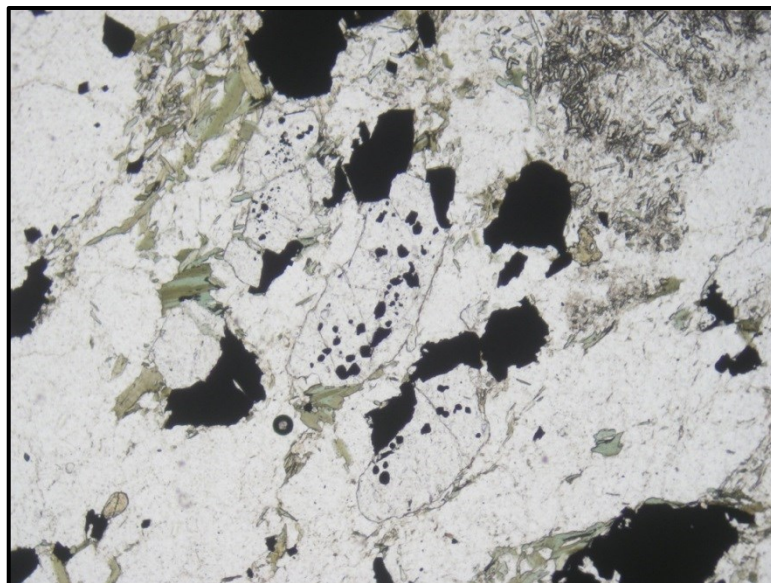
Obr. 12. Chudá křemen-magnetitová ruda. Vzorek SKV-19, typ QtzMgt. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 3 mm.

Hlavním rudním minerálem přítomným v rudních páscích nebo šmouhách je magnetit. Tvoří v nich převážně xenomorfní zrna nebo spíše anizometrické agregáty protažené souhlasně s foliací (obr. 12). Velikost těchto agregátů v relativně chudých rudách dosahuje až 1,5 mm (obr. 13), nebo tvoří neprůběžné pásy o mocnosti až 2 mm. V některých rudních vzorcích byl magnetit zjištěn v podobě drobných automorfních průřezů (až 0,1 mm), uspořádaných do linií. Součástí magnetitových pásků je křemen v podobě xenomorfních zrn (max 0,5 mm), vykazujících undulózní zhášení. Dále je v nich přítomen biotit, z části chloritizovaný, alterovaný živec (v případě zrn méně postižených alterací je zřejmé, že jde o polysynteticky lamelovaný plagioklas), apatit v podobě hojných zaoblených zrn o velikosti až 0,5 mm, epidot a allanit. Apatit někdy obsahuje drobné, avšak velmi hojné inkluze magnetitu (obr. 14). V některých vzorcích byl v těchto páscích zjištěn i relativně hojný amfibol (SKV-4, obr. 13), tvořící

nedokonale omezená prizmatická idividu a o délce do 0,5 mm s výrazným pleochroismem (jemně nažloutlý až modravě zelený).

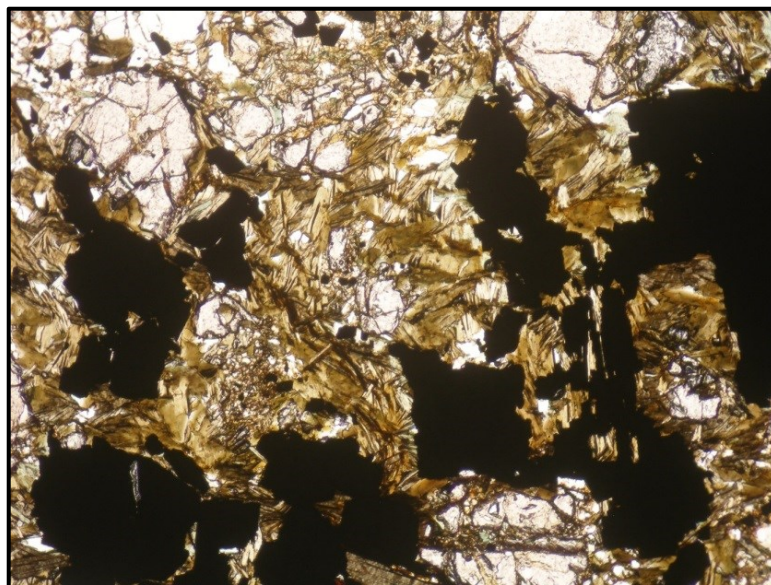


Obr. 13. Zrna magnetitu a jejich nepravidelné agregáty v křemen-magnetitové rudě, s místy přítomným amfibolem (hlavně v levém horním rohu). Vzorek SKV-4, typ QtzMgt. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 3 mm.

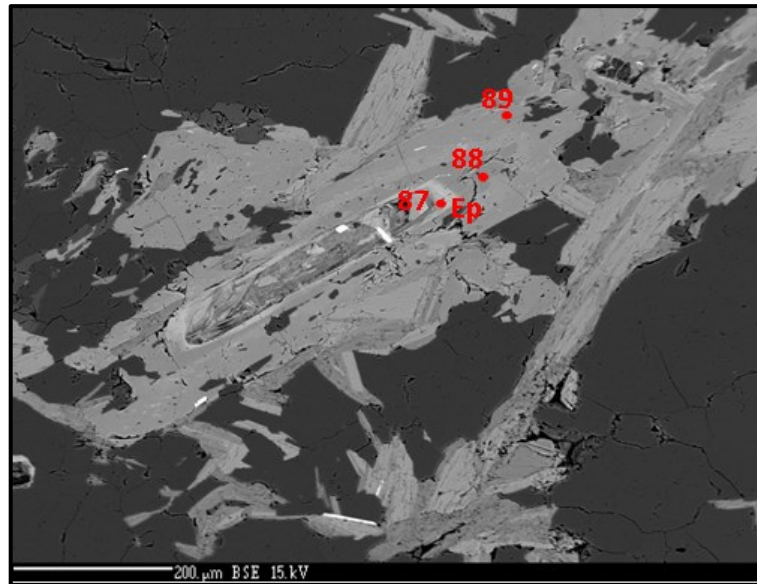


Obr. 14. Tři relativně velká zrna apatitu s drobnými inkluzemi magnetitu v křemen-magnetitové rudě. V pravém horním rohu snímku je silně alterovaný plagioklas. Vzorek SKV-4, typ QtzMgt. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 2,8 mm.

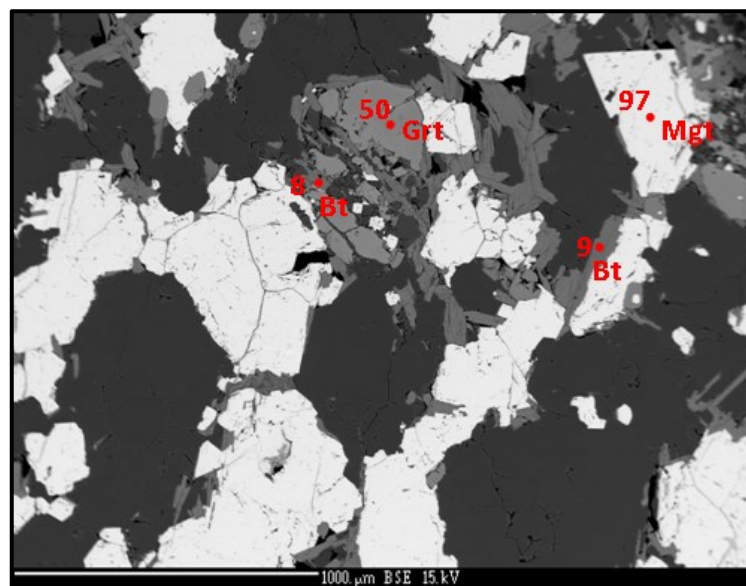
Partie s nízkým obsahem magnetitu jsou tvořeny převážně křemenem (undulózní, xenomorfní, velikost do 0,5 mm), méně hojná jsou zrna živce (silně alterovaného plagioklasu, místy albitizovaného). Podstatnou sloužkou je biotit, ve výbrusech tvořící lištovité průřezy o velikosti do 0,3–0,4 mm, je výrazně pleochroický (jemně nažloutlý až zelenohnědý nebo hnědý – obr. 15). Biotit je silně chloritizovaný. Také chlorit vykazuje pleochroismus (jemně nažloutlý až středně zelený), má anomální hnědé interferenční barvy, charakter zóny je negativní. Častá jsou zrna apatitu o velikosti až 0,6 mm, jejich průřezy jsou hypautomorfní, ukazující na jeho sloupečkovitý vývin, jindy jde patrně o zaoblená zrna. V partiích bohatých živcem se hojně vyskytuje epidot, ve výbruse zastížený v podobě xenomorfních a hypautomorfních průřezů, ukazujících na jeho sloupečkovitý vývin. Epidot je v PPL téměř bezbarvý, bez pozorovatelného pleochroismu, na některých individuích je pozorovatelné dvojčatění. Poměrně hojný je allanit, zjištěný v podobě nepravidelných zrn a až 0,3 mm dlouhých sloupečků (lištovité průřezy). Allanit je v PPL nažloutlý až oranžově hnědý, bez pozorovatelného pleochroismu, v XPL někdy i izotropní. Allanit je velmi často obrůstán epidotem, v PPL takřka bezbarvým. Stavbu a výraznou chemickou zonálnost allanitu srůstajícího s epidotem lze dobře pozorovat ve zpětně odražených elektronech (viz BSE snímek na obrázku 16).



Obr. 15. Zrna magnetitu a jejich nepravidelné agregáty v relativně chudé křemen-magnetitové rudě, lokálně s vysokým podílem biotitu a živce. Vzorek SKV-7, typ QtzMgt. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 3 mm.



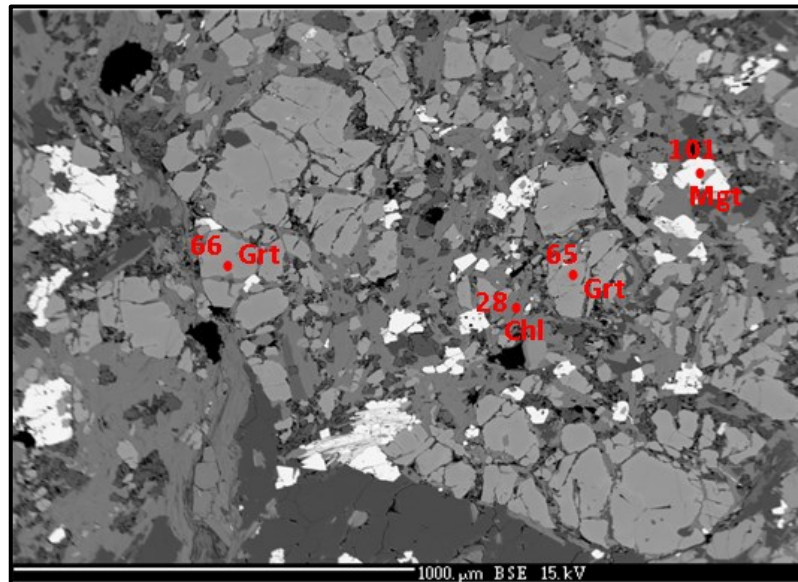
Obr. 16. Allanit lemovaný epidotem v křemen-magnetitové rudě. Vzorek SKV-22, typ QtzMgt. BSE snímek. Šířka snímku 1 mm. Foto: P. Gadas.



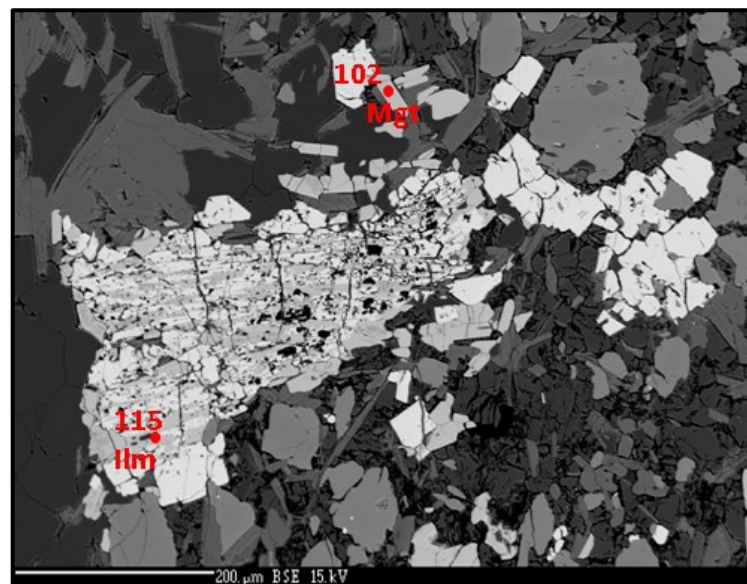
Obr. 17. Křemen-magnetitová ruda s ojedinělými zrny granátu a biotitem. Vzorek SKV-7, typ QtzMgt. BSE snímek. Šířka snímku 2,4 mm. Foto: P. Gadas.

Na několika odebraných vzorcích byl zastižen kontakt mezi křemen-magnetitovou rudou a granátickou rulou. Při kontaktu obou rozdílných asociací bývá v křemen-magnetitové rudě hojně přítomen granát (obr. 17), který charakterem odpovídá granátu, jenž je podstatnou sloužkou granátické ruly. Zrna granátu jsou silně rozpraskána, trhliny jsou vyplněny křemenem a fylosilikáty (převážně chloritizovaným biotitem, méně hojný je muskovit), ve výplni trhlín se často objevuje i magnetit (obr. 18).

Zcela ojediněle byl v křemen-magnetitové rudě zjištěn hematit s odmíšeninami ilmenitu (obr. 19).



Obr. 18. Silně kataklazované zrno granátu při kontaktu mezi velmi chudou křemen-magnetitovou rudou a granátickou rulou. Vzorek SKV-19, typy QtzMgt a GnAlm. BSE snímek. Šířka snímku 1,9 mm. Foto: P. Gadas.



Obr. 19. Hematit s odmíšeninami ilmenitu a hypautomorfí průřezy magnetitem v křemen-magnetitové rudě s granátem. Vzorek SKV-19, typ QtzMgt. BSE snímek. Šířka snímku 0,72 mm. Foto: P. Gadas.

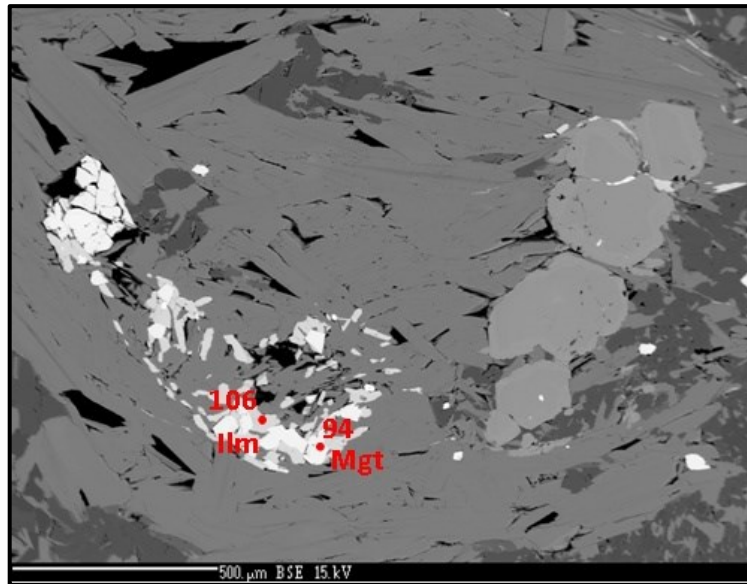
7.1.2. Okatá magnetitová ruda (FsMgt)

V haldovém materiálu se relativně často vyskytují úlomky velmi chudé magnetitové rudy s nápadnými oky živců, často seskupenými do neprůběžných žilek (obr. 20). Textura těchto vzorků silně připomíná některé migmatity s okatou texturou.

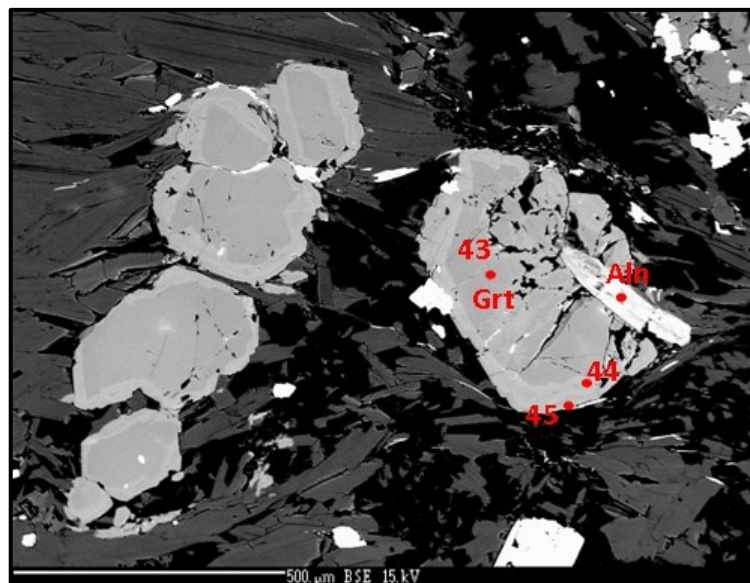


Obr. 20. Chudá magnetitová ruda s oky živců (vzorek SKV-2, typický reprezentat typu FsMgt). Šířka snímku 70 mm.

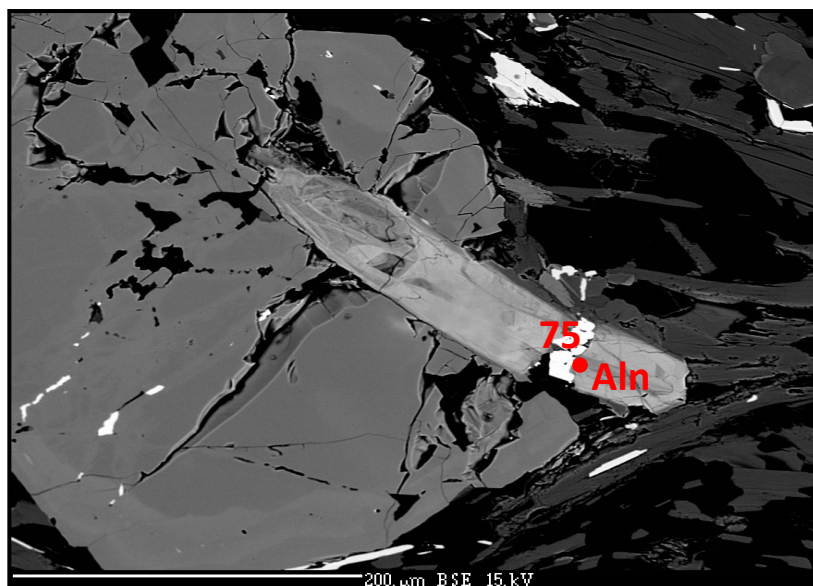
Živcová oka jsou tvořena silně alterovaným plagioklasem, z produktů přeměny je v optickém mikroskopu rozlišitelný jemně šupinkovitý muskovit (sericit) a epidot. Křemen-magnetitová ruda v okolí živcových čoček obsahuje biotit, hojný apatit (s uzavřeninami magnetitu), ojedinělý allanit lemovaný epidotem, z rudních minerálů je přítomen i ilmenit (obr. 21). Ubýváním magnetitu ruda přechází do biotitické ruly s hojnými zrny granátu Alm-Sps řady s výraznou chemickou zonálností (viz BSE snímek na obr. 22), epidotem, allanitem (obr. 23), zirkonem. Zcela ojediněle byly v rudě zjištěny intimní srůsty ilmenitu a křemene, které jsou možná produktem přeměny titanitu (obr. 24). Ve vzorcích biotitické ruly s granátem byly zjištěny i partie tvořené dominantně křemenem a granátem (typ QtzSps), připomínající „ostrohrané klasy“.



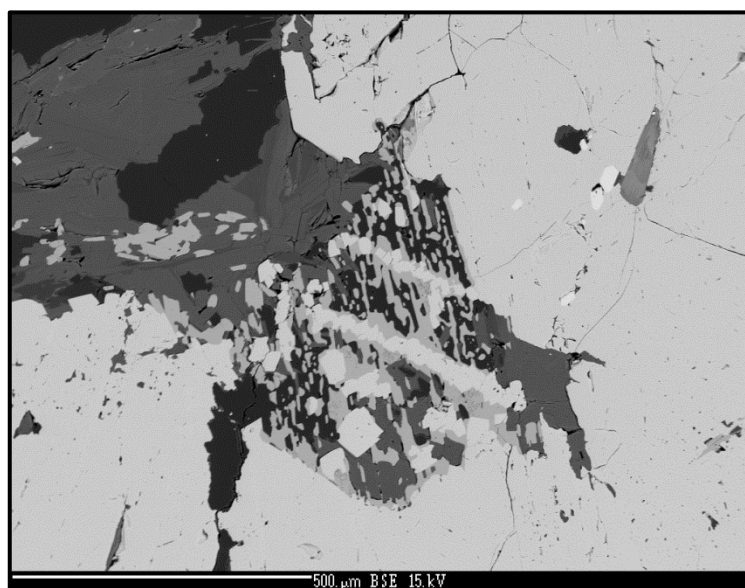
Obr. 21. Rudní agregát tvořený zrna magnetitu a ilmenitu v rule s granátem (zrna granátu jsou v pravé polovině snímku). Vzorek SKV-2, typ FsMgt. BSE snímek. Šířka snímku 1,8 mm. Foto: P. Gadas.



Obr. 22. Zrna granátu s výraznou chemickou zonálností v rule. Vzorek SKV-2, typ FsMgt. BSE snímek. Šířka snímku 1,3 mm. Foto: P. Gadas.



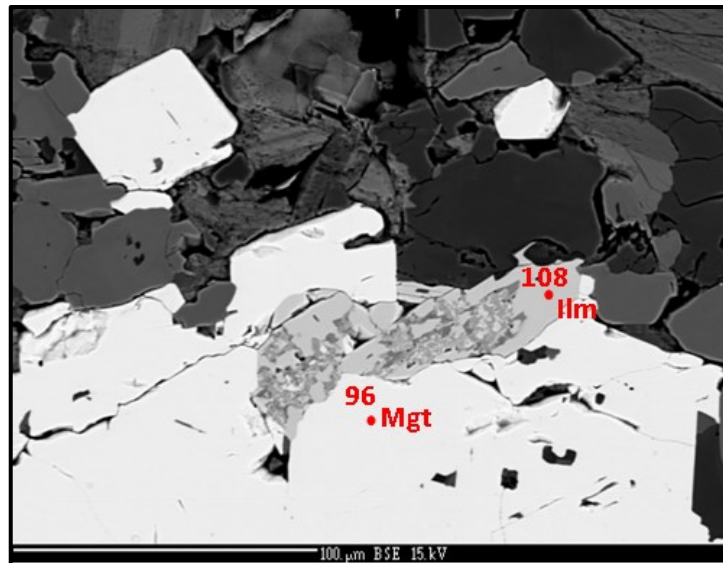
Obr. 23. Výrazně zonální allanit – epidot, částečně uzavřený v zrna granátu. Vzorek SKV-2, typ FsMgt. BSE snímek. Šířka snímku 0,5 mm. Foto: P. Gadas.



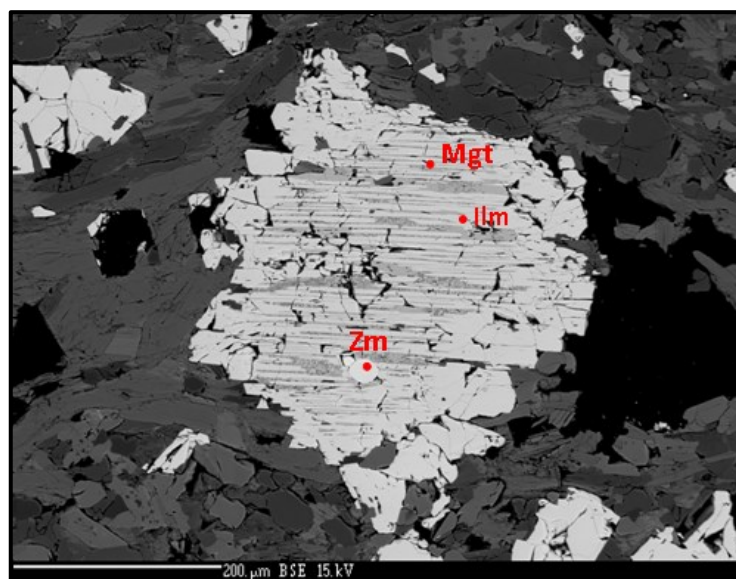
Obr. 24. Na snímku převažuje magnetit s uzavřeními zirkonu (na snímku drobná, téměř bílá zrna v pravém horním kvadrantu), v centru snímku jsou intimní srůsty ilmenitu (šedý) a křemene (téměř černý). Vzorek SKV-2, typ FsMgt. BSE snímek. Šířka snímku 1,2 mm. Foto: P. Gadas.

7.1.3. Rula s magnetitem (GnMgt)

Chudé křemen-magnetitové rudy přecházejí přibýváním plagioklasu a biotitu do rul s vtroušeninami magnetitu (typ GnMgt). Na jejich nerostném složení se kromě již výše uvedených minerálů významnou měrou podílí ilmenit, často postižený přeměnou na leukoxen (obr 25). Zajímavý je výskyt magnetitu s odmišeninami ilmenitu (obr. 26), zjištěný pouze v tomto rudním typu.



Obr. 25. Leukoxenizovaný ilmenit v rule s magnetitem. Vzorek SKV-6, typ GnMgt. BSE snímek. Šířka snímku 0,25 mm. Foto: P. Gadas.



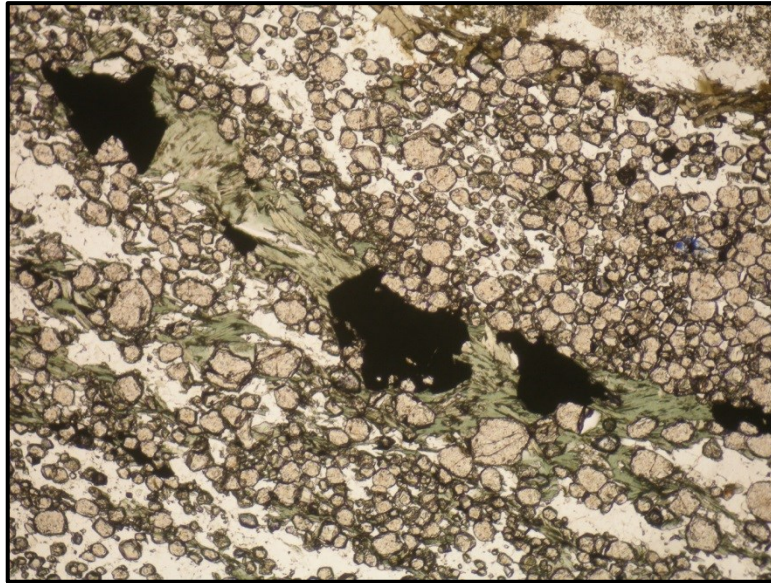
Obr. 26. Magnetit s odmišeninami ilmenitu (částečně leukoxenizovaného) a ojedinelou uzavřeninou zirkonu v rule s magnetitem. Vzorek SKV-6, typ GnMgt. BSE snímek. Šířka snímku 0,7 mm. Foto: P. Gadas.

7.1.4. Metamanganolit (QtzSps)

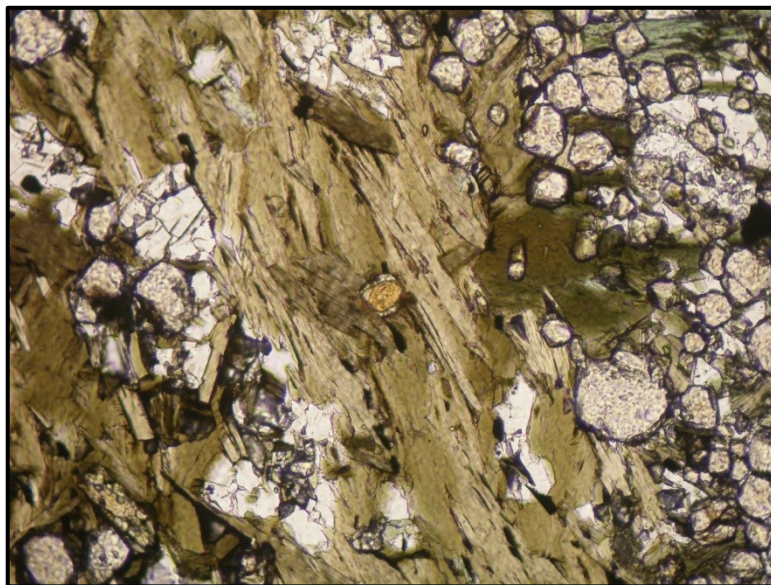
Tento rudní typ je na ložiskách typu BIF často označován termínem metamanganolit. Jeho základní minerální asociace je tvořena křemenem a granátem s dominantním obsahem spesartinové složky. Vzorky metamanganolitů nalezené v haldovém materiálu na lokalitě Skelný vrch jsou nápadné svým růžovým zbarvením. Jsou někdy výrazně páskované (střídání pásků různého odstínu). Mocnost pásků je řádově v milimetrech, pásky se zásadně liší poměrem křemen-granát.

Pásky s dominancí křemene jsou tvořeny xenomorfními undulózními zrny křemene o velikosti i přes 1 mm. V malém množství jsou v nich přítomna zrna granátu, v podobě izometrických průřezů o velikosti až 0,7 mm. Ojediněle je v nich přítomen chlorit, tvořící šupinkovité agregáty. Chlorit je výrazně pleochroický (jemně nažloutlý až středně zelený), vykazuje anomální fialověmodré interferenční barvy, má pozitivní charakter zóny. Typickou akcesorií je apatit zjištěný v podobě až 0,3 mm velkých zrn.

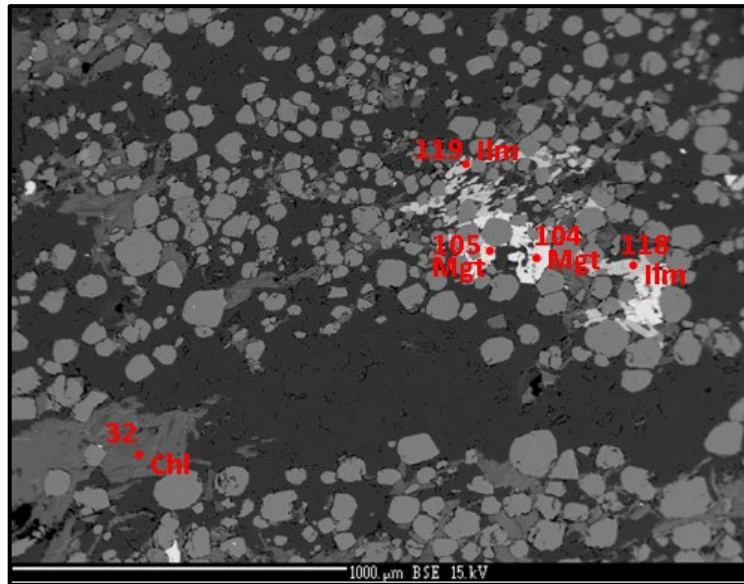
Převažují složkou růžových pásků je granát, přítomný v podobě zrn o velikosti převážně 0,1 až 0,2 mm. Průřezy zrny granátů jsou izometrické (obr. 27, 28, 29), v PPL je granát zřetelně narůžovělý (obr. 27), v XPL se chová jako opticky izotropní. V páscích s dominancí granátu je vedle křemene často přítomna i rudní složka (obr. 29), tvořená hlavně magnetitem (hypautomorfní průřezy) a také ilmenitem (lišťovité průřezy, někdy částečně postižené leukoxenizací patrnou na BSE snímcích – obr. 30), v mnoha případech však jde o opakní zrna v optickém mikroskopu obtížně identifikovatelná (obr. 27). V některých partiích je hojný chlorit (obr. 27). Chlorit je pleochroický (jemně nažloutlý až středně zelený), má anomální fialověmodré nebo hnědé interferenční barvy, charakter zóny je pozitivní nebo negativní, a to i v rámci jednoho agregátu (střídání šupinek rozdílných optických vlastností). V některých vzorcích jsou přítomny dokonce biotit-granátové pásky (obr. 28, biotit je jen slabě chloritizován, křemen téměř chybí). V biotitových a chloritových agregátech jsou často rozptýlena zrna epidotu, někdy allanitu lemovaného epidotem (obr. 28). Zcela ojediněle bylo v metamanganolitu zjištěno zatlačování ilmenitu titanitem (obr. 31).



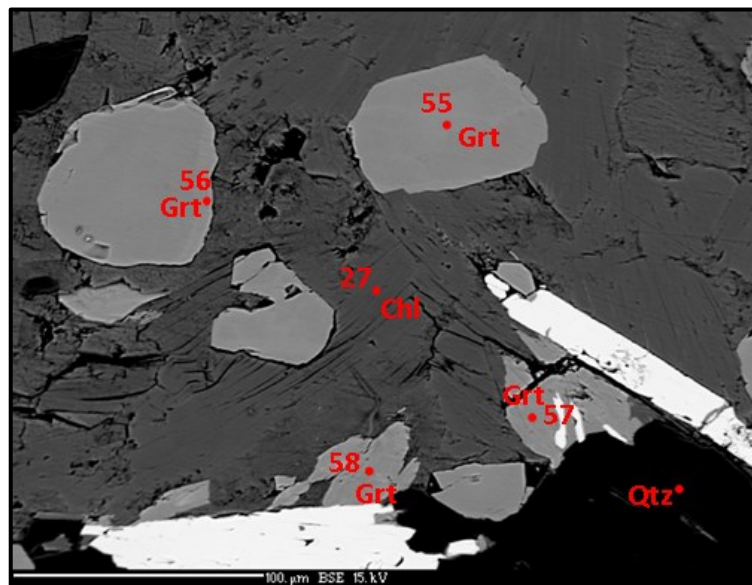
Obr. 27. Nepravidelná zrna magnetitu a jejich nepravidelné agregáty společně s chloritem ve výrazně páskovaném metamanganolitu. Vzorek SKV-26, typ QtzSps. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 3 mm.



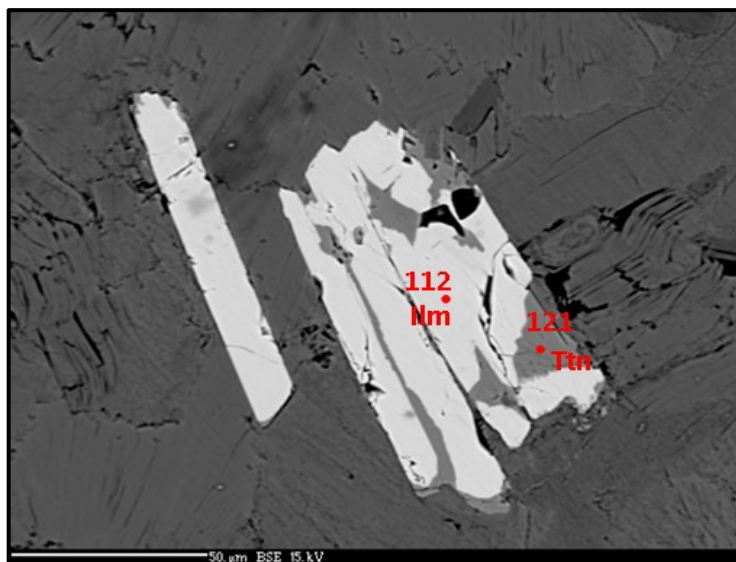
Obr. 28. Zrno allanitu lemované epidotem (v centru snímku) v biotitem bohaté partii metamanganolitu. Vzorek SKV-26, typ QtzSps. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 1,2 mm.



Obr. 29. Metamanganolit s magnetitem a ilmenitem. Vzorek SKV-26, typ QtzSps. BSE snímek. Šířka snímku 2,2 mm. Foto: P. Gadas.

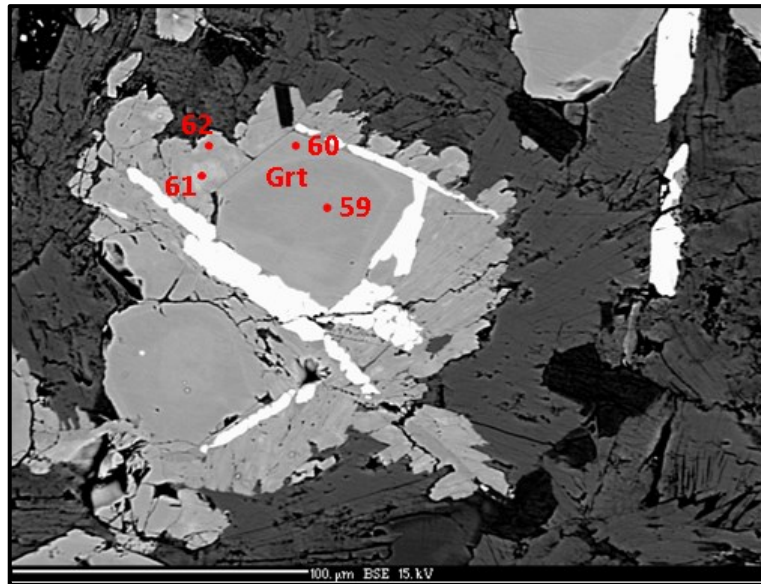


Obr. 30. Partie metamanganolitu se zrnky spesartinu (body 55 a 56), zrnky granátu grosular-andraditové řady (body 57 a 58) a ilmenitem (bílé tabulky ve spodní polovině snímku), částečně postiženým leukoxenizací. Vzorek SKV-16, typ QtzSps. BSE snímek. Šířka snímku 0,3 mm. Foto: P. Gadas.

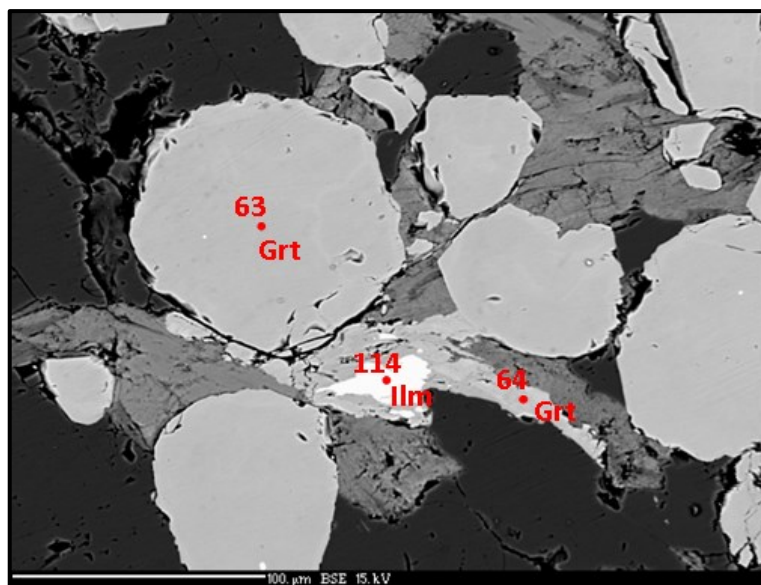


Obr. 31. Tabulky ilmenitu částečně zatlačované titanitem v metamanganolitu. Vzorek SKV-16, typ QtzSps. BSE snímek. Šířka snímku 0,18 mm. Foto: P. Gadas.

Granáty metamanganolitu odpovídají složením granátům spessartin-almandinové řady s převahou Sps nad Alm. V BSE obrazu lze často pozorovat chemickou zonálnost granátů, jejich okrajové zóny jsou o něco světlejší a od centrálních částí granátových zrn se liší nižším podílem spessartinové složky (a tedy vyšším podílem almandinové složky) – viz obr. 32. V některých případech byly kolem těchto granátů pozorovány tenké nesouvislé lemy v PPL bezbarvého granátu s nízkým anomálním dvojlomem. Tyto lemy složením odpovídají granátu grossular-andraditové řady (obr. 32). Místy se v metamanganolitech objevují ve fylosilikátem bohatých partiích nepravidelná zrna nebo agregáty granátu grossular-andraditové řady, zcela výjimečně bylo pozorováno obklopování (snad i zatlačování) ilmenitu granátem grossular-andraditové řady (obr. 33).



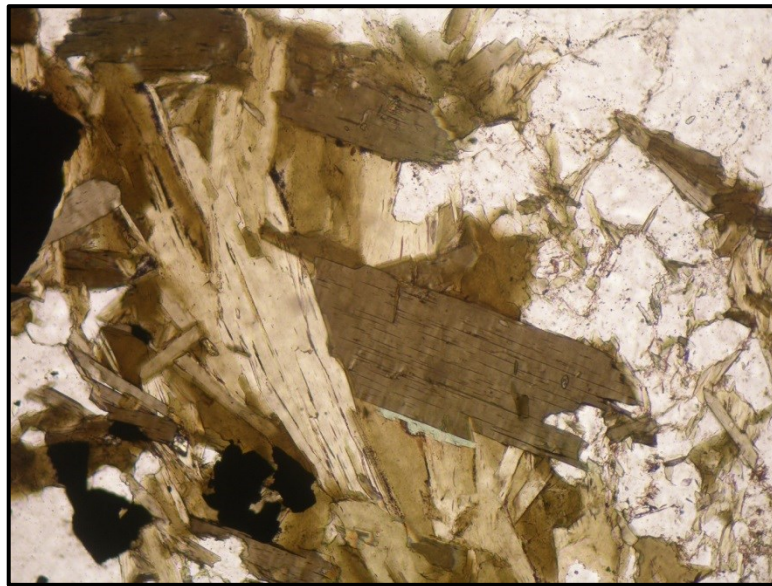
Obr. 32. Obrůstání spesartinu granátem grossular-andraditové řady, bílý minerál na snímku je ilmenit. Vzorek SKV-16, typ QtzSps. BSE snímek. Šířka snímku 0,25 mm. Foto: P. Gadas.



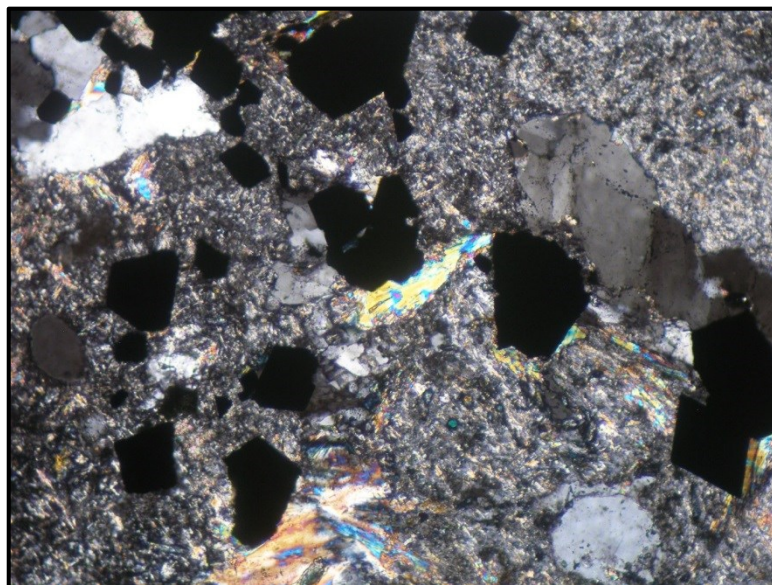
Obr. 33. Zrna spesartinu v metamanganolitu, v centrální části snímku je zrno ilmenitu obklopané (zatlačované?) granátem grossular-andraditové řady. Vzorek SKV-16, typ QtzSps. BSE snímek. Šířka snímku 0,3 mm. Foto: P. Gadas.

7.1.5. Rula s pásy metamanganolitu (GnSps)

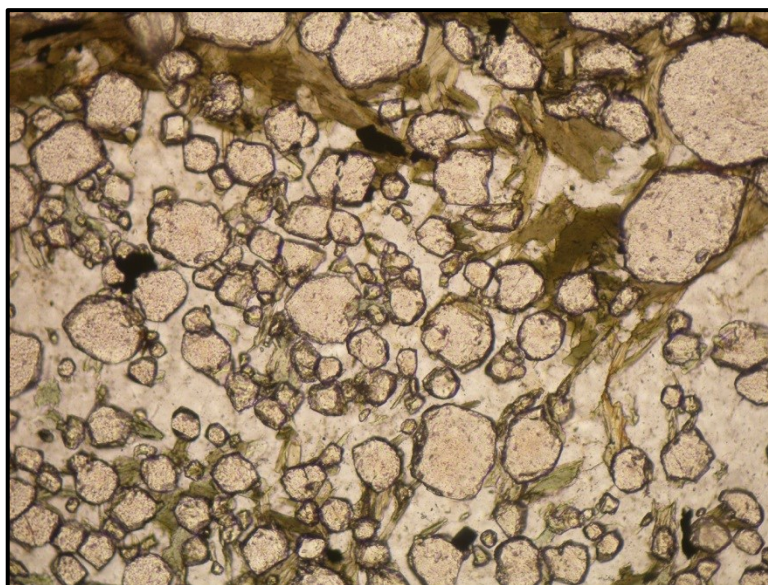
V některých vzorcích biotitické ruly byly zjištěny teprve ve výbrusech velmi tenké pásy tvořené křemenem a granátem Alm-Sps řady, které mají charakter metamanganolitu, avšak jejich mocnost je maximálně 2–3 mm. Tyto vzorky byly studovány kvůli místy zvýšenému obsahu magnetitu (obr. 34, 35), stěží je však lze považovat za železnou rudu. Pásy s vysokým obsahem granátu svým charakterem zcela odpovídají výše popsaným metamanganolitům (obr. 36).



Obr. 34. Šupiny biotitu v rule. Opakní zrna jsou magnetit. Vzorek SKV-3, typ GnSps. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 1,3 mm.



Obr. 35. Hypautomorfní průřezy zrna magnetitu v rule se silně alterovaným plagioklasem. Vzorek SKV-3, typ GnSps. Leštěný výbrus, XPL. Šířka snímku 1,3 mm.



Obr. 36. Partie bohatá granátem připomínající metamanganolit v rule. Vzorek SKV-3, typ GnSps. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 1,3 mm.

7.1.6. Granátická rula (GnAlm)

Fragmenty granátických rul jsou v haldovém materiálu na Skelném vrchu relativně hojné, nutno ale upozornit, že granát je v těchto horninách velmi nenápadný a makroskopicky snadno přehlédnutelný. Některé vzorky mají šupinato-plástevnatou texturu, makroskopicky jsou v nich rozlišitelné světlé křemen-živcové partie a šedozelené partie s převahou fylosilikátů (a granátu, jehož přítomnost lze zjistit až při mikroskopickém studiu). Jiné vzorky mají skvrnitou texturu: šedozelené skvrny protažené v souladu s plochami krystalizační břídlíčnosti jsou ve světlé křemen-živcové hmotě (obr. 37).



Obr. 37. Vzorek granátické ruly, šířka snímku 80 mm (SKV-9).

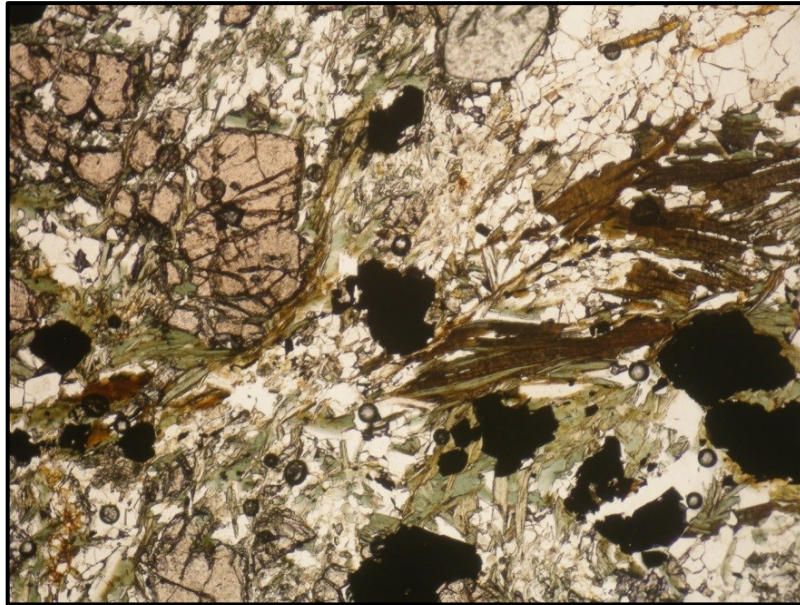
Podstatnými složkami granátické ruly jsou křemen, plagioklas, granát a fylosilikáty, zastoupené ve variabilním množství biotitem a chloritem. Základní tkáň horniny je tvořena xenomorfními zrny křemene o velikosti zpravidla do 1 mm, s výrazným undulózním zhášením. Méně hojný je velmi silně alterovaný plagioklas, jenž je nahrazován drobnými šupinkami muskovitu (sericit) i jeho většími lupínky (do 0,1 mm), méně častý je epidot (izometrické průřezy, nepravidelná zrnka i lištovité průřezy). Mezi produkty přeměny byl v plagioklasu zjištěn relativně často allanit, tvořící drobná zrnka o velikosti do 0,02 mm, spíše výjimečně i lištovité průřezy o délce až 0,2 mm. Allanit je v PPL žlutý až oranžověžlutý, lemovaný epidotem. Součástí základní tkáně je biotit, často silně postižený chloritizací. Biotit tvoří až 0,7 mm velké tabulky, ve výbrusech lze pozorovat lištovité průřezy těmito tabulkami s často dobře vyvinutými bazálními plochami. Biotit je výrazně pleochroický (bledě nažloutlý až hnědý). Chlorit zatlačuje biotit podél štěpných trhlin (obr. 38), v základní tkáni tvoří i jemně šupinkovité agregáty. Je výrazně pleochroický (jemně nažloutlý až středně zelený), má anomální modré interferenční barvy, charakter zóny je pozitivní.

Porfyroblasty granátů mají převážně kulovitý nebo oválný průřez, jejich rozměry dosahují až 12 mm. V PPL je granát jemně narůžovělý, v XPL opticky izotropní. Porfyroblasty granátů jsou silně kataklazované (obr. 39, 40). Trhliny probíhající granátem jsou vyplněny fylosilikáty, převážně chloritem a biotitem, jejichž optické vlastnosti jsou shodné s chloritem a biotitem v základní tkáni. Třetím fylosilikátem přítomným v trhlínách je muskovit, tvořící někdy dokonale vyvinuté tabulky o rozměrech do 0,3 mm. Ve výplni trhlin je přítomen hojně i křemen, magnetit, spíše ojedinělý je epidot.

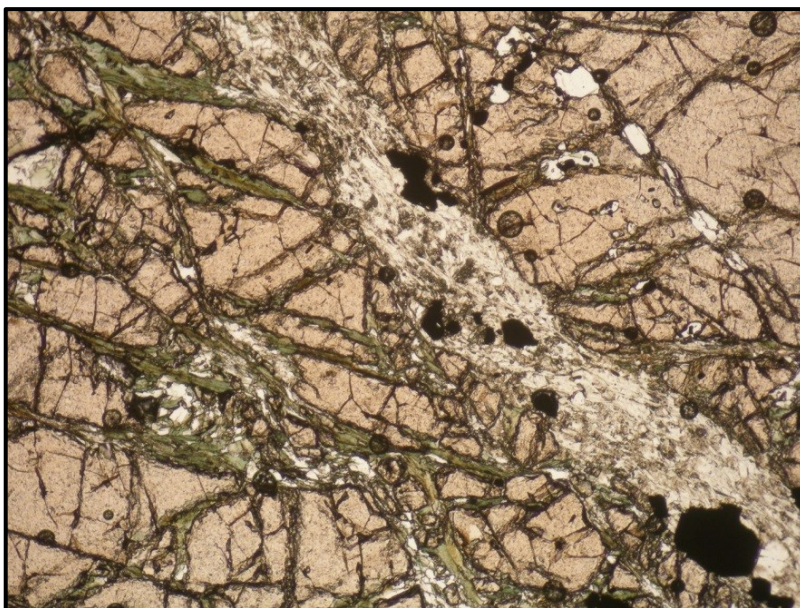
K ojedinělým akcesoriím patří zirkon a apatit. Zirkon byl zjištěn pouze v několika zrnech, větší z průřezů tvarem připomíná „člunek“ o velikosti 0,1 mm. Apatit byl zjištěn v podobě až 0,25 dlouhých průřezů nedokonale vyvinutými sloupečky.

Místo se v hornině vyskytují vtroušeniny drobných zrn magnetitu, převážně xenomorfních až hypautomorfních o velikosti do 0,3 mm (obr. 38, 40). V zrnech magnetitu byly zcela ojediněle zjištěny uzavřeniny pyritu a chakopyritu (obr. 41).

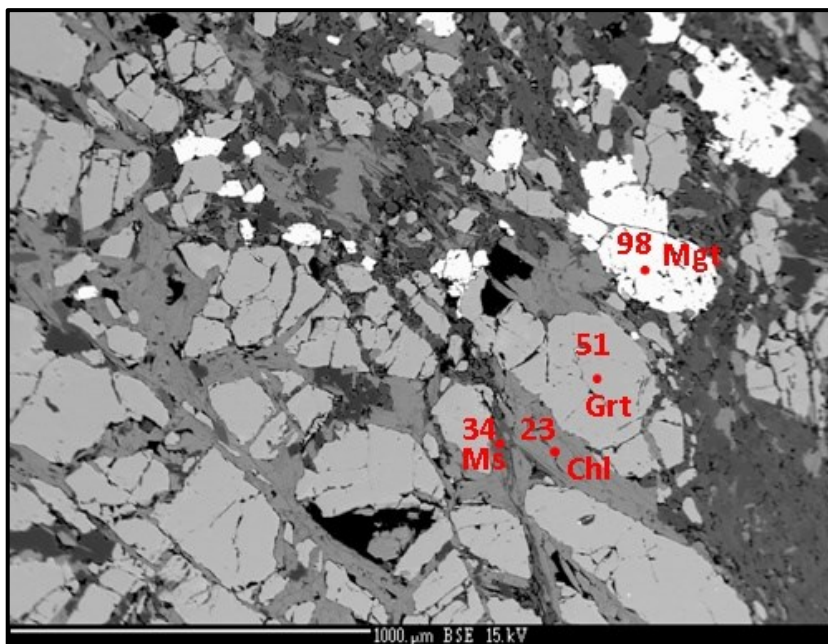
V hornině se poměrně často vyskytují drobné čočky až nepravidelné žilky hruběji zrnitého křemene, bez obsahu rudních minerálů.



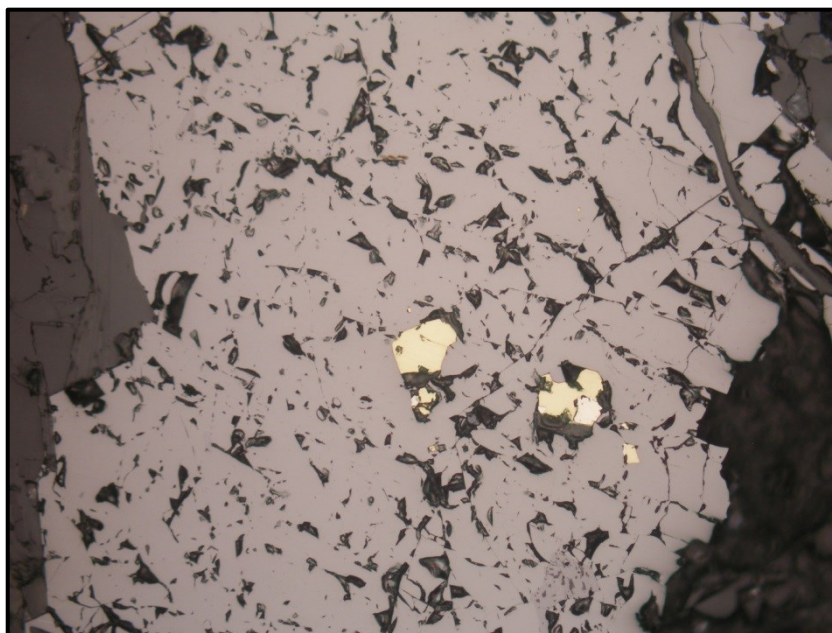
Obr. 38. Chloritizovaný biotit a granát v rule s poměrně vysokým obsahem opakní složky (převážně magnetitu). Vzorek SKV-9, typ GnAlm. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 3 mm.



Obr. 39. Rozpraskané zrno granátu, trhliny jsou vylněny chloritizovaným biotitem, muskovitem a křemenem. Opakní složka je magnetit. Vzorek SKV-9, typ GnAlm. Leštěný výbrus, PPL. Šířka snímku 3 mm.



Obr. 40. Rozpraskané zrno granátu s trhlinami vyplněnými fylosilikáty (převážně chloritem) v rule. Vzorek SKV-9, typ GnAlm. BSE snímek. Šířka snímku 2,3 mm. Foto: P. Gadas.

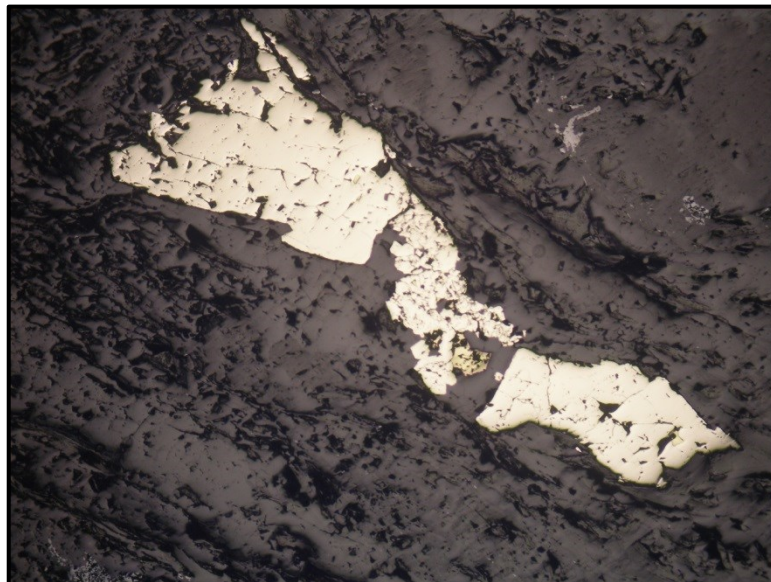


Obr. 41. Zrno magnetitu s uzavřeninami chalkopyritu (žlutý) a pyritu (téměř čistě bílý) ve vzorku SKV-9, typ GnAlm. Nábrus v odraženém světle, bez analyzátoru. Šířka snímku cca 1 mm.

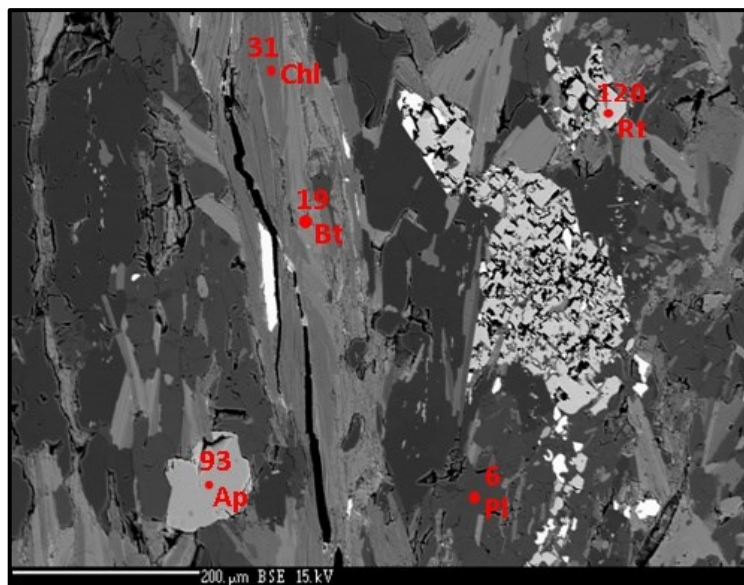
7.1.7. Rula s pyritem (GnPy)

Převažujícím horninovým typem v haldovém materiálu je chloritizovaná biotitická až muskovit-biotitická rula (tzv. desenská rula). V rámci své práce jsem se touto horninou nezabývala, s výjimkou jednoho vzorku (SKV-25), v němž byla přítomna poměrně hojná zrna pyritu. Podstatnou složkou studovaného vzorku je křemen, živce a fylosilikáty. Křemen tvoří xenomorfní, undulózně zhášejší zrna o velikosti 0,7 mm, koncentrovaná často do šmouhovitých útvarů. Zrna živců jsou velmi silně zakalená, jen někdy s ještě pozorovatelným polysyntetickým lamelováním, charakteristickým pro plagioklasy. Fylosilikáty jsou zastoupeny hlavně biotitem, často chloritizovaným, a až 1 mm velkými lupeny biotitu, dobře omezenými bazálními plochami. Běžnou akcesorií je apatit, zpravidla v hypautomorfních průřezech o velikosti do 0,7 mm.

Rudní minerály jsou zastoupeny hlavně pyritem tvořícím nepravidelně rozmístěné vtroušeniny (obr. 42), jen místy se koncentrující do nesouvislých pásků probíhajících souhlasně s břidličnatostí horniny. Výjimečně je pyrit provázen chalkopyritem v podobě drobných nepravidelných zrníček. Asociaci rudních minerálů dopňuje magnetit, tvořící hypautomorfní individua o velikosti do 0,3 mm. Zcela ojediněle byl zjištěn molybdenit, identifikovaný na základě EDX spektra. Molybdenit tvoří tabulku o velikosti 0,1 mm (obr. 43).



Obr. 42. Vtroušenina pyritu a drobné zrníčko chalkopyritu v rule. Vzorek SKV-25, typ GnPy. Leštěný výbrus v odraženém světle, bez analyzátoru. Šířka snímku cca 3,5 mm.



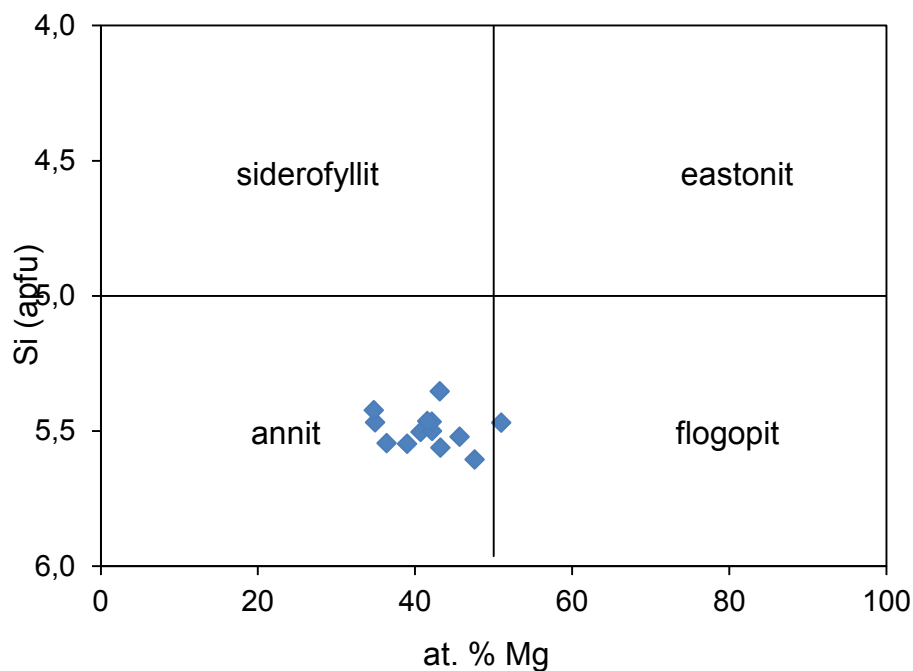
Obr. 43. Zrna magnetitu v chloritizované biotické rule s apatitem. Bílý lištovitý průřez vlevo od středu snímku je molybdenit. Vzorek SKV-25, typ GnPy. BSE snímek. Šířka snímku 0,8 mm. Foto: P. Gadas.

7.2. Poznámky k chemismu minerálů

Výsledky reprezentativních WDX analýz jednotlivých minerálů jsou uvedeny v příloze v tabulkách I až XI. V této kapitole jsou výsledky stručně komentovány, v případě některých minerálů jsou využity k jejich klasifikaci.

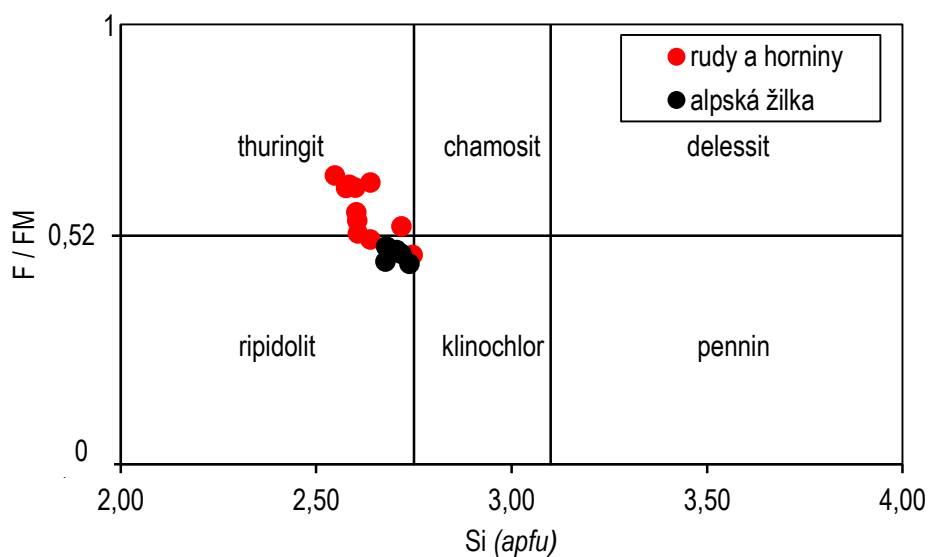
Živce jsou ve studovaných vzorcích zastoupeny převážně plagioklasy, přítomnost K-živců se analýzami na mikrosondě nepodařilo potvrdit. Všechny provedené WDX analýzy živců (tab. I) odpovídají plagioklasům s bazicitou An_{27-40} (oligoklas až andezín).

Chemismus biotitu ve studovaných vzorcích vykazuje jen malou variabilitu. To je zřejmé z obr. 44, v němž lze biotit blíže klasifikovat jako annit, případně slídu na rozhraní annit/flogopit.

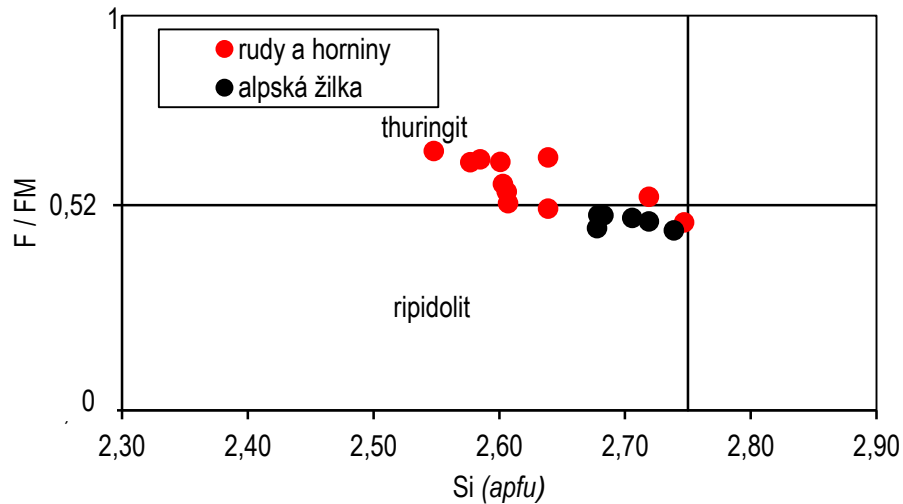


Obr. 44. Klasifikace biotitu ve studovaných vzorcích v diagramu siderofyllit – eastonit – annit – flogopit.

Chemismus chloritu odpovídá chloritům klinochlor-chamositové řady. V klasifikačním diagramu podle Melky (1965) jde o thuringit a o chlority při rozhraní thuringit-ripidolit-klinochlor (obr. 45 a 46).



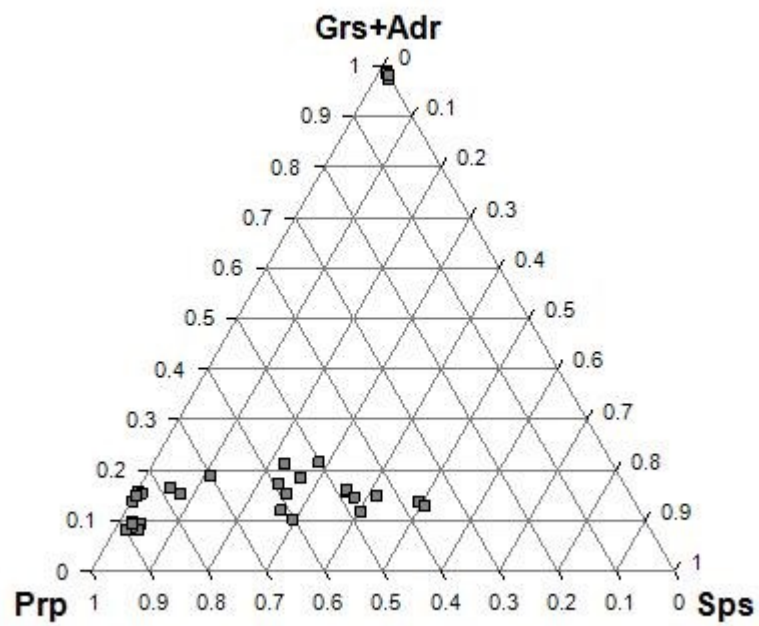
Obr. 45. Pozice chloritů v klasifikačním diagramu podle Melky (1965). Na obrázku jsou uvedeny jak chlority ze studovaných rud a zrudněných hornin (červené body), tak i z mladších žilek alpského typu (na základě dat Zimáka a Novotného 2001)



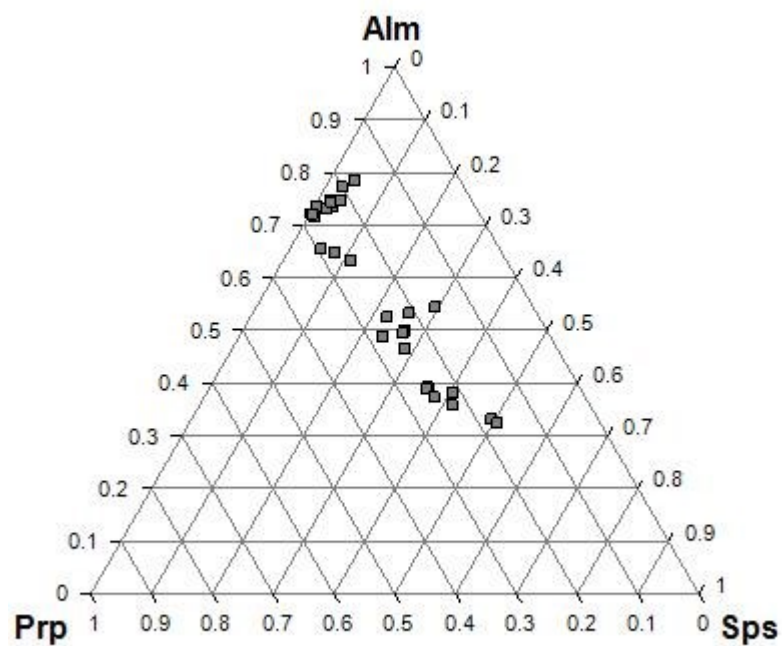
Obr. 46. Detail obrázku 45.

V muskovitu byly WDX analýzami zjištěny relativně zvýšené obsahy železa a také hořčíku, obsah barya je též mírně zvýšený: 0,40–0,45 hm. % BaO, což odpovídá 0,010–0,012 Ba apfu.

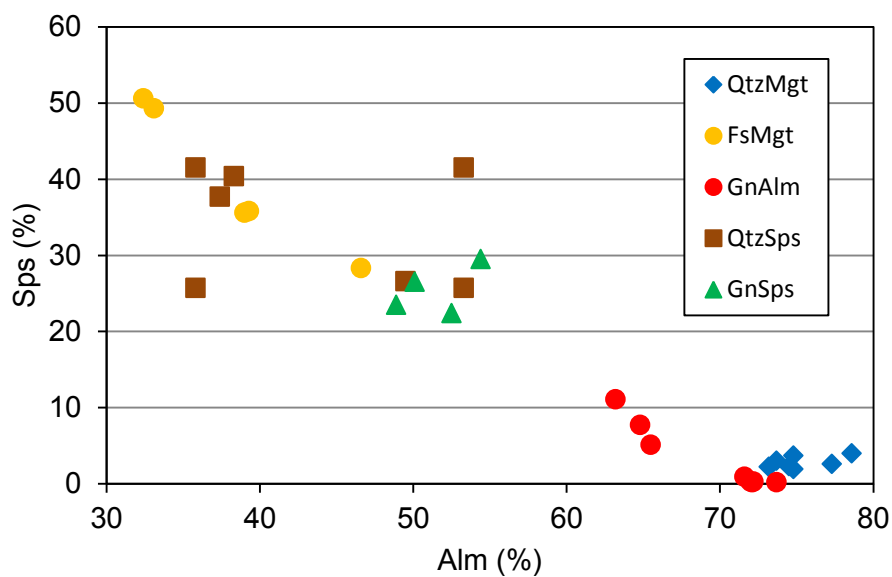
Poměry mezi základními složkami v granátech jsou graficky vyjádřeny na obr. 47 a 48. Na základě výsledků WDX analýz lze tedy rozlišit dva typy granátu: a) granáty Alm-Sps řady (pyralspity), b) granáty Grs-Adr řady (ugrandity). V rudách a horninách kvantitativně výrazně dominují granáty Alm-Sps řady. V granátech v typech QtzMgt a GnAlm vždy výrazně převažuje složka Alm (viz tab. 2), převaha složky Alm nad Sps je však i v granátech v GnSps (ty obsahují 22 až 30 % Sps). Označení GnSps pro rulu s tenkými pásky křemen-granátovými pásky by se mohlo zdát nevhodné, ale vyjadřuje relativně vysoký podíl manganu v těchto granátech ve srovnání s typem GnAlm, kde granáty mají jen 0 až 11 % Sps (obr. 49). V BSE obrazu je zřejmá výrazná chemická zonálnost granátu, okrajové zóny jeho zrn jsou téměř vždy světlejší. Je možné, že na BSE snímcích pozorovatelná zonálnost není způsobena rozdílným poměrem Fe/Mn, ale že souvisí s rozdíly v obsazích Mg (tj. složky Prp). Okrajové zóny granátu mají nižší obsah Mg ve srovnání centrálními částmi (viz obr. 22, analýzy č. 43, 44 a 45).



Obr. 47. Pozice granátů v systému Prp – Sps – Grs+Adr.



Obr. 48. Pozice pyrospitů v systému Prp – Sps – Alm.



Obr. 49. Diagram vyjadřující poměr složek Alm a SpsS v pyralspitech jednotlivých typů rud a hornin.

typ	Alm (%)	Sps (%)	Prp (%)	Grs+Adr (%)
QtzMgt	73 – 79	2 – 4	9 – 15	8 – 10
GnAlm	63 – 74	0 – 11	7 – 14	14 – 19
FsMgt	32 – 47	28 – 51	3 – 9	13 – 22
QtzSps (pyralspit)	36 – 53	26 – 42	6 – 10	12 – 18
QtzSps (ugrandit)	0	1 – 2	0 – 1	97 – 99
GnSps	49 – 54	22 – 30	4 – 11	10 – 21

Tabulka 2. Zastoupení jednotlivých složek v granátu v různých typech rud a zrudněných hornin.

Chemické složení minerálů epidotové skupiny odpovídá převážně epidotu nebo REE bohatému epidotu, zcela ojediněle je obsah vzácných zemin natolik vysoký, že jde o allanit-(Ce). Allanit-(Ce) byl analyticky potvrzen pouze ve vzorku SKV-2 (analýza 75, suma REE = 0,516, obr. 23). Z výsledků analýz je zřejmé, že v popisech výbrusů je termínem allanit většinou označován pouze epidot se zvýšenými obsahy REE. Dle sdělení vedoucího práce je to běžná praxe, rozlišení REE bohatého epidotu od allanitu není na základě optických vlastností možné.

Z obsahu fluoru v apatitu je zřejmé, že fluor v něm výrazně převažuje nad chlorem a také nad hydroxylovou skupinou. Jde tedy o fluorapatit.

V analyzovaných magnetitech byly někdy zjištěny zvýšené obsahy titanu (až 2,06 hm. % TiO_2 ve vzorku SKV-11). K tomu nutno poznamenat, že v ostatních analyzovaných magnetitech jsou obsahy TiO_2 jen v rozpětí 0,03–0,26 hm. %. To je v zásadě ve shodě s údaji Mückeho a Lososa (2000, 2007), kteří z magnetitu na ložiskách v okolí Vernířovic uvádí 0,04–0,30 hm. % TiO_2 , v jednom vzorku 0,89 hm. % TiO_2 . Magnetit s 2,06 hm. % ve vzorku SKV-11 představuje produkt rozpadu titanohematitu. Titanohematit se rozpadl na dvě fáze, a to hematit a ilmenit. Hematit se následně přeměnil na magnetit (mušketovitizace). Analyzovaný magnetit s 2,06 hm. % je tímto mušketovitem. V magnetitech v rudách a horinách ze Skelného vrchu jsou někdy zvýšené obsahy vanadu (až 1,93 hm. % V_2O_3 ve vzorku SKV-19).

Typickou příměsí ilmenitu je mangan, ve všech analyzovaných vzorcích převažuje ve struktuře železo nad manganem, jde tedy vždy o ilmenit, pyrofanit nebyl analyticky potvrzen. Jednotlivé typy rud a zrudněných hornin mají rozdílné obsahy manganu v ilmenitu. Pro QtzSps jsou typické ilmenity s vysokým obsahem manganu, který odpovídá 20,6–47,1 % pyrofanitové složky. Obdobné vysoké obsahy jsou i v GnSps (29,5 % pyrofanitové složky). V ostatních typech jsou obsahy pyrofanitové složky jen v rozpětí 5,0–18,4 %.

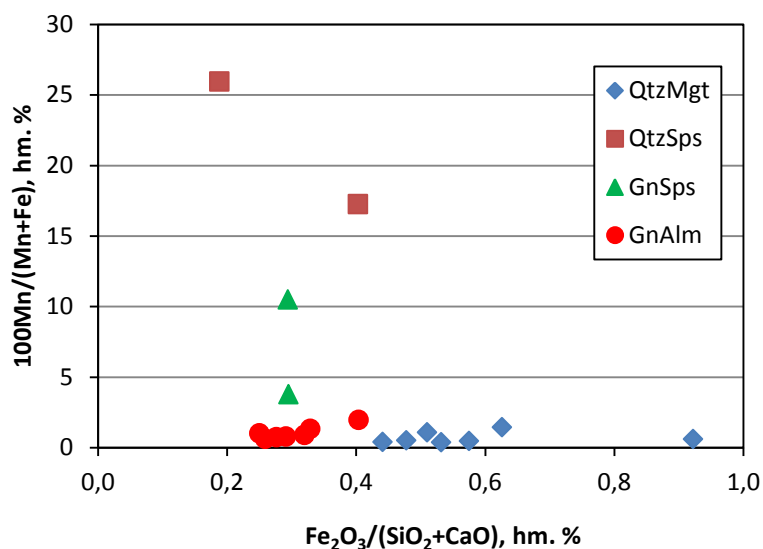
Analyzovaný rutil je chemicky velmi čistý. Jeho typickou příměsí je vanad (0,21 hm. % V_2O_3), železo (0,33 hm. % FeO), a také niob (0,12 hm. % Nb_2O_5). Analyzován byl však jen jeden bod. Titanit obsahuje relativně vysokou příměs hliníku (3,82–4,68 hm. % Al_2O_3) a také železa (3,59–5,83 hm. % FeO). V titanitu byla zjištěna i poměrně vysoká koncentrace fluoru (1,32–1,57 hm. % F, což odpovídá 0,137–0,165 apfu). V zirkonu byla zjištěna běžně zvýšená koncentrace hafnia (1,40–1,54 hm. % HfO_2).

8. Chemismus jednotlivých typů rud a zrudněných hornin

Výsledky XRF analýz jednotlivých vzorků jsou uvedeny v tabulce (tab. 3), do níž byly zařazeny jen hlavní komponenty, vyjádřené v podobě oxidů, s výjimkou síry.

typ	vzorek	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	S	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
QtzMgt	SKV-4	8,22	48,99	1,32	<0,01	1,13	2,34	0,44	0,12	29,51
QtzMgt	SKV-7	11,60	52,39	0,65	<0,01	0,76	2,20	0,23	0,45	34,19
QtzMgt	SKV-18	7,92	57,49	0,45	<0,01	0,76	1,17	0,25	<0,12	31,21
QtzMgt	SKV-19	8,95	51,78	1,78	0,06	0,27	2,08	0,34	0,27	27,48
QtzMgt	SKV-20	7,50	43,75	3,26	<0,01	0,65	2,86	0,27	0,23	42,99
QtzMgt	SKV-22	8,08	53,54	1,28	<0,01	0,53	2,89	0,32	0,12	26,97
QtzMgt	SKV-21	9,02	55,92	1,25	<0,01	1,03	2,20	0,26	<0,12	25,63
FsMgt	SKV-2	9,78	53,90	0,78	<0,01	2,18	3,33	0,72	0,31	15,61
GnMgt	SKV-6	12,11	55,49	0,21	<0,01	1,87	2,70	0,31	<0,12	13,25
QtzSps	SKV-16	10,20	58,27	0,43	<0,01	1,90	1,88	0,61	3,58	11,32
QtzSps	SKV-26	8,17	48,45	0,95	<0,01	0,87	2,71	0,57	3,88	20,61
GnSpS	SKV-3	9,78	57,45	0,82	<0,01	1,64	2,18	0,44	0,63	17,62
GnSpS	SKV-24B	8,21	51,83	0,98	<0,01	0,42	2,43	0,74	1,69	15,97
GnAlm	SKV-1	12,65	51,33	0,39	<0,01	1,97	2,24	0,31	0,21	17,62
GnAlm	SKV-5	9,62	59,15	0,28	<0,01	1,02	1,80	0,15	0,14	15,24
GnAlm	SKV-9	12,13	54,01	0,25	<0,01	1,30	1,91	0,40	0,15	17,91
GnAlm	SKV-10	11,35	54,22	0,50	<0,01	1,34	2,02	0,36	<0,12	15,56
GnAlm	SKV-11	10,69	63,18	<0,25	<0,01	1,52	1,71	0,39	<0,12	16,82
GnAlm	SKV-15	11,41	57,28	<0,25	<0,01	1,46	2,04	0,29	0,12	17,28
GnAlm	SKV-24	10,36	56,92	0,26	<0,01	0,84	2,67	0,59	0,73	12,25
GnAlm	SKV-24A	10,43	59,08	0,47	<0,01	1,18	2,41	0,39	0,45	24,85
GnPy	SKV-25	15,56	52,70	0,13	0,13	1,93	1,87	1,10	0,16	8,29

Tabulka 3. Chemismus jednotlivých vzorků (výsledky XRF analýz, hm. %).



Obr. 50. Diagram operující s poměrem $Fe_2O_3/(SiO_2+CaO)$ a Mn/Fe pro hlavní typy rud a hornin.

Z výsledků analýz rudních vzorků je zřejmé, že obsahy železa i v těch nejbohatších rudách jsou poměrně nízké, a proto je možné, že tyto vzorky zůstaly v haldovém materiálu. Ze sledovaných prvků se jeví jako druhý zajímavý mangan. Výsledky potvrdily, že jeho obsahy jsou nejvyšší v typu QtzSps, kde dosahují až 3,9 hm. %. Tento obsah se zdá být relativně nízký, avšak k analýze byly použity vzorky páskovaných metamanganolitů i s partiemi s jen velmi nízkým obsahem granátu. Nejvyšší obsahy železa jsou pochopitelně v rudách typu QtzMgt (na obr. 50 modré čtverečky), obsahy železa se pohybují většinou v intervalu 25–34 hm. % Fe_2O_3 , v nejbohatším vzorku dosahují 43 hm. % Fe_2O_3 (tab. 3). Z údajů v tabulce 3 a také z obrázku 50 je zřejmé, že v typu GnAlm (červená kolečka) jsou jen relativně nízké obsahy manganu, což odpovídá povaze granátu v typu GnAlm. Obsahy manganu v GnSps (zelené trojúhelníčky) jsou o něco vyšší, nižší však než v QtzSps, což souvisí opět s chemickým složením granátu (viz výše).

9. Diskuze

Rudy typu QtzMgt a metamanganolity typu QtzSps ze Skelného vrchu svým nerostným složením a stavbou velmi dobře odpovídají páskovaným železným rudám a metamanganolitům na dobře známých lokalitách v okolí Vernířovic, reprezentovaných např. výskyty železných rud na Zadním Hutisku. To je zřejmé ze srovnání s údaji v mnoha publikovaných i nepublikovaných pracech (např. Pouba 1970, Mücke a Losos 2000, 2007, Zimák a kol. 2002, Buriánek a Kropáč 2009, Kropáč 2012). Přesto bylo zjištěno několik významných rozdílů. V následujících odstavcích budou diskutovány odlišnosti zejména v případě fylosilikátů (biotitu a chloritu) a granátů.

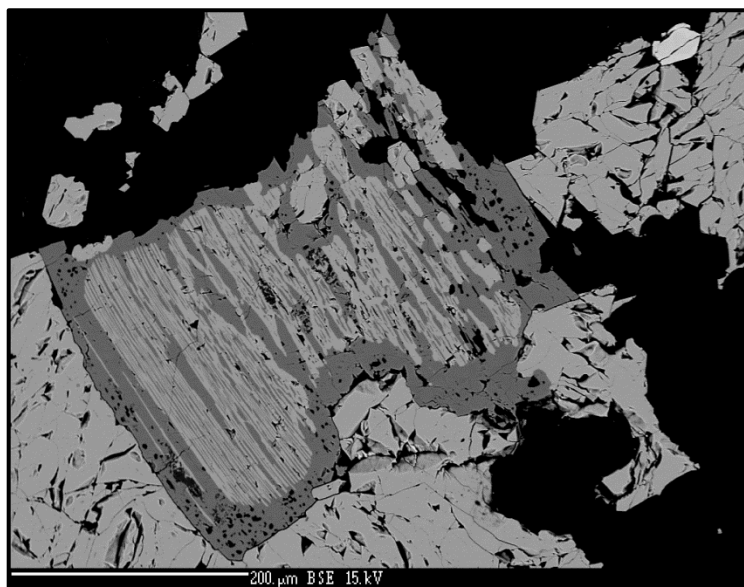
Chemismus biotitu ze Skelného vrchu se liší od chemismu biotitu železných rud a granátovců studovaných např. Mückem a Lososem (2000, 2007). Zatímco biotity ze Skelného vrchu leží v poli annitu, případně na rozhraní annit/flogopit (obr. 44), biotity z typických výskytů v okolí Vernířovic jsou v poli flogopitu, jedna analýza na rozhraní flogopit/eastonit, všechny výsledky analýz uváděných Kropáčem (2012) také odpovídají flogopitu. Chlority železnorudných akumulací v okolí Vernířovic odpovídají podle Mückeho a Lososa (2007) Mg-chloritům (podle klasifikace IMA jde o klinochlor), obsah Si je převážně v rozpětí 2,5–3,0 apfu. Chlority z rud a hornin na Skelném vrchu lze v klasifikaci podle IMA klasifikovat převážně jako chamosit (tj. Fe-chlorit), v klasifikaci podle Melky (1965) jde o thuringit, obsah Si je v rozpětí 2,55–2,75 apfu (podobné jako v případě chloritů z okolí Vernířovic). Podobně jako v případě biotitu jsou i chlority ze Skelného vrchu bohatší železem ve srovnání s chlority z okolí Vernířovic. Možná to souvisí s tím, že chlorit vzniká převážně chloritizací biotitu, a tak může z biotitu bohatšího železem vznikat chlorit bohatší železem. Na Skelném vrchu je přítomen i mladší chlorit, který je součástí puklinové mineralizace alpského typu. Tento chlorit se od chloritu v rudách a horninách liší o něco vyšším obsahem Si a Mg (obr. 45 a 46).

Zvláštností metamanganolitů (QtzSps) na lokalitě Skelný vrch je přítomnost granátu Grs-Adr řady, tvořícího lemy kolem granátu řady Alm-Sps, vyskytujícího se však i v základní tkáni horniny. Mücke a Losos (2000, 2007) z metamanganolitů (granátovců) uvádí pouze granáty Alm-Sps řady s obsahem CaO maximálně 8,50 hm. %. Shodně Kropáč (2012) uvádí z granátovce na Jelením hřbetu maximálně 9,42 hm. % CaO, z lokality Hofberg 11,26 hm. % CaO, obsahy CaO v granátech

z jiných lokalit v okolí Vernířovic jsou podle citovaného autora nižší. Nutno poznamenat, že o přítomnosti granátů Grs-Adr řady se stručně zmiňuje Mücke a Losos (2000), kteří uvádějí grossular (s obsahy 67–72 % Grs) jako akcesorii rozptýlenou v magnetitových rudninách, často v paragenezi s epidotem. Přítomnost granátu Grs-Adr řady z prostoru železnorudných ložisek u Vernířovic a ze sobotínského masivu je známa, avšak vždy jde o mineralizaci alpského typu (Zimák 2008).

V železných rudách na Skelném vrchu se hojně vyskytuje fluorapatit, zcela obdobně jako na jiných akumulacích železných rud v této oblasti (Mücke a Losos 2000, 2007, Kropáč a Zimák 2006, Zimák a Kropáč 2006, Kropáč 2012). V některých vzorcích ze Skelného vrchu apatit obsahuje drobné uzavřeniny magnetitu v neobvykle vysokých koncentracích (viz obr. 14).

Zajímavá zjištění se týkají minerálů titanu. Ve vzorku SKV-2 (obr. 24, typ FsMgt) byly nalezeny křemen-ilmenitové srůsty připomínající symplektity, možná vzniklé přeměnou titanitu. V rudách na Sobotínsku takové srůsty dosud nebyly popsány. Ve vzorcích SKV-6 (GnMgt, obr. 26) a SKV-19 (QtzMgt) byl zjištěn magnetit s odmíšeninami ilmenitu, i to je pro Sobotínsko výjimečné. Ve vzorku SKV-11 (GnAlm) byl původně přítomen titanohematit, jehož rozpadem vznikl ilmenit a hematit, jenž byl patrně následně mušketovitzován, tj. přeměněn na magnetit (obr. 51).



Obr. 51. Produkty rozpadu titanohematitu na ilmenit (šedý) a hematit přeměněný na magnetit (světle šedý). Vzorek SKV-11, typ GnAlm. BSE snímek. Šířka snímku 0,62 mm. Foto: P. Gadas.

Nález tabulky molydenitu v ruce s vtroušeninami pyritu (vzorek SKV-25) je prvním nálezem tohoto minerálu v prostoru ložisek typu BIF v desenské skupině. Na Sobotínsku jde již o druhý nález tohoto minerálu. Poprvé byl zjištěn na křemenné žíle pronikající horninami sobotínského amfibolitového masivu na Kožušné u Štětínova (Zimák a Reif 1984).

V rámci sledovaného prostoru desenské skupiny s akumulacemi rud typu BIF provázených metamanganolity byla na lokalitě Skelný vrch nalezena neobvyklá hornina, mající charakter granátické ruly (GnAlm), s velkými porfyroblasty granátu, silně postiženými kataklázou. Tato hornina sice neobsahuje významější koncentrace magnetitu, ale vzhledem k její mimořádnosti jsem se jí detailně věnovala.

10. Závěr

V průběhu terénních prací jsem provedla dokumentaci stavu terénu v prostoru historického ložiska železných rud formace BIF na Skelném vrchu u Rudoltic. Z haldového materiálu se mi podařilo získat několik vzorků rud a zrudněných hornin. Na základě tohoto materiálu a vzorků předaných vedoucím práce jsem vyčlenila sedm typů železných rud, metamanganolitů a zrudněných hornin. Kromě typických páskovaných křemen-magnetitových rud jsem podrobně studovala pásy metamanganolitů, které jsou součástí vzorků těchto železných rud, a zaměřila jsem se též na v této oblasti neobvyklou horninu, mající charakter granátické ruly.

Páskované křemen-magnetitové rudy ze Skelného vrchu se shodují s obdobnými typy rud dobře známými z jiných historických ložisek v desenských rulách v okolí Vernířovic. Jejich minerální asociace je na Skelném vrchu tvořená kromě magnetitu a křemene také fylosilikáty (převažuje biotit a chlorit), živcem (kyselý plagioklas), někdy je hojný fluorapatit a také amfibol, běžnými akcesorickými minerály jsou granát, ilmenit, epidot a allanit.

Základní minerální asociací metamanganolitu je granát a křemen, ve variabilním množství mohou být přítomny fylosilikáty, případně další minerály. Z hlediska chemického složení lze v metamanganolitu rozlišit dva typy granátu. Převažuje granát Alm-Sps řady, většinou s převahou Alm složky. Tento granát je někdy lemován granátem Grs-Adr řady, jenž někdy v hornině tvoří i samostatná zrna. Přítomnost granátu Grs-Adr řady v metamanganolitech desenské skupiny je neobvyklá. Granáty Grs-Adr řady jsou z této oblasti známy jen z mineralizací alpského typu.

V haldovém materiálu na Skelném vrchu jsou relativně hojné fragmenty granátické ruly s velkými porfyroblasty granátů (až 12 mm). Porfyroblasty granátů jsou silně kataklazované, výplň trhlin v granátu tvoří fylosilikáty (chlorit, biotit a muskovit), křemen, magnetit a ojedinělý epidot. Horniny této povahy nebyly z desenské skupiny známy.

11. Literatura

- Bernard J. H. (1991): Empirical types of ore mineralizations in the bohemian massif. – Geological Survey, Praha.
- Bernard J. H., Pouba Z. a kol. (1986): Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. – Ústřední ústav geologický v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Broska, I., Petřík, I., Uher, P. (2012): Akcesorické minerály granitických hornin Západných Karpát. – Veda, Bratislava.
- Buriánek D., Kropáč K. (2009): Vznik metamorfní minerální asociace granátovců z desenské jednotky silezika. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 16(2009), 100–108.
- Gába Z., Tempírová-Kotrlá D. (2000): Bratři Kleinové, stavitelé silnic a železnic. – Okresní Vlastivědné muzeum, Šumperk.
- Gaucher C., Sial A. N., Frei R. (2015): Chapter 17 - Chemostratigraphy of neoproterozoic banded iron formation (BIF): types, age and origin. – Chemostratigraphy, Concepts, Techniques, and Applications, 433–449.
- Hagemann S. G., Angerer T., Düring P., Rosière C. A., Figueiredo e Silva R. C., Sobato L., Hensler A. S., Walde D. H. G. (2016): BIF-hosted iron mineral system: A review. – Ore Geology Reviews, 76, 317–359.
- Cháb J., Breitr K., Fatka O., Hladil J., Kalvoda J., Šimůnek Z., Štorch P., Vašíček Z., Zajíc J., Zapletal J. (2008): Stručná geologie základu Českého masívu a jeho karbonského a permského pokryvu. – Vydavatelství České geologické služby, Praha.
- Cháb J., Fišera M., Fediuková E., Novotný P., Opletal M., Skácelová D. (1984): Problémy tektonického a metamorfního vývoje východní části Hrubého Jeseníku. – Sborník geologických věd, řada G, 39(1984), 27–72.
- Cháb J., Fediuková E., Fišera M., Novotný P., Opletal M. (1990): Variská orogeneze v silesiku. – Sborník geologických věd, řada LGM, 29(1990), 9–39.
- Iršová B., Zimák J. (2012): Mineralogie dvou typů železných rud z historických ložisek na Rudné hoře u Vernířovic v Hrubém Jeseníku. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 19(2012), No. 1–2, 150–153.
- Klein C. (2005): Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. – American Mineralogist, 90, 1473–1499.

- Klemm D. D. (2000): The formation of Paleoproterozoic banded iron formations and their associated Fe and Mn deposits, with reference to the Grinqualand West deposits, South Africa. – *Journal of African Earth Science*, 30, 1–24.
- Kopa D., Fojt B. (2003): Nová lokalita páskovaných železných rud v rulách desenské skupiny silesika. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 2002*, 74–76.
- Košuličová M., Štípská P. (2007): Variations in the transient prograde geothermal gradient from chloritoid-staurolite equilibria: a case study from the Barrovian and Buchan-type domains in the Bohemian Massif. – *J. metamorphic Geol.*, 25, 19–35.
- Kropáč K. (2012): Mineralogie a geneze páskovaných železných rud desenského krystalinika. MS. Disertační práce. PřF MU Brno.
- Kropáč K., Zimák J. (2006): Fluorapatit páskovaných magnetitových rud desenského krystalinika. – Sborník „Mineralogie Českého masivu a Západních Karpat 2006“, 31–37. Olomouc 2006.
- Li H., Zhang Z., Li L., Zhang Z., Chen J., Yao T. (2014a): Types and general characteristics of the BIF-related iron deposits in China. – *Ore Geology Reviews*, 57, 264–287.
- Li H., Zhai M., Zhang L., Yang Z., Kapsiotis A., Zhou Y., He J., Wang Ch., Liang J. (2014b): Mineralogical and microfabric characteristics of magnetite in the Wuyang Precambrian BIFs, southern North China Craton: Implications for genesis and depositional processes of the associated BIFs. – *Journal of Asian Earth Sciences*, 94, 267–281.
- Losos Z., Princová E. (2002): Lokalita č. 21. Rejhotice - Mnišské jámy. Železné rudy typu BIF v desenských rulách. In Zimák J., Novotný P., Fojt B., Novák M., Vávra V., Kopa D., Losos Z., Princová E., Skácel J. (2002): Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku, 80–83. UP Olomouc.
- Melka K. (1965): Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. – *Věst Ústř Úst geol* 40(1965), str. 23-27.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J. (1983): *Geologie ČSSR I., Český masív.* – Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Mücke A., Losos Z. (2000): Polymetamorfně přepracované, páskované a silicifikované magnetitové rudy v desenských rulách (silesikum, Česká republika). – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 85(2000), 47–80.
- Mücke A., Losos Z. (2007): The magnetite mineralizations of the Desná Group in the Silesicum, Czech Republic: petrographic, mineralogical, and geochemical studies and their genetic implications. – *Journal of Geosciences*, 52, 227–270.
- Novotný P., Zimák J. (1998): Granátem bohaté pásy v amfibolické rule u Sobotína. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1997*, 85–88.
- Posth N. R., Köhler I., Swanner E. D., Schröder Ch., Wellemann E., Binder B., Konhauser K. O., Neumann U., Berthold Ch., Nowak M., Kappler A. (2013): Simulating Precambrian banded iron formation diagenesis. – *Chemical Geology*, 362, 66–73.
- Pouba Z. (1954): Zpráva o geologickém mapování okolí ložisek železných rud u Vernířovic v Hrubém Jeseníku. – *Zpr. geol. Výzk. v r. 1953*, 161–166.

- Pouba Z. (1970): Pre-Cambrian banded magnetite ores of the Desná Dome. – Sborník geologických Věd, Řada LG, 12(1970), 7–64.
- Pouba Z., Dvořák J., Kužvart M., Mísař Z., Musilová L., Prosová M., Röhlich P., Skácel J., Unzeitg M. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000, M – 33 – XVIII, Jeseník. – Ústřední ústav geologický v Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Rasmussen B., Fletcher I. R., Bekker A., Muhling J. R., Gregory C. J., Thorne A. M. (2012): Deposition of 1.88-billion-year-old iron formations as a consequence of rapid crustal growth. – *Nature*, 484, 498–501.
- Sellner F. (1930): Die Magnetitlagerstätten der tschecho-slowakischen Republik. III. Die Vorkommen im Altvatergebirge: a/Mönchschächte bei Winkelsdorf. – *Ztschr. Prakt. Geol.*, 38(1930), Heft 7, 97–104.
- Skácel J. (1954): Geologické mapování jihovýchodního křídla sobotínského amfibolitového masivu u Rudoltic. – *Přírodovědný sborník Ostravského kraje*, 15, 563–572.
- Skácel J. (1955): II. zpráva o geologickém mapování JV od Sobotína. – *Přírodovědný sborník Ostravského kraje*, 16, 305–308.
- Skácel J. (1968): Oblastní surovinová studie Jeseníky. MS Geologický průzkum Ostrava.
- Souček J. (1978): Metamorphic zones of the Vrbno and Rejvíz series, the Hrubý Jeseník Mountains, Czechoslovakia. – *Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 25(1978), No. 3, 195–217.
- Svoboda J., Beneš K., Dudek A., Holubec J., Chaloupský J., Kodým ml. O., Malkovský M., Odehnal L., Polák A., Pouba Z., Sattran V., Škvor V., Weiss J. (1964): Regionální geologie ČSSR, díl 1., Český masív, svazek 1, krystalinikum. – Ústřední ústav geologický v Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Zimák J. (2001): Mineralogie páskovaných magnetitových rud na ložisku „Pod Břidličnou“ u Vernířovic, Hrubý Jeseník. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 2000*, 89–91.
- Zimák J. (2002a): Lokalita č. 17. Vernířovice - Jelení hřbet. Železné rudy typu BIF v desenských rulách. 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, 65–68. UP Olomouc.
- Zimák J. (2002b): Lokalita č. 18. Vernířovice - Pod Břidličnou. Železné rudy typu BIF v desenských rulách. 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, 69–71. UP Olomouc.
- Zimák J. (2008): Grossular v mineralizaci alpského typu na Sobotínsku. – *Minerál*, 16(2008), 4, 310–312.
- Zimák J., Fojt B. (2002): Lokalita č. 16. Vernířovice - Zadní Hutisko. Železné rudy typu BIF v desenských rulách. 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, 60–64. UP Olomouc.

- Zimák J., Kropáč K. (2006): Mineralogy of metamanganolites in BIF of the Desná Group. – *Mineralogia Polonica, Special Papers*, 28(2006), 245–247.
- Zimák J., Novotný P. (2001): Chlorites from Alpine-type veins of the Silesicum (Czech Republic). – *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Geologica* 37, 51–66.
- Zimák J., Novotný P. (2009): Mineralogie metamanganolitu z lokality Mísečky u Vernířovic (Česká republika). – *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz.*, 17(2009), No. 1, 69–72.
- Zimák J., Novotný P., Fojt B., Novák M., Vávra V., Kopa D., Losos Z., Prinzová E., Skácel J. (2002): Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku. UP Olomouc.
- Zimák J., Reif J. (1984): Příspěvek k mineralogii rudní žíly ze Štětínova u Sobotína. – *Časopis pro mineralogii a geologii*, 29(1984), č. 1, 101.
- Zimák J., Reif J. (1991): Mineralogie manganem bohatého skarnu z Vernířovic. – *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Vol. 103, Geographica-Geologica* 30, 1991, 43–62.
- Žáček V. (2000): Granátovec ze Smrčiny u Sobotína. – *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz.*, 8(2000), 259–260.
- Žák L. (1973): Srovnání Mn-granátů z desenské klenby od Vernířovic a chvaletického ložiska v Železných horách. – *Korelace proterozoických a paleozoických stratiformních ložisek (I)*, 31–34.

Internetové zdroje

Důlní díla a poddolování, In: důlní díla a poddolovaná území [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 1. 10. 2019].

Dostupné z: https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/

Přílohy

Tab. I. Výsledky reprezentativních WDX analýz plagioklasu

anal. č. vzorek typ	1 SKV-2 FsMgt	2 SKV-9 GnAlm	3 SKV-11 GnAlm	4 SKV-16 QtzSps	5 SKV-16 QtzSps	6 SKV-25 GnPy
P ₂ O ₅	0	0	0	0	0	0,01
SiO ₂	62,42	59,17	59,18	61,09	60,24	61,68
Al ₂ O ₃	24,09	25,72	25,47	24,24	23,98	24,04
CaO	5,96	8,04	7,74	6,30	5,71	5,84
FeO	0,16	0,09	0,18	0,05	0,08	0,15
SrO	0	0	0,08	0,11	0,06	0
BaO	0	0,01	0	0	0,03	0
PbO	0,04	0	0	0	0,01	0
Na ₂ O	8,49	6,71	7,63	8,58	8,81	8,33
K ₂ O	0,11	0,13	0,13	0,13	0,09	0,12
Cl	nest.	nest.	0,01	0,01	0	nest.
-O=Cl	-	-	0,00	0,00	0,00	-
suma	101,27	99,87	100,42	97,51	99,01	100,17
apfu na 8 atomů kyslíku:						
P ⁵⁺	0	0	0	0	0	0
Si ⁴⁺	2,740	2,643	2,640	2,755	2,712	2,735
Al ³⁺	1,246	1,354	1,339	1,288	1,272	1,256
Ca ²⁺	0,280	0,385	0,370	0,304	0,275	0,277
Fe ²⁺	0,006	0,003	0,007	0,002	0,003	0,006
Sr ²⁺	0	0	0,002	0,003	0,002	0
Ba ²⁺	0	0	0	0	0,001	0
Pb ²⁺	0	0	0	0	0	0
Na ⁺	0,723	0,581	0,660	0,488	0,769	0,716
K ⁺	0,006	0,007	0,007	0,007	0,005	0,007
Cl ⁻	0	0	0,001	0,001	0	0
O ²⁻	8,000	8,000	7,999	7,999	8,000	8,000

Tab. II. Výsledky reprezentativních WDX analýz biotitu (1. část)

anal. č. vzorek typ	7 SKV-3 GnSps	8 SKV-7 QtzMgt	9 SKV-7 QtzMgt	10 SKV-11 GnAlm	11 SKV-11 GnAlm	12 SKV-11 GnAlm	13 SKV-16 QtzSps	14 SKV-20 QtzMgt	15 SKV-20 QtzMgt	16 SKV-20 QtzMgt
P ₂ O ₅	0,01	nest.	nest.	0	0	0,05	0	0	0	0
SiO ₂	36,54	35,68	35,95	35,02	34,49	35,56	36,00	35,91	35,28	34,87
TiO ₂	1,86	1,91	1,91	1,84	1,98	1,82	1,10	2,30	2,04	1,96
Al ₂ O ₃	16,72	17,53	17,86	17,93	17,80	17,76	17,01	16,58	17,93	17,54
Sc ₂ O ₃	nest.	0	0,01	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
V ₂ O ₃	nest.	0,02	0,01	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Cr ₂ O ₃	0,02	0	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0	0,03	0,02
FeO	19,78	21,62	21,23	23,56	23,50	22,56	21,86	22,83	20,76	21,06
MnO	0,41	0,35	0,29	0,12	0,10	0,14	0,40	0,37	0,33	0,32
NiO	0,03	0	0,01	0	0,01	0,01	0,08	0	0,04	0
ZnO	0,04	0,05	0,10	0,08	0	0	0	0,03	0,03	0
MgO	10,08	8,34	8,70	7,10	7,04	7,25	9,35	8,20	8,49	8,42
CaO	0	0,02	0,06	0	0	0,02	0,01	0,03	0,10	0,02
SrO	nest.	0	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
BaO	0,15	0,20	0,24	0,21	0,30	0,27	0,07	0,22	0,27	0,20
Na ₂ O	0,12	0,09	0,09	0,13	0,08	0,10	0,06	0,10	0,07	0,11
K ₂ O	9,05	9,52	9,17	8,91	9,39	8,81	9,31	9,27	9,39	9,43
Rb ₂ O	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
F	0	0,17	0,17	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03	0	0,01	0,01	0,03
-O=F	0	0,07	0,07	0	0	0	0	0	0	0
-O=Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0	0,00	0,00	0,01
suma	94,82	95,44	95,75	94,95	94,72	94,40	95,26	95,85	94,77	93,97
apfu na 11 atomů kyslíku:										
P ⁵⁺	0,001	nest.	nest.	0	0	0,003	0	0	0	0
Si ⁴⁺	2,803	2,752	2,750	2,734	2,712	2,773	2,781	2,774	2,733	2,732
Ti ⁴⁺	0,107	0,111	0,110	0,108	0,117	0,107	0,064	0,134	0,119	0,115
Al ³⁺	1,512	1,593	1,610	1,650	1,650	1,632	1,549	1,510	1,637	1,620
Sc ³⁺	nest.	0	0,001	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
V ³⁺	nest.	0,001	0,001	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Cr ³⁺	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0	0,002	0,001
Fe ²⁺	1,269	1,394	1,358	1,538	1,545	1,471	1,412	1,475	1,345	1,380
Mn ²⁺	0,027	0,023	0,019	0,008	0,007	0,009	0,026	0,024	0,022	0,021
Ni ²⁺	0,002	0	0,001	0	0,001	0,001	0,005	0	0,002	0
Zn ²⁺	0,002	0,003	0,006	0,005	0	0	0	0,002	0,002	0
Mg ²⁺	1,153	0,959	0,992	0,826	0,825	0,843	1,077	0,944	0,981	0,983
Ca ²⁺	0	0,002	0,005	0	0	0,002	0,001	0,002	0,008	0,002
Ba ²⁺	0,005	0,006	0,007	0,006	0,009	0,008	0,002	0,007	0,008	0,006
Na ⁺	0,018	0,013	0,013	0,020	0,012	0,015	0,009	0,015	0,011	0,017
K ⁺	0,886	0,937	0,895	0,887	0,942	0,876	0,918	0,914	0,928	0,943
F ⁻	0	0,041	0,041	0	0	0	0	0	0	0
Cl ⁻	0,001	0,001	0,003	0,005	0,004	0,004	0	0,001	0,001	0,004
O ²⁻	10,999	10,957	10,956	10,995	10,996	10,996	11,000	10,999	10,999	10,996

Tab. II. Výsledky reprezentativních WDX analýz biotitu (2. část)

anal. č. vzorek typ	17 SKV-20 QtzMgt	18 SKV-24 GnAlm	19 SKV-25 GnPy
P ₂ O ₅	0,03	0	nest.
SiO ₂	34,42	36,58	35,77
TiO ₂	1,63	1,77	1,69
Al ₂ O ₃	17,83	17,72	17,51
Sc ₂ O ₃	nest.	nest.	0,05
V ₂ O ₃	nest.	nest.	0,11
Cr ₂ O ₃	0	0	0,08
FeO	22,07	20,76	18,61
MnO	0,30	0,24	0,22
NiO	0,01	0,02	0,04
ZnO	0,03	0,05	0,07
MgO	9,40	9,81	10,87
CaO	0,05	0,02	0,01
SrO	nest.	nest.	0
BaO	0,21	0,26	0,21
Na ₂ O	0,10	0,10	0,09
K ₂ O	8,72	9,58	9,08
Rb ₂ O	nest.	nest.	nest.
F	0	0	0,34
Cl	0,01	0	0
-O=F	0	0	0,14
-O=Cl	0,00	0	0
suma	94,81	96,91	94,61
apfu na 11 atomů kyslíku:			
P ⁵⁺	0,002	0	nest.
Si ⁴⁺	2,677	2,761	2,735
Ti ⁴⁺	0,095	0,100	0,097
Al ³⁺	1,634	1,576	1,578
Sc ³⁺	nest.	nest.	0,003
V ³⁺	nest.	nest.	0,007
Cr ³⁺	0	0	0,005
Fe ²⁺	1,435	1,311	1,190
Mn ²⁺	0,020	0,015	0,014
Ni ²⁺	0,001	0,001	0,002
Zn ²⁺	0,002	0,003	0,004
Mg ²⁺	1,090	1,104	1,239
Ca ²⁺	0,004	0,002	0,001
Ba ²⁺	0,006	0,008	0,006
Na ⁺	0,015	0,015	0,013
K ⁺	0,865	0,923	0,886
F ⁻	0	0	0,082
Cl ⁻	0,001	0	0
O ²⁻	10,999	11,000	10,918

Tab. III. Výsledky reprezentativních WDX analýz chloritu (2. část)

anal. č. vzorek typ	30 SKV-24 GnAlm	31 SKV-25 GnPy	32 SKV-26 QtzSps
P ₂ O ₅	0,04	nest.	nest.
SiO ₂	25,02	25,46	25,12
TiO ₂	0,08	0,07	0,09
Al ₂ O ₃	21,97	22,39	21,56
Sc ₂ O ₃	nest.	0,02	0
V ₂ O ₃	nest.	0,07	0
Cr ₂ O ₃	0	0,08	0,02
FeO	26,06	22,87	25,70
MnO	0,52	0,40	0,69
NiO	0,04	0,03	0,09
ZnO	0	0,05	0,01
MgO	14,29	16,29	14,22
CaO	0	0	0,02
SrO	nest.	0	0
BaO	0,04	0,02	0
Na ₂ O	0,02	0	0,03
K ₂ O	0,03	0,01	0,01
Rb ₂ O	nest.	nest.	nest.
F	0	0,01	0,01
Cl	0	0	0
-O=F	0	0,00	0,00
-O=Cl	0	0	0
suma	88,11	87,77	87,57
apfu na 14 atomů kyslíku:			
P ⁵⁺	0,004	nest.	nest.
Si ⁴⁺	2,639	2,647	2,665
Ti ⁴⁺	0,006	0,005	0,007
Al ³⁺	2,732	2,744	2,696
Sc ³⁺	nest.	0,002	0
V ³⁺	nest.	0,006	0
Cr ³⁺	0	0,007	0,002
Fe ²⁺	2,299	1,989	2,281
Mn ²⁺	0,046	0,035	0,062
Ni ²⁺	0,003	0,003	0,008
Zn ²⁺	0	0,004	0,001
Mg ²⁺	2,247	2,525	2,249
Ca ²⁺	0	0	0,002
Ba ²⁺	0,002	0,001	0
Na ⁺	0,004	0	0,006
K ⁺	0,004	0,001	0,001
F ⁻	0	0,003	0,003
Cl ⁻	0	0	0
O ²⁻	14,000	13,997	13,997
F/FM			

Tab. IV. Výsledky reprezentativních WDX analýz muskovitu.

anal. č.	33	34	35	36	37
vzorek	SKV-1	SKV-9	SKV-11	SKV-11	SKV-11
typ	GnAlm	GnAlm	GnAlm	GnAlm	GnAlm
P ₂ O ₅	0	nest.	0,02	0,01	0,01
SiO ₂	45,91	46,35	46,61	45,54	45,54
TiO ₂	0,29	0,20	0,33	0,28	0,24
Al ₂ O ₃	32,71	33,85	30,73	33,02	32,10
Sc ₂ O ₃	nest.	0,02	nest.	nest.	nest.
V ₂ O ₃	nest.	0	nest.	nest.	nest.
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0	0,04	0,01
FeO	3,65	3,56	4,21	3,06	4,37
MnO	0,01	0	0,02	0,03	0
NiO	0,06	0,02	0	0	0
ZnO	0	0	0	0	0
MgO	0,76	0,64	1,21	0,79	0,84
CaO	0	0	0,02	0	0
SrO	nest.	0	nest.	nest.	nest.
BaO	0,41	0,40	0,40	0,45	0,42
Na ₂ O	0,67	0,57	0,37	0,58	0,56
K ₂ O	10,70	10,26	10,35	10,41	10,40
Rb ₂ O	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
F	0,08	0,11	0,09	0,07	0,04
Cl	0	0	0,01	0	0
-O=F	0,003	0,05	0,04	0,03	0,02
-O=Cl	0	0	0,00	0	0
suma	95,24	95,94	94,33	94,25	94,51
apfu na 11 atomů kyslíku:					
P ⁵⁺	0	nest.	0,001	0,001	0,001
Si ⁴⁺	3,115	3,104	3,190	3,108	3,120
Ti ⁴⁺	0,015	0,010	0,017	0,014	0,012
Al ³⁺	2,616	2,672	2,479	2,656	2,592
Sc ³⁺	nest.	0,001	nest.	nest.	nest.
V ³⁺	nest.	0	nest.	nest.	nest.
Cr ³⁺	0,001	0,001	0	0,002	0,001
Fe ²⁺	0,207	0,199	0,241	0,175	0,250
Mn ²⁺	0,001	0	0,001	0,002	0
Ni ²⁺	0,003	0,001	0	0	0
Mg ²⁺	0,077	0,064	0,123	0,080	0,086
Ca ²⁺	0	0	0,001	0	0
Ba ²⁺	0,011	0,010	0,011	0,012	0,011
Na ⁺	0,088	0,074	0,049	0,077	0,074
K ⁺	0,926	0,877	0,904	0,906	0,909
F ⁻	0,017	0,023	0,019	0,015	0,009
Cl ⁻	0	0	0,001	0	0
O ²⁻	10,983	10,977	10,979	10,985	10,991

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (1. část).

anal. č.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
vzorek	SKV-1	SKV-1	SKV-1	SKV-2	SKV-2	SKV-2	SKV-2	SKV-2	SKV-3	SKV-3
typ	GnAlm	GnAlm	GnAlm	FsMgt	FsMgt	FsMgt	FsMgt	FsMgt	GnSps	GnSps
P ₂ O ₅	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0,02	0,02	0,01
SiO ₂	37,33	37,37	37,23	37,84	37,78	37,51	37,37	37,43	37,44	37,02
TiO ₂	0,05	0,06	0,04	0,08	0,17	0,06	0,11	0,10	0,07	0,01
Al ₂ O ₃	19,96	20,26	20,72	20,62	20,66	20,33	20,36	20,44	20,42	20,49
V ₂ O ₃	nest.	nest.	0	0	0,01	0	0	0	nest.	nest.
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,02	0	0	0	0,01
Y ₂ O ₃	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃	2,48	1,64	2,19	1,24	0,36	1,76	0,54	0,67	1,49	0,80
FeO	28,12	32,03	29,10	17,74	14,97	17,45	14,49	20,89	22,45	23,94
FeO ^{tot}	30,35	33,51	31,07	18,86	15,29	19,03	14,98	21,49	23,79	24,66
MnO	4,87	0,14	2,23	15,94	22,03	15,74	22,35	12,54	11,72	12,83
NiO	0	0,02	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0	0
ZnO	nest.	nest.	nest.	0,03	0	0,02	0	0	nest.	nest.
MgO	1,74	3,20	3,17	2,34	1,00	2,31	1,02	0,89	2,84	1,43
CaO	6,53	5,15	5,79	5,53	4,83	5,69	4,50	7,56	4,25	3,54
Na ₂ O	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0	0,01	0,06
K ₂ O	0	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0	0
F	0	0	0	0,01	0	0,02	0,03	0,03	0	0
-O=F	0	0	0	0,00	0	0,01	0,01	0,01	0	0
suma	101,23	99,97	100,54	101,42	101,85	100,92	100,79	100,57	100,71	100,14

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (1. část, dokončení tabulky).

anal. č. vzorek typ	38 SKV-1 GnAlm	39 SKV-1 GnAlm	40 SKV-1 GnAlm	41 SKV-2 FsMgt	42 SKV-2 FsMgt	43 SKV-2 FsMgt	44 SKV-2 FsMgt	45 SKV-2 FsMgt	46 SKV-3 GnSps	47 SKV-3 GnSps
apfu na 12 atomů kyslíku a sumu kationtů 8:										
P ⁵⁺	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,001
Si ⁴⁺	2,983	2,993	2,961	2,997	3,009	2,990	3,011	3,005	2,989	3,000
Al ³	0,017	0,006	0,037	0,002	0	0,010	0	0	0,010	0
suma T	3,000	3,000	3,000	3,000	3,010	3,000	3,012	3,006	3,000	3,001
Ti ⁴⁺	0,003	0,004	0,002	0,005	0,010	0,004	0,007	0,006	0,004	0,001
Al ³⁺	1,863	1,907	1,905	1,923	1,940	1,899	1,933	1,934	1,912	1,957
V ³⁺	nest.	nest.	0	0	0,001	0	0	0	nest.	nest.
Cr ³⁺	0,001	0,001	0,001	0	0,001	0,001	0	0	0	0,001
Fe ³⁺	0,149	0,099	0,131	0,074	0,021	0,105	0,033	0,040	0,089	0,049
suma B	2,016	2,010	2,039	2,002	1,972	2,010	1,973	1,980	2,005	2,008
Y ³	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ²⁺	1,879	2,145	1,936	1,175	0,997	1,163	0,976	1,403	1,499	1,622
Mn ²⁺	0,330	0,009	0,150	1,069	1,486	1,063	1,525	0,853	0,793	0,881
Ni ²⁺	0	0,001	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0	0
Zn ²⁺	nest.	nest.	nest.	0,002	0	0,001	0	0	nest.	nest.
Mg ²⁺	0,207	0,382	0,376	0,276	0,119	0,274	0,123	0,107	0,338	0,173
Ca ²⁺	0,559	0,442	0,493	0,469	0,412	0,486	0,388	0,650	0,364	0,307
Na ⁺	0,006	0,008	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0	0,002	0,009
K ⁺	0	0,002	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0
suma A	2,985	2,990	2,961	2,998	3,018	2,990	3,016	3,013	2,995	2,993
F ⁻	0	0	0	0,003	0	0,005	0,008	0,008	0	0
O ²⁻	12,000	12,000	12,000	11,997	12,000	11,995	11,992	11,992	12,000	12,000
podíl složek (%):										
Alm	63,2	72,0	65,5	39,3	33,1	39,0	32,4	46,6	50,1	54,4
Sps	11,1	0,3	5,1	35,8	49,3	35,6	50,6	28,3	26,5	29,5
Prp	7,0	12,8	12,7	9,2	3,9	9,2	4,1	3,5	11,3	5,8
Grs+Adr	18,8	14,8	16,7	15,7	13,7	16,3	12,9	21,6	12,1	10,3

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (2. část).

anal. č. vzorek typ	48 SKV-3 GnSps	49 SKV-3 GnSps	50 SKV-7 QtzMgt	51 SKV-9 GnAlm	52 SKV-11 GnAlm	53 SKV-11 GnAlm	54 SKV-11 GnAlm	55 SKV-16 QtzSps	56 SKV-16 QtzSps	57 SKV-16 QtzSps
P ₂ O ₅	0,01	0	0	0,01	0,04	0,05	0,02	0	0	0,03
SiO ₂	37,00	37,31	37,67	37,69	37,41	37,48	37,15	36,44	38,16	34,52
TiO ₂	0,04	0,03	0	0,06	0,02	0,03	0,02	0,08	0,02	3,26
Al ₂ O ₃	20,11	20,97	20,70	20,55	20,67	21,11	20,94	19,46	21,42	7,14
V ₂ O ₃	nest.	nest.	0	0	0,03	0	0,01	nest.	nest.	nest.
Cr ₂ O ₃	0,01	0	0,01	0	0,03	0	0,01	0	0	0,02
Y ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0
Fe ₂ O ₃	2,10	1,39	0,50	0,32	1,13	1,02	1,32	4,32	0,27	18,36
FeO	21,49	23,34	33,19	33,15	32,04	32,22	32,07	15,59	24,24	0
FeO ^{tot}	23,38	24,59	33,64	33,44	33,06	33,14	33,26	19,48	24,48	16,52
MnO	10,22	9,86	1,35	0,09	0,38	0,08	0,15	17,84	11,52	0,59
NiO	0	0	nest.	nest.	0	0,01	0	0	0	0
ZnO	nest.	nest.	0	0,05	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
MgO	2,56	0,96	3,59	2,58	3,02	3,47	3,13	1,93	1,42	0,12
CaO	5,92	7,38	3,19	5,57	5,42	4,85	5,18	5,05	5,48	34,44
Na ₂ O	0,06	0,02	0	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01
K ₂ O	0,01	0,02	0	0,01	0,01	0,03	0	0,01	0	0,01
F	0	0	0,01	0,03	0	0	0	0	0	0,55
-O=F	0	0	0,00	0,01	0	0	0	0	0	0,23
suma	99,53	101,28	100,21	100,12	100,21	100,38	100,02	100,73	102,57	98,82

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (2. část, dokončení tabulky).

anal. č.	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
vzorek	SKV-3	SKV-3	SKV-7	SKV-9	SKV-11	SKV-11	SKV-11	SKV-16	SKV-16	SKV-16
typ	GnSps	GnSps	QtzMgt	GnAlm	GnAlm	GnAlm	GnAlm	QtzSps	QtzSps	QtzSps
apfu na 12 atomů kyslíku a sumu kationtů 8:										
P ⁵⁺	0,001	0	0	0,001	0,003	0,003	0,001	0	0	0,002
Si ⁴⁺	2,983	2,974	3,010	3,018	2,987	2,978	2,970	2,940	3,001	2,857
Al ³	0,017	0,026	0	0	0,010	0,019	0,028	0,060	0	0,140
suma T	3,000	3,000	3,010	3,019	3,000	3,000	3,000	3,000	3,001	3,000
Ti ⁴⁺	0,002	0,002	0	0,004	0,001	0,002	0,001	0,005	0,001	0,203
Al ³⁺	1,894	1,944	1,949	1,939	1,936	1,958	1,945	1,790	1,986	0,556
V ³⁺	nest.	nest.	0	0	0,002	0	0,001	nest.	nest.	nest.
Cr ³⁺	0,001	0	0,001	0	0,002	0	0,001	0	0	0,001
Fe ³⁺	0,127	0,083	0,030	0,019	0,068	0,061	0,080	0,262	0,016	1,144
suma B	2,024	2,029	1,980	1,962	2,009	2,021	2,027	2,058	2,004	1,904
Y ³	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0
Fe ²⁺	1,449	1,556	2,218	2,220	2,140	2,141	2,144	1,052	1,594	0
Mn ²⁺	0,698	0,666	0,091	0,006	0,026	0,005	0,010	1,219	0,767	0,041
Ni ²⁺	0	0	nest.	nest.	0	0,001	0	0	0	0
Zn ²⁺	nest.	nest.	0	0,003	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Mg ²⁺	0,308	0,114	0,428	0,308	0,360	0,411	0,373	0,232	0,166	0,015
Ca ²⁺	0,511	0,630	0,273	0,478	0,464	0,413	0,444	0,437	0,462	3,054
Na ⁺	0,009	0,003	0	0,003	0,002	0,005	0,002	0,002	0,006	0,002
K ⁺	0,001	0,002	0	0,001	0,001	0,003	0	0,001	0	0,001
suma A	2,976	2,971	3,010	3,019	2,991	2,979	2,973	2,942	2,996	3,113
F ⁻	0	0	0,003	0,008	0	0	0	0	0	0,144
O ²⁻	12,000	12,000	11,997	11,992	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	11,856
podíl složek (%):										
Alm	48,9	52,5	73,7	73,7	71,6	72,1	72,2	35,8	53,3	0
Sps	23,5	22,4	3,0	0,2	0,9	0,2	0,3	41,5	25,7	1,3
Prp	10,4	3,8	14,2	10,2	12,0	13,8	12,6	7,9	5,6	0,5
Grs+Adr	17,2	21,3	9,1	15,9	15,5	13,9	14,9	14,8	15,4	98,2

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (3. část).

anal. č.	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
vzorek	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-19	SKV-19	SKV-20
typ	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzMgt	QtzMgt	QtzMgt
P ₂ O ₅	0,03	0	0	0,02	0,02	0,02	0,04	0,07	0,02	0
SiO ₂	35,89	36,96	36,83	34,76	34,65	37,57	35,23	37,43	37,51	37,44
TiO ₂	1,45	0,16	0,22	0,21	1,81	0,05	1,83	0,05	0	0
Al ₂ O ₃	8,27	21,27	20,86	4,12	6,64	20,82	7,24	20,35	21,02	21,07
V ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,03	0	nest.
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,01	0	0	0,01	0,03	0,02	0,01	0
Y ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Fe ₂ O ₃	19,33	2,02	1,79	25,04	20,28	1,50	19,36	0,59	0,88	0,53
FeO	0	16,68	21,86	0	0	16,77	0	33,59	32,80	35,16
FeO ^{tot}	17,39	18,50	23,47	22,53	18,25	18,12	17,42	34,12	33,59	35,64
MnO	0,44	17,38	11,60	0,63	0,95	16,69	0,85	1,65	0,98	1,78
NiO	0	0	0	0,01	0	0,02	0	nest.	nest.	0
ZnO	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,02	0,03	nest.
MgO	0	2,31	1,38	0	0,07	2,60	0	3,05	3,72	2,31
CaO	34,59	4,03	6,35	33,77	33,55	5,14	33,61	3,30	3,41	2,83
Na ₂ O	0,04	0,16	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0	0,01	0
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0	0	0,02
F	0,39	0	0	0,29	0,49	0	0,67	0	0,02	0
-O=F	0,16	0	0	0,12	0,21	0	0,28	0	0,01	0
suma	100,29	100,99	100,91	98,74	98,27	101,21	98,62	100,15	100,40	101,15

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (3. část, dokončení tabulky).

anal. č.	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
vzorek	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-16	SKV-19	SKV-19	SKV-20
typ	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzSps	QtzMgt	QtzMgt	QtzMgt
apfu na 12 atomů kyslíku a sumu kationtů 8:										
P ⁵⁺	0,002	0	0	0,001	0,001	0,001	0,003	0,005	0,001	0
Si ⁴⁺	2,911	2,944	2,949	2,934	2,896	2,979	2,921	3,007	2,987	2,992
Al ³	0,087	0,056	0,051	0,064	0,102	0,020	0,077	0	0,012	0,008
suma T	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,012	3,000	3,000
Ti ⁴⁺	0,088	0,010	0,013	0,013	0,114	0,003	0,114	0,003	0	0
Al ³⁺	0,703	1,941	1,917	0,346	0,552	1,926	0,631	1,927	1,961	1,977
V ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,002	nest.	nest.
Cr ³⁺	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0
Fe ³⁺	1,179	0,121	0,108	1,590	1,276	0,090	1,208	0,036	0,051	0,032
suma B	1,972	2,072	2,039	1,949	1,941	2,019	1,955	1,968	2,012	2,009
Y ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ²⁺	0	1,111	1,464	0	0	1,112	0	2,257	2,186	2,350
Mn ²⁺	0,030	1,173	0,787	0,045	0,067	1,121	0,060	0,112	0,066	0,121
Ni ²⁺	0	0	0	0,001	0	0,001	0	nest.	nest.	0
Zn ²⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,001	0,002	nest.
Mg ²⁺	0	0,274	0,165	0	0,009	0,307	0	0,365	0,442	0,275
Ca ²⁺	3,006	0,344	0,545	3,054	3,005	0,437	2,985	0,284	0,291	0,242
Na ⁺	0,006	0,025	0	0,002	0,002	0,003	0,005	0	0,002	0
K ⁺	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0,002
suma A	3,043	2,928	2,961	3,102	3,082	2,981	3,051	3,020	2,988	2,991
F ⁻	0,100	0	0	0,077	0,130	0	0,176	0	0,005	0
O ²⁻	11,900	12,000	12,000	11,923	11,870	12,000	11,824	12,000	11,995	12,000
podíl složek (%):										
Alm	0	38,3	49,5	0	0	37,4	0	74,8	73,2	78,6
Sps	1,0	40,4	26,6	1,5	2,2	37,7	2,0	3,7	2,2	4,0
Prp	0	9,5	5,6	0	0,3	10,3	0	12,1	14,8	9,2
Grs+Adr	99,0	11,9	18,4	98,5	97,5	14,7	98,0	9,4	9,7	8,1

Tab. V. Výsledky reprezentativních WDX analýz granátu (4. část).

anal. č.	68	69	70	71
vzorek	SKV-20	SKV-20	SKV-20	SKV-24
typ	QtzMgt	QtzMgt	QtzMgt	GnAlm
P ₂ O ₅	0,06	0,03	0,17	0
SiO ₂	36,85	37,50	37,36	36,94
TiO ₂	0	0	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	21,01	20,92	21,04	20,91
V ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0
Cr ₂ O ₃	0	0,01	0,01	0,02
Y ₂ O ₃	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃	2,18	1,82	2,71	2,23
FeO	33,86	33,53	32,93	28,56
FeO ^{tot}	35,82	35,17	35,37	30,57
MnO	1,13	0,84	1,00	3,36
NiO	0	0	0	0,01
ZnO	nest.	nest.	nest.	nest.
MgO	2,81	3,76	3,45	3,03
CaO	2,97	2,92	3,22	5,22
Na ₂ O	0,07	0,01	0,17	0,02
K ₂ O	0,02	0,01	0	0,01
F	0	0	0	0
-O=F	0	0	0	0
suma	100,96	101,35	102,07	100,32

anal. č.	68	69	70	71
vzorek	SKV-20	SKV-20	SKV-20	SKV-24
typ	QtzMgt	QtzMgt	QtzMgt	GnAlm
apfu na 12 atomů kyslíku a sumu kat. 8:				
P ⁵⁺	0,004	0,002	0,011	0
Si ⁴⁺	2,945	2,968	2,940	2,950
Al ³	0,051	0,030	0,049	0,050
suma T	3,000	3,000	3,000	3,000
Ti ⁴⁺	0	0	0,001	0,001
Al ³⁺	1,928	1,921	1,902	1,918
V ³⁺	nest.	nest.	nest.	0
Cr ³⁺	0	0,001	0,001	0,001
Fe ³⁺	0,131	0,109	0,161	0,134
suma B	2,059	2,031	2,064	2,054
Y ³	0	0	0	0
Fe ²⁺	2,263	2,219	2,167	1,907
Mn ²⁺	0,076	0,056	0,067	0,227
Ni ²⁺	0	0	0	0
Zn ²⁺	nest.	nest.	nest.	nest.
Mg ²⁺	0,335	0,444	0,405	0,361
Ca ²⁺	0,254	0,248	0,271	0,447
Na ⁺	0,011	0,002	0,026	0,003
K ⁺	0,002	0,001	0	0,001
suma A	2,941	2,969	2,936	2,946
F ⁻	0	0	0	0
O ²⁻	12,000	12,000	12,000	12,000
podíl složek (%):				
Alm	77,3	74,8	74,5	64,8
Sps	2,6	1,9	2,3	7,7
Prp	11,4	15,0	13,9	12,3
Grs+Adr	8,7	8,3	9,3	15,2

Tab. VI. Výsledky reprezentativních WDX analýz minerálů epidotové skupiny (1. část).

anal. č. vzorek typ	72 SKV-6 GnMgt	73 SKV-6 GnMgt	74 SKV-1 GnAlm	75 SKV-2 FsMgt	76 SKV-3 GnSps	77 SKV-3 GnSps	78 SKV-3 GnSps	79 SKV-3 GnSps	80 SKV-3 GnSps	81 SKV-11 GnAlm
P ₂ O ₅	nest.	nest.	0,05	0,07	0,08	0,11	0,01	0,02	0,10	0,02
SiO ₂	38,88	38,23	38,30	34,30	33,85	32,61	37,47	37,51	34,27	38,00
TiO ₂	0,07	0,06	0,02	0,15	0,05	0,08	0,06	0,09	0,05	0,07
ThO ₂	nest.	nest.	nest.	0,98	1,08	1,49	0	nest.	0,72	0
ZrO ₂	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0,01	nest.	0,01	0
UO ₂	nest.	nest.	nest.	0,05	0,09	0,04	0	nest.	0,07	0,01
Al ₂ O ₃	24,29	24,01	24,21	18,47	19,24	18,37	23,99	23,64	20,08	24,15
Cr ₂ O ₃	0,01	0,03	0	nest.	0	0	0,06	0,07	0	0,03
Sc ₂ O ₃	0	0	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
V ₂ O ₃	0,05	0,05	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Fe ₂ O ₃	13,04	12,75	11,91	12,11	12,43	13,39	12,91	12,71	11,05	12,96
Y ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,27	0	0	0	nest.	0	0
La ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	3,80	3,12	3,95	0	nest.	3,05	0
Ce ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	7,11	5,92	7,01	0,03	nest.	5,35	0,02
Pr ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,86	0,75	0,61	0	nest.	0,59	0
Nd ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	3,01	2,87	2,64	0	nest.	2,59	0
Sm ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,38	0,62	0,46	0	nest.	0,56	0,01
Eu ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Gd ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,22	0,20	0,09	0,05	nest.	0,43	0,11
Tb ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,04	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Dy ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,01	0	0	0	nest.	0	0
Ho ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0,06	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Er ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0,01	nest.	0	0,07
Tm ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Yb ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Lu ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
MnO	0,24	0,17	0,10	1,61	1,06	1,19	0,33	0,33	0,93	0,04
NiO	0,03	0,04	0	nest.	nest.	nest.	nest.	0,06	nest.	nest.
ZnO	0	0	0,01	nest.	nest.	nest.	nest.	0,01	nest.	nest.
MgO	0,01	0,03	0,02	0,69	0,46	0,66	0,03	0,02	0,53	0,01
CaO	23,38	23,54	23,84	11,67	13,36	11,54	23,51	23,43	14,22	24,02
SrO	0,17	0,11	nest.	nest.	0	0	0,10	nest.	0	0
BaO	0	0,01	0	nest.	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.
PbO	nest.	nest.	nest.	0,12	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Na ₂ O	0,05	0,03	0,03	0,20	0,18	0,11	0,02	0,01	0,13	0,02
K ₂ O	0	0	0,03	nest.	0,04	0,03	0	0,02	0,06	0,01
F	0,12	0,10	0,02	0,15	0,01	0	0,01	0	0	0,02
Cl	0	0	0	0	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.
-O=F	0,05	0,04	0,01	0,06	0,00	0	0,00	0,00	0	0,01
suma	100,29	99,12	98,53	96,27	95,41	94,38	98,60	97,92	94,79	99,56

Tab. VI. Výsledky reprezentativních WDX analýz minerálů epidotové skupiny (1. část, dokončení tabulky).

anal. č. vzorek typ	72 SKV-6 GnMgt	73 SKV-6 GnMgt	74 SKV-1 GnAlm	75 SKV-2 FsMgt	76 SKV-3 GnSps	77 SKV-3 GnSps	78 SKV-3 GnSps	79 SKV-3 GnSps	80 SKV-3 GnSps	81 SKV-11 GnAlm
apfu na 12,5 atomů kyslíku:										
P ⁵⁺	nest.	nest.	0,003	0,005	0,006	0,009	0,001	0,001	0,008	0,001
Si ⁴⁺	3,014	3,002	3,016	3,067	3,023	2,988	2,969	2,988	3,038	2,979
Ti ⁴⁺	0,004	0,004	0,001	0,010	0,003	0,006	0,004	0,005	0,003	0,004
Th ⁴⁺	nest.	nest.	nest.	0,020	0,022	0,031	0	nest.	0,014	0
Zr ⁴⁺	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	0	0
U ⁴⁺	nest.	nest.	nest.	0,001	0,002	0,001	0	nest.	0,001	0
Al ³⁺	2,220	2,222	2,247	1,947	2,025	1,984	2,240	2,220	2,098	2,231
Cr ³⁺	0,001	0,002	0	nest.	0	0	0,004	0,004	0	0,002
V ³⁺	0,003	0,003	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Fe ³⁺	0,761	0,753	0,706	0,815	0,835	0,923	0,770	0,762	0,737	0,765
Y ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,013	0	0	0	nest.	0	0
La ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,125	0,103	0,134	0	nest.	0,010	0
Ce ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,233	0,194	0,235	0,001	nest.	0,174	0,001
Pr ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,028	0,024	0,020	0	nest.	0,019	0
Nd ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,096	0,092	0,086	0	nest.	0,082	0
Sm ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,012	0,019	0,015	0	nest.	0,017	0
Gd ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,006	0,006	0,003	0,001	nest.	0,013	0,003
Tb ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,001	0	0	nest.	nest.	0	nest.
Dy ³⁺	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	0	0
Ho ³⁺	nest.	nest.	nest.	0,002	0	0	nest.	nest.	0	nest.
Er ³⁺	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	0	0,002
Tm ³⁺	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Yb ³⁺	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Lu ³⁺	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Mn ²⁺	0,016	0,011	0,007	0,122	0,080	0,092	0,022	0,022	0,070	0,003
Ni ²⁺	0,002	0,003	0	nest.	nest.	nest.	nest.	0,004	nest.	0
Zn ²⁺	0	0	0,001	nest.	nest.	nest.	nest.	0,001	nest.	0
Mg ²⁺	0,001	0,004	0,002	0,092	0,061	0,090	0,004	0,002	0,070	0,001
Ca ²⁺	1,942	1,981	2,012	1,118	1,278	1,133	1,996	2,000	1,351	2,018
Sr ²⁺	0,008	0,005	nest.	nest.	0	0	0,005	nest.	0	0
Ba ²⁺	0	0	0	nest.	nest.	nest.	nest.	0	nest.	nest.
Pb ²⁺	nest.	nest.	nest.	0,003	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Na ⁺	0,008	0,005	0,005	0,035	0,031	0,020	0,003	0,002	0,022	0,003
K ⁺	0	0	0,003	0	0,005	0,004	0	0,002	0,007	0,001
catsum	7,979	7,994	8,002	7,751	7,809	7,773	8,018	8,013	7,825	8,013
F ⁻	0,029	0,025	0,005	0,042	0,003	0	0,003	0	0	0,005
O ²⁻	12,471	12,475	12,495	12,458	12,497	12,500	12,497	12,500	12,500	12,495

Tab. VI. Výsledky reprezentativních WDX analýz minerálů epidotové skupiny (2. část).

anal. č. vzorek typ	82 SKV-11 GnAlm	83 SKV-11 GnAlm	84 SKV-11 GnAlm	85 SKV-16 QtzSps	86 SKV-20 QtzMgt	87 SKV-22 QtzMgt	88 SKV-22 QtzMgt	89 SKV-22 QtzMgt
P ₂ O ₅	0,03	0,04	0	0,03	0,17	0,06	0,03	0,01
SiO ₂	37,92	38,54	37,07	37,71	33,83	35,29	38,13	38,37
TiO ₂	0,06	0,06	0,10	0,02	0,07	0,01	0,08	0,10
ThO ₂	0,05	0,01	nest.	0,02	0,50	0,37	0	0
ZrO ₂	0	0	nest.	0	0	0	0	0
UO ₂	0,01	0	nest.	0	0,12	0,06	0	0,01
Al ₂ O ₃	23,92	24,07	23,79	23,83	20,58	22,81	24,50	24,08
Cr ₂ O ₃	0,01	0,05	0,06	0	0,10	0	0,01	0,01
Sc ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
V ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Fe ₂ O ₃	13,51	13,03	13,72	12,86	12,82	11,54	12,36	13,26
Y ₂ O ₃	0	0	nest.	0	0	0,17	0	0
La ₂ O ₃	0,01	0	nest.	0	2,43	1,08	0,02	0,01
Ce ₂ O ₃	0	0,01	nest.	0	5,13	2,28	0,03	0
Pr ₂ O ₃	0	0	nest.	0	0,34	0,28	0,04	0,07
Nd ₂ O ₃	0,03	0	nest.	0	2,50	1,01	0,04	0,01
Sm ₂ O ₃	0,01	0	nest.	0	0,50	0,27	0,02	0
Eu ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Gd ₂ O ₃	0	0	nest.	0	0,20	0,22	0	0
Tb ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Dy ₂ O ₃	0	0	nest.	0	0	0	0	0
Ho ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Er ₂ O ₃	0	0	nest.	0	0	0	0,06	0,04
Tm ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Yb ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Lu ₂ O ₃	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
MnO	0,14	0,07	0,09	0,42	0,10	0,06	0,14	0,24
NiO	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
ZnO	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
MgO	0	0,04	0,30	0,01	0,48	0,28	0	0,03
CaO	24,13	24,00	22,80	22,78	14,20	19,24	24,20	23,66
SrO	0	0	nest.	0,27	0,22	0	0	0
BaO	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
PbO	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Na ₂ O	0,02	0,02	0,02	0,03	0,25	0,02	0	0
K ₂ O	0	0	0,04	0,04	0,09	0,01	0	0,01
F	0,03	0	0	0	0	0,05	0,02	0
Cl	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
-O=F	0,01	0,00	0	0	0	0,02	0,01	0
suma	99,87	99,94	97,99	98,02	94,63	95,09	99,67	99,91

Tab. VI. Výsledky reprezentativních WDX analýz minerálů epidotové skupiny (2. část, dokončení tabulky).

anal. č. vzorek typ	82 SKV-11 GnAlm	83 SKV-11 GnAlm	84 SKV-11 GnAlm	85 SKV-16 QtzSps	86 SKV-20 QtzMgt	87 SKV-22 QtzMgt	88 SKV-22 QtzMgt	89 SKV-22 QtzMgt
apfu na 12,5 atomů kyslíku:								
P ⁵⁺	0,002	0,003	0,	0,002	0,013	0,004	0,002	0,001
Si ⁴⁺	2,969	3,003	2,953	2,999	2,981	2,973	2,981	2,995
Ti ⁴⁺	0,004	0,004	0,006	0,001	0,005	0,001	0,005	0,006
Th ⁴⁺	0,001	0	nest.	0	0,010	0,007	0	0
Zr ⁴⁺	0	0	nest.	0	0	0	0	0
U ⁴⁺	0	0	nest.	0	0,002	0,001	0	0
Al ³⁺	2,208	2,210	2,234	2,234	2,137	2,265	2,257	2,215
Cr ³⁺	0,001	0,003	0,004	0	0,007	0	0,001	0,001
V ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Fe ³⁺	0,796	0,764	0,823	0,770	0,850	0,732	0,727	0,779
Y ³⁺	0	0	nest.	0	0	0,008	0	0
La ³⁺	0	0	nest.	0	0,079	0,034	0,001	0
Ce ³⁺	0	0	nest.	0	0,165	0,070	0,001	0
Pr ³⁺	0	0	nest.	0	0,011	0,009	0,001	0,002
Nd ³⁺	0,001	0	nest.	0	0,078	0,030	0,001	0
Sm ³⁺	0	0	nest.	0	0,015	0,008	0,001	0
Gd ³⁺	0	0	nest.	0	0,006	0,006	0	0
Tb ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Dy ³⁺	0	0	nest.	0	0	0	0	0
Ho ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Er ³⁺	0	0	nest.	0	0	0	0,002	0,001
Tm ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Yb ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Lu ³⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Mn ²⁺	0,009	0,005	0,006	0,028	0,008	0,004	0,009	0,016
Ni ²⁺	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Zn ²⁺	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Mg ²⁺	0	0,005	0,036	0,001	0,063	0,035	0	0,004
Ca ²⁺	2,024	2,004	1,946	1,941	1,341	1,737	2,027	1,979
Sr ²⁺	0	0	nest.	0,013	0,011	0	0	0
Ba ²⁺	nest.	nest.	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Pb ²⁺	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Na ⁺	0,003	0,003	0,003	0,005	0,043	0,003	0	0
K ⁺	0	0	0,004	0,004	0,010	0,001	0	0,001
catsum	8,018	8,002	8,014	7,999	7,835	7,927	8,014	7,999
F ⁻	0,007	0	0	0	0	0,013	0,005	0
O ²⁻	12,493	12,500	12,500	12,500	12,500	12,487	12,495	12,500

Tab. VII. Výsledky reprezentativních WDX analýz apatitu.

anal. č. vzorek typ	90 SKV-11 GnAlm	91 SKV-16 QtzSps	92 SKV-22 QtzMgt	93 SKV-25 GnPy
SO ₃	0,02	0,03	0,13	0,07
P ₂ O ₅	40,47	42,68	40,42	41,22
As ₂ O ₅	0	0	0	0
SiO ₂	0,04	0,03	0,01	0,07
TiO ₂	nest.	nest.	nest.	0,03
ZrO ₂	nest.	0,67	nest.	nest.
ThO ₂	0,01	0	0,03	0
UO ₂	0	0,01	0	0
Y ₂ O ₃	0	0	0	0,01
La ₂ O ₃	0	0	0	0
Ce ₂ O ₃	0	0	0	0,08
Pr ₂ O ₃	0,08	0,04	0	0,04
Nd ₂ O ₃	0,14	0	0	0
FeO	0,04	0,08	0,02	0,13
MnO	0,05	0,06	0,04	0,05
MgO	0	0	0,01	nest.
CaO	55,72	56,19	55,92	55,24
SrO	0,08	0,05	0,04	0
BaO	0	0	0	nest.
Na ₂ O	0,04	0,04	0,04	0
F	2,89	2,68	2,72	4,02
Cl	0,02	0,02	0,02	0
-O=F	1,22	1,13	1,15	1,69
-O=Cl	0,00	0,00	0,00	0
suma	98,38	101,45	98,25	99,27

anal. č. vzorek typ	90 SKV-11 GnAlm	91 SKV-16 QtzSps	92 SKV-22 QtzMgt	93 SKV-25 GnPy
apfu na Ti ⁴⁺ + Zr ⁴⁺ + Th ⁴⁺ + U ⁴⁺ + Y ³⁺ + Ce ³⁺ + Pr ³⁺ + Nd ³⁺ + Fe ²⁺ + Mn ²⁺ + Mg ²⁺ + Ca ²⁺ + Sr ²⁺ + Na ⁺ = 10:				
S ⁶⁺	0,003	0,004	0,016	0,009
P ⁵⁺	5,712	5,946	5,695	5,874
Si ⁴⁺	0,007	0,005	0,002	0,012
Ti ⁴⁺	nest.	nest.	nest.	0,004
Zr ⁴⁺	nest.	0,054	nest.	nest.
Th ⁴⁺	0	0	0,001	0
Y ³⁺	0	0	0	0,001
Ce ³⁺	0	0	0	0,005
Pr ³⁺	0,005	0,002	0	0,002
Nd ³⁺	0,008	0	0	0
Fe ²⁺	0,006	0,011	0,003	0,018
Mn ²⁺	0,007	0,008	0,006	0,007
Mg ²⁺	0	0	0,002	nest.
Ca ²⁺	9,953	9,907	9,907	9,962
Sr ²⁺	0,008	0,005	0,004	0
Na ⁺	0,013	0,013	0,013	0
catsum	15,721	15,954	15,713	15,895
F ⁻	1,524	1,395	1,432	2,140
Cl ⁻	0,006	0,006	0,006	0
O ²⁻	23,537	24,234	23,565	23,673
an sum	25,066	25,634	25,003	25,813

Tab. VIII. Výsledky reprezentativních WDX analýz magnetitu (2. část).

anal. č.	104	105
vzorek	SKV-26	SKV-26
typ	QtzSps	QtzSps
WO ₃	nest.	nest.
Nb ₂ O ₅	nest.	nest.
Ta ₂ O ₅	nest.	nest.
SiO ₂	0,11	0,14
TiO ₂	0,17	0,03
ZrO ₂	nest.	nest.
SnO ₂	nest.	nest.
UO ₂	nest.	nest.
Al ₂ O ₃	0,06	0,06
Sc ₂ O ₃	nest.	nest.
V ₂ O ₃	0,13	0,12
Cr ₂ O ₃	0,06	0,04
Fe ₂ O ₃	68,78	68,87
FeO	31,45	31,28
FeO ^{tot.}	93,35	93,26
MnO	0,07	0,11
CoO	0,09	0,07
NiO	0,03	0
ZnO	0	0,02
MgO	0	0
CaO	0,01	0,02
PbO	nest.	nest.
suma	100,96	100,76
apfu na 4 atomů kyslíku a sumu kationtů 3:		
W ⁶⁺	nest.	nest.
Nb ⁵⁺	nest.	nest.
Si ⁴⁺	0,004	0,005
Ti ⁴⁺	0,005	0,001
Al ³⁺	0,003	0,003
Sc ³⁺	nest.	nest.
V ³⁺	0,004	0,004
Cr ³⁺	0,002	0,001
Fe ³⁺	1,973	1,980
Fe ²⁺	1,003	0,999
Mn ²⁺	0,002	0,004
Co ²⁺	0,003	0,002
Ni ²⁺	0,001	0
Zn ²⁺	0	0,001
Mg ²⁺	0	0
Ca ²⁺	0	0,001
Pb ²⁺	nest.	nest.
catsum	3,000	3,000
O ²⁻	4,000	4,000

Tab. IX. Výsledky reprezentativních WDX analýz ilmenitu (anal. č. 106 až 119) a rutilu (anal. č. 120) (2. část).

anal. vzorek typ	116 SKV-24 GnAlm	117 SKV-25 GnPy	118 SKV-26 QtzSps	119 SKV-26 QtzSps	120 SKV-25 GnPy
WO ₃	0	0,29	0,02	0,04	0
Nb ₂ O ₅	0,24	0,10	0,10	0,10	0,12
Ta ₂ O ₅	0,03	0	0,02	0	0
SiO ₂	0,02	0,04	0,06	0,04	0,33
TiO ₂	51,70	50,28	52,46	51,35	97,49
ZrO ₂	0	0	0,01	0	0
SnO ₂	0	0,01	0	0,01	0
UO ₂	0,02	nest.	nest.	nest.	nest.
Al ₂ O ₃	0	0	0,01	0,03	0,02
Sc ₂ O ₃	0,02	0	0	0	0,05
V ₂ O ₃	0,07	0	0	0,18	0,21
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0	0,01	0,03
Y ₂ O ₃	0	nest.	nest.	nest.	nest.
FeO	40,40	44,94	37,49	37,19	0,33
MnO	6,62	2,89	9,65	10,41	0,04
NiO	0	nest.	nest.	nest.	nest.
ZnO	0,03	0	0,05	0	0
MgO	0,02	0	0,01	0	0,01
CaO	0,05	0,01	0,01	0,05	0,12
PbO	0	0	0	0,02	0,01
suma	99,24	98,57	99,89	99,43	98,76

anal. č. vzorek typ	116 SKV-24 GnAlm	117 SKV-25 GnPy	118 SKV-26 QtzSps	119 SKV-26 QtzSps	120 SKV-25 GnPy
apfu na 3 atomy O (ilmenit) nebo 2 atomy O (rutil):					
W ⁶⁺	0	0,002	0	0	0
Nb ⁵⁺	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001
Ta ⁵⁺	0	0	0	0	0
Si ⁴⁺	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004
Ti ⁴⁺	0,991	0,977	0,996	0,984	0,989
Zr ⁴⁺	0	0	0	0	0
Sn ⁴⁺	0	0	0	0	0
U ⁴⁺	0	nest.	nest.	nest.	nest.
Al ³⁺	0	0	0	0	0
Sc ³⁺	0	0	0	0	0,001
V ³⁺	0,001	0	0	0,004	0,002
Cr ³⁺	0	0	0	0	0
Y ³⁺	0	nest.	nest.	nest.	nest.
Fe ²⁺	0,861	0,971	0,792	0,793	0,004
Mn ²⁺	0,143	0,063	0,206	0,225	0
Zn ²⁺	0,001	0	0,001	0	0
Mg ²⁺	0,001	0	0	0	0
Ca ²⁺	0,001	0	0	0,001	0,002
Pb ²⁺	0	0	0	0	0
katsum	2,003	2,016	2,000	2,010	1,004
O ²⁻	3,000	3,000	3,000	3,000	2,000

Tab. X. Výsledky reprezentativních WDX analýz titanitu.

anal. č.	121	122
vzorek	SKV-16	SKV-16
typ	QtzSps	QtzSps
WO ₃	0,08	0
Nb ₂ O ₅	0,12	0,06
Ta ₂ O ₅	0	0,02
SiO ₂	31,18	30,56
TiO ₂	29,73	28,99
ZrO ₂	0	0
SnO ₂	0	0
Al ₂ O ₃	4,68	3,82
Cr ₂ O ₃	0	0
Sc ₂ O ₃	0	0
V ₂ O ₃	0,15	0,03
Y ₂ O ₃	0	0
Bi ₂ O ₃	0	0
FeO	3,59	5,83
MnO	0,27	0,09
MgO	0,01	0,01
CaO	29,07	29,07
Na ₂ O	0,02	0,03
F	1,32	1,57
-O=F	0,56	0,66
suma	99,66	99,42
apfu na 5 atomů kyslíku:		
W ⁶⁺	0,001	0
Nb ⁵⁺	0,002	0,001
Ta ⁵⁺	0	0
Si ⁴⁺	1,024	1,017
Ti ⁴⁺	0,734	0,726
Al ³⁺	0,181	0,150
V ³⁺	0,004	0,001
Fe ²⁺	0,099	0,162
Mn ²⁺	0,008	0,003
Mg ²⁺	0	0
Ca ²⁺	1,023	1,037
Na ⁺	0,001	0,002
F ⁻	0,137	0,165
O ²⁻	4,863	4,835

Tab. XI. Výsledky reprezentativních WDX analýz zirkonu.

anal. č.	123	124
vzorek	SKV-11	SKV-24
typ	GnAlm	GnAlm
WO ₃	0	0
P ₂ O ₅	0,01	0,07
As ₂ O ₅	0,04	0,05
Nb ₂ O ₅	0	0
SiO ₂	32,60	32,57
TiO ₂	0	0
ZrO ₂	65,52	64,91
HfO ₂	1,54	1,40
ThO ₂	0,01	0,11
UO ₂	0,01	0,18
Al ₂ O ₃	0	0
Sc ₂ O ₃	0,02	0
Y ₂ O ₃	0	0,12
Yb ₂ O ₃	0	0
Bi ₂ O ₃	0	0
FeO	0,31	0,86
MnO	0	0,01
CaO	0,02	0,01
F	0	0
Cl	0	0,01
-O=F	0	0
-O=Cl	0	0,00
suma	100,08	100,30
apfu na 4 atomy kyslíku:		
P ⁵⁺	0	0,002
As ⁵⁺	0,001	0,001
Nb ⁵⁺	0	0
Si ⁴⁺	1,000	0,999
Ti ⁴⁺	0	0
Zr ⁴⁺	0,980	0,971
Hf ⁴⁺	0,013	0,012
Th ⁴⁺	0	0,001
U ⁴⁺	0	0,001
Sc ³⁺	0,001	0
Y ³⁺	0	0,002
Fe ²⁺	0,008	0,022
Mn ²⁺	0	0
Ca ²⁺	0,001	0
Cl ⁻	0	0,001
O ²⁻	4,000	4,000