

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geologie

**Mineralogie hydrotermálních
výskytů s Cu-zrudněním
v paleovulkanitech Podkrkonoší**

Diplomová práce

Hana VYTOPILOVÁ

Studijní obor: Environmentální geologie

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

Olomouc 2011

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a všechna použitá literatura je řádně citována a uvedena v soupisu literatury.

Zejména bych chtěla poděkovat doc. RNDr. Jirímu Zimákovi, CSc. za odborné konzultace a kontrolu během zpracování bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala RNDr. Petru Sulovskému za provedení části analýz. Dále bych poděkovala Josefu Malému st. za informace a zapůjčení vzorků na fotografie.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Hana Vytopilová

Název práce: Mineralogie hydrotermálních výskytů s Cu-zrudněním v paleovulkanitech Podkrkonoší

Typ práce: diplomová práce

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

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

Rok obhajoby práce: 2011

Abstrakt: Diplomová práce pojednává o lokalitách v Podkrkonoší s výskytem ryzí mědi a dalších Cu-minerálů v paleovulkanitech, achátech a dalších křemitých hmotách.

Klíčová slova: Cu, Podkrkonoší, palovulkanity

Počet stran: 66

Počet příloh: 0

Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Hana Vytopilová

Title: Hydrothermal Cu-mineraliation in paleovolcanites in Krkonoše-Piedmont Basin

Type of thesis: Graduation thesis

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

Supervisor: doc. RNDr. Jiří ZIMÁK, CSc.

The year of presentation: 2011

Abstract: This graduation thesis discuss localities in Krkonoše-Piedmont Basin with occurring native Cu and other Cu-minerals in paleovolcanites, agates and other silica mass.

Keywords: Cu, Krkonoše-Piedmont Basin, paleovolcanites

Number of pages: 66

Number of appendices: 0

Language: Czech

Obsah:

1. Úvod	8
2. Cíl práce	9
3. Geologická charakteristika Podkrkonoší	10
3. 1. Předkarbonské horniny v oblasti Podkrkonoší	10
3. 2. Karbon	10
3. 3. Perm	11
3. 4. Svrchní trias až spodní křída	12
3. 5. Svrchní křída	13
3. 6. Terciér	13
3. 7. Kvartér	13
4. Tektonika	14
5. Paleovulkanismus a jeho produkty	15
6. Rudní výskyty a ložiska v Podkrkonoší	18
6. 1. Ryzí měď a Cu-minerály	18
6. 1. 1. Ryzí měď - Cu	18
6. 1. 2. Kuprit - Cu_2O	18
6. 1. 3. Tenorit – CuO	19
6. 1. 4. Chryzokol - $(\text{Cu}^{2+}, \text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	19
6. 1. 5. Azurit - $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	20
6. 1. 6. Malachit - $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	20
6. 1. 7. Vésigniéit - $\text{BaCu}_3(\text{VO}_4)_2(\text{OH})_2$	20
6. 1. 8. Volborthit - $\text{Cu}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	21
6. 2. Výskyty ryzí mědi a dalších Cu-minerálů v paleovulkanitech	22
6. 2. 1. Doubravice – Kracíkův lom	22
6. 2. 2. Kumburský Újezd – lom Rumchalpa	22
6. 2. 3. Lomnice nad Popelkou – lomy V Popelkách	22
6. 2. 4. Morcinov	23
6. 2. 5. Roškopov	23
6. 2. 6. Stará Paka – lom Hvězda	23
6. 2. 7. Stav	24
6. 2. 8. Stupná – Zlatnice	24
6. 2. 9. Studenec	24

6. 2. 10. Škodějov	25
6. 3. Výskyty ryzí mědi a dalších Cu-minerálů v sedimentech	25
6. 3. 1. Horní Kalná	25
6. 3. 2. Jilemnice	26
6. 3. 3. Košťálov – Kovářův mlýn	26
7. Metodika	27
8. Vybrané lokality	29
8. 1. Doubravice	29
8. 1. 1. Stav lokality v letech 2009 - 2011	30
8. 1. 2. Vzorky	31
8. 1. 2. 1. Vzorek č. 1 - měď a další Cu-minerály v achátu	31
8. 1. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusů	32
8. 1. 2. 1. 2. Analýzy WDX	34
8. 1. 2. 2. Vzorek č. 2 - měď a další Cu-minerály v karbonátových žilkách v melafyru	36
8. 1. 2. 2. 1. Vyhodnocení výbrusů	37
8. 1. 2. 2. 1. Analýzy WDX	38
8. 2. Lomnice nad Popelkou	39
8. 2. 1. Stav lokality v letech 2009 až 2011	40
8. 2. 2. Vzorky	40
8. 2. 2. 1. Vzorek č. 1 - chryzokol v melafyru	40
8. 2. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusu	40
8. 2. 2. 1. 2. Analýzy WDX	41
8. 3. Studenec	43
8. 3. 1. Stav lokality v letech 2009 až 2011	45
8. 3. 2. Vzorky	45
8. 3. 2. 1. Vzorek č. 1 - kupritová čočka	45
8. 3. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusu	46
8. 3. 2. 1. 2. Analýzy WDX	47
8. 3. 2. 2. Vzorek č. 2 - bílý jaspis s mědí a chryzokolem	49
8. 3. 2. 2. 1. Vyhodnocení výbrusu	50
8. 3. 2. 2. 2. Analýzy WDX	50
8. 3. 2. 3. Vzorek č. 3 - dutina vyplněná barytem, analcimem a chryzokolem	52
8. 3. 2. 3. 1. Vyhodnocení výbrusu	52
8. 3. 2. 3. 2. Analýzy WDX	53

8. 4. Zlatnice - Stupná	54
8. 4. 1. Stav lokality v letech 2009 až 2011	55
8. 4. 2. Vzorky	55
8. 4. 2. 1. Vzorek č. 1 - karbonátová žilka v melafyru	55
8. 4. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusu	55
8. 4. 2. 1. 2. Analýzy WDX	56
8. 4. 2. 1. 3. RTG analýza	57
8. 4. 2. 2. Vzorek č. 2 - měď a další Cu-minerály v melafyru	59
8. 4. 2. 2. 1. Vyhodnocení výbrusu	59
8. 5. Stav u Nové Paky	60
8. 5. 1. Současný stav lokality	60
8. 5. 2. Vzorek - plech ryzí mědi	60
8. 5. 2. 1. Vyhodnocení výbrusu	61
8. 5. 2. 2. Analýzy WDX	61
9. Závěr	63
10. Literatura	64

1. Úvod

Hlavním důvodem výběru tohoto tématu - výskyty ryzí mědi a dalších Cu-minerálů v Podkrkonoší, byl můj dlouholetý zájem o acháty a další křemité hmoty z této oblasti. Při zpracování vzorků do bakalářské práce jsem našla několik vzorků křemitých hmot na různých lokalitách, ve kterých byla také ryzí měď. Během 5 let se sbírka rozrostla na 27 vzorků křemitých hmot s mědí a dalšími Cu-minerály. Větší množství různých vzorků z částečně zapomenutých lokalit mě zaujalo a přimělo k dalšímu výzkumu a připomenutí některých již historických nalezišť.

2. Cíl práce

V terénní etapě prací bude proveden odběr vzorků hornin a hydrotermální mineralizace se zrudněním na vybraných lokalitách (Zlatnice-Stupná, Studenec, Doubravice, Lomnice nad Popelkou-Popelky a případně další). Současně bude provedena základní geologická dokumentace na těchto lokalitách.

Z vybraných vzorků budou pořízeny leštěné výbrusy, které budou vyhodnoceny standardním způsobem pomocí polarizačního mikroskopu (v procházejícím a odraženém světle). Chemismus vybraných minerálů bude sledován pomocí WDX analýz. K identifikaci minerálů bude vedle WDX analýz využita i RTG difrakční analýza.

Cílem práce je mineralogické zhodnocení čtyř výše uvedených lokalit se zaměřením na hydrotermální Cu-mineralizaci.

3. Geologická charakteristika Podkrkonoší

V této kapitole je uveden stručný přehled geologie Podkrkonoší. Popsány jsou podrobněji jak sedimenty, tak vulkanity z různých období. Tyto horniny mohou být zdrojem mědi v hydrotermálních roztocích, z nichž vzniklo v práci popisované zrudnění, a současně představují prostředí, v němž se hydrotermální mineralizace uložila. V kapitole je stručně charakterizována i tektonika oblasti, která měla velký význam pro migraci hydrotermálních roztoků s mědí.

3. 1. Předkarbonské horniny v oblasti Podkrkonoší

V Podkrkonoší jsou nejstaršími horninami slabě metamorfované (prekambrická metamorfóza) sedimenty a vulkanity svrchnoproterozoického stáří. Podle Chaloupského et al. (1989) jde o různé typy zelených břidlic až amfibolitů, Na- metaryolitů a metadiabasů, popisovaných hlavně z vrtů. Jak uvádí výše citovaní autoři, tyto horniny jsou postiženy deformací – intenzivní kataklázou, drcením a zčásti zbřidličnatěním. Tyto horniny jsou převážně překryty mladšími sedimenty permokarbonu.

Během variského vrásnění byl vyzdvižen krkonošsko-jizerský masiv a vznikla tak rozsáhlá sníženina podkrkonošské pánve (Chaloupský et al. 1989). Tento masiv tvořený krystalinikem byl vystaven zvětrávacím procesům za podmínek vlhkého a teplého podnebí; materiál byl od svrchního karbonu odnášen trvalými i občasnými vodními toky do podkrkonošské pánve. Sedimentační prostor se měnil vlivem probíhajícího variského vrásnění od Novopacka přes Libštát, Jilemnic, Lomnici nad Popelkou k okolí Trutnova (Tuček 2008).

Metamorfované horniny vystupují podél zlomů v okolí obcí Uhlíře a Bělá u Pečky, v údolí Javoroky, dále u Kumburského Újezdu, na hřbetu Zvíčiny a u Ostroměře (Chaloupský et al. 1989).

3. 2. Karbon

V nejvyšším westfálu až spodním stephanu se ukládalo kumburské souvrství o mocnosti do 300 m. Materiál tvořící toto souvrství pocházel z oblasti jižně

od podkrkonošské pánve, na rozdíl od pozdějšího přínosu materiálu z oblasti severně od Podkrkonoší – z krkonoško-jizerského masivu (Prouza 2005). Brusnické vrstvy mají proměnlivý litologický vývoj s převažujícími prachovci a pískovci, méně častými polohami slepenců. Mají transgresivní ráz a diskordantně nasedají na varisky zvrásněné podloží (Chlupáč et al. 2002). Ve svrchních části kumburského souvrství jsou stupenské vrstvy reprezentované štikovskými arkózami s araukarity a paleoindikátory prostředí, jako proudové čeřiny, bahenní praskliny, atd. (Chlupáč et al. 2002, Tuček 2008) V této době se objevil slabý vulkanismus v okolí Pecky, Kumburského Újezda, Lužan a Zvíčiny (Prouza 2005).

Syřenovské souvrství o mocnosti až 120 m je tvořeno šedými a pestře zbarvenými prachovci a jílovci, které sedimentovaly v rozsáhlém jezeře, spojujícím limnické pánve Českého masivu. Mají cyklickou stavbu místy s polohami tufů a tufitů a několika uhelnými slojkami (Chlupáč et al. 2002). Osa maximální subsidence se posunula k severu (Prouza 2005). Flóra a fauna obsahuje významné druhy středního a svrchního stephanu. Z flóry je to např. *Aletropteris bohemica*, *Callipseridium trigonum*, z fauny jsou charakteristickými zástupci např. sladkovodní žraloci a akantodi (Chlupáč et al. 2002).

Koncem karbonu došlo ke změně sedimentace vlivem intrastephanské fáze variského vrásnění (Prouza 2005). Severní okraj pánve byl vyzdvižen a následně zde probíhala intenzivní eroze. V této době sedimentovalo semilské souvrství, které dosahuje mocnosti až 500 m. Přínos materiálu po paleogeografických změnách se odrážel v různorodosti klastů slepenců. Souvrství je tvořeno cyklicky zvrstvenými červenohnědými pískovci, prachovci, jílovci a petromikními slepenci. Ploužnický obzor rozděluje souvrství na dvě části, střídají se zde prachovce, jílovce vulkanické tufy, silicity. Je bohatý na flóru a faunu (paprskoplouté ryby, sladkovodní žraloci) nejvyššího stephanu (Chlupáč et al. 2002).

3. 3. Perm

V permu převažovalo aridní klima. Občasnými toky byl do pánve přinášén materiál z krkonoško-jizerského krystalinika. Na bázi permu je vrchlabské souvrství. Má transgresivní ráz, sedimentovalo po krátkém hiátu na semilské souvrství a to slepenci s polohami pískovců, později zde vzniklo jezero se stagnující vodou a v anoxickém prostředí se ukládaly bitumenní pelity s polohami karbonátů (Chlupáč et al. 2002, Prouza 2005). Nejvýznamnější částí vrchlabského souvrství je roudnický obzor (mocnost 60 m), odpovídá humidnějšímu

klimatickému výkyvu, kdy se vytvořilo rozsáhlé jezero, které pak zaniklo se změnou k aridnímu klimatu a bylo zaneseno hrubším materiálem. Sedimenty roudnického obzoru jsou paleontologicky bohaté, typické jsou paprskoploutvé ryby *Paramblytherus rohani*. Nejznámější lokalitou je Košťálov (Chlupáč et al. 2002), kde byly nalezeny koprolity s povlakem malachitu (bližší popis v kapitole 7. 3. 3.). V tomto období se projevovala intenzivní vulkanická činnost v okolí Jizery mezi dnešním městem Semily a Vrchlabím (Turnovec et al. 2006).

Na vrchlabské souvrství v mladším autunu navázalo prosečenské souvrství (Prouza 2005). Toto souvrství o mocnosti až 400 m se zachovalo jen místy a převládají zde červenavé prachovce se šedozelenými skvrnami, která vznikly druhotnou redukcí železitých sloučenin. Kalenský obzor je paleontologicky významný výskytem autunské fauny – paprskoploutvých ryb (rod *Paramblypterus*), sladkovodních žraloků, obojživelníků a flóry – *Autunia conferta*, *Pecopteris permica*, atd., a také ichnofosilií – stop obojživelníků a členovců, dále zde jsou zachovány bahenní praskliny, otisky dešťových kapek (Chlupáč et al. 2002).

Následuje chotěvické souvrství o mocnosti až 400 m, ve kterém převládají červeně zbarvené cyklicky zvrstvené pískovce a slepence. V nejvyšší části se vyskytují facie vápenců s vápencovými pseudomorfózami po krystalech sádrovce a shluky sádrovce a anhydritu, což svědčí o aridním klimatu (Skoček 1972, Chlupáč et al. 2002). V této době se projevuje kyselý vulkanismus (Prouza 2005).

Vlivem saalské fáze variské orogeneze na přelomu autunu a saxonu se hlavní prostor sedimentace přesunul do východní části podkrkonošské pánve. Tato část komunikovala s vnitrosudetskou pánví a byla až do triasu tvořena vnitrozemským jezerem (Chlupáč et al. 2002, Prouza 2005).

3. 4. Svrchní trias až spodní křída

Od svrchního triasu do spodní křída byla tato oblast součástí tzv. Vindelického prahu a probíhala zde intenzivní eroze a denudace (Chlupáč et al. 2002).

3. 5. Svrchní křída

Podkrkonoší bylo během svrchní křída – ve spodním až středním turonu, zaplaveno mořem, sedimentační prostor byl hlavně v oblasti miletínského úvalu. Křídové sedimenty jsou tvořeny převážně světle žlutým až rezavým pískovcem s hlízkami fosforitu, dále se vyskytuje slínovec a vápenec (Chlupáč et al. 2002).

3. 6. Terciér

Během miocénu byla v zájmové oblasti intenzivní vulkanická činnost (hlavně produkce bazaltů). Vulkanismus probíhal pod křídovými sedimenty, jejichž následnou erozí vznikly pro Podkrkonoší charakteristické izolované vrchy, tvořené sopečnými komíny, žilami nebo proudy vulkanitů. Mezi ně patří např. Kumburk, Bradlo a Trosky (obr. 01) (Tuček 2008).



Obr. 01. Trosky od Libuně.

V mladším terciéru vyzvednutím Hořického hřbetu vzniká plochá miletínská pánev (Tuček 2008).

3. 7. Kvartér

Oblast Podkrkonoší byla v glaciálech pokryta krkonošským ledovcem, v interglaciálech probíhala říční sedimentace v podobě teras (Tuček 2008).

4. Tektonika

Podkrkonošská pánev je synklinála s osou východ – západ a je porušena několika výraznými dislokacemi ve směru SZ – JV. Intenzita vrásového porušení klesá od lužického zlomu k východu a od severu k jihu. Severní křídlo synklinály bylo vztyčeno a přes něj je místy přesmyknut krkonoško-jizerský masiv. Západní část podkrkonošské pánve je zprohýbána a vznikla zde číkvásecká antiklinála. Na jihu je novopacká antiklinála, výrazná struktura protínaná lužickou poruchou (Svoboda et al. 1964).

V Podkrkonoší se vyskytuje mnoho zlomových poruch, podle nichž probíhal pohyb jednotlivých ker a vulkanická činnost. V hlavní části variského vrásnění (asturská fáze) vznikla podkrkonošská pánev poklesem této oblasti a vyzdvižením krkonoško-jizerského krystalinika. Dále se sedimentační prostor posunoval poklesem směrem k severní části oblasti od stephanu do svrchního triasu (Svoboda et al. 1964).

Nejvýraznější dislokací v Podkrkonoší je lužická porucha. Jde o přesmyk ve směru SZ-JV. Podle této poruchy probíhal pohyb během saxonského vrásnění. Paralelně s touto poruchou probíhá množství jiných dislokací, nejvýznamnější je dislokace na východním okraji Levínské vrchoviny, ta na jihovýchodě navazuje na zvičínskou dislokaci (Svoboda et al. 1964).

Při saxonském vrásnění probíhaly pohyby podél starých dislokací a tyto pohyby se opakovaly. Došlo k poklesu severní části podkrkonošské pánve vůči krkonoško-jizerskému krystaliniku, vztyčení křídlových vrstev na lužické dislokaci, k dalším pohybům na zvičínském zlomu a ke vzniku rozhraní s vnitrosudetskou pávní – hronovsko-poříčského příkopu. Dále vznikly další dislokace rovnoběžně s lužickou poruchou, např. rovenský zlom (Svoboda et al. 1964).

5. Paleovulkanismus a jeho produkty

Ve fanerozoiku probíhal v Podkrkonoší vulkanismus ve dvou obdobích: permokarbonu a v miocénu. Vzhledem k zaměření této práce je v následujícím textu charakterizován pouze permokarbonský vulkanismus.

V podkrkonošském permokarbonu byly rozlišeny čtyři vulkanické cykly, převažují vulkanity bazické nad kyselými vulkanity (Prouza 2005). Vulkanity vystupují na cca 10 % plochy podkrkonošské pánve. Většina vulkanitů je v západní části oblasti (Prouza 2007).

Ve většině výše uvedených permokarbonských souvrstvích se objevuje bazický vulkanismus, jehož produkty jsou v souladu s dříve užívanou nomenklaturou vulkanitů označovány jako melafyry. Kyselý vulkanismus tvoří menší a ojedinělá tělesa, např. v Tatobitech a u Kumburského Újezda, podle Svobody et al. (1964) jde o porfyry a porfyrity.

Melafyry tvoří nepravidelná intruzivní tělesa, lávové proudy (příkrovy) nebo ložní žíly. Mezi největší intruzivní tělesa patří melafyr Kozákova, který pronikl do staré poruchové zóny, která byla později oživena jako lužická dislokace. Vrchlabskými vrstvami pronikají ložní žíly a intruze. Levínská vrchovina je efuzivní těleso – mandlovcový lávový příkrov deskovitého tvaru ležící nad lomnickými vrstvami, tvořený třemi výlevy (Svoboda et al. 1964).

Porfyry jsou zastoupeny křemennými porfyry s vyrostlicemi sanidinu nebo křemene, s výskytem západně od Kozákova. Jde o tři větší tělesa, nejznámější je u Tatobit. Obsahují xenolity melafyru (Svoboda et al. 1964).

U Kumburského Újezda a Pecky se vyskytují menší tělesa tvořená porfyrity. Tyto křemenné porfyrity jsou celistvé, někdy s vyrostlicemi hyperstenu, andezínu nebo křemene (Svoboda et al. 1964). Jsou zde popisovány ojedinělé výskyty achátů (archiv muzea v Nové Pace).

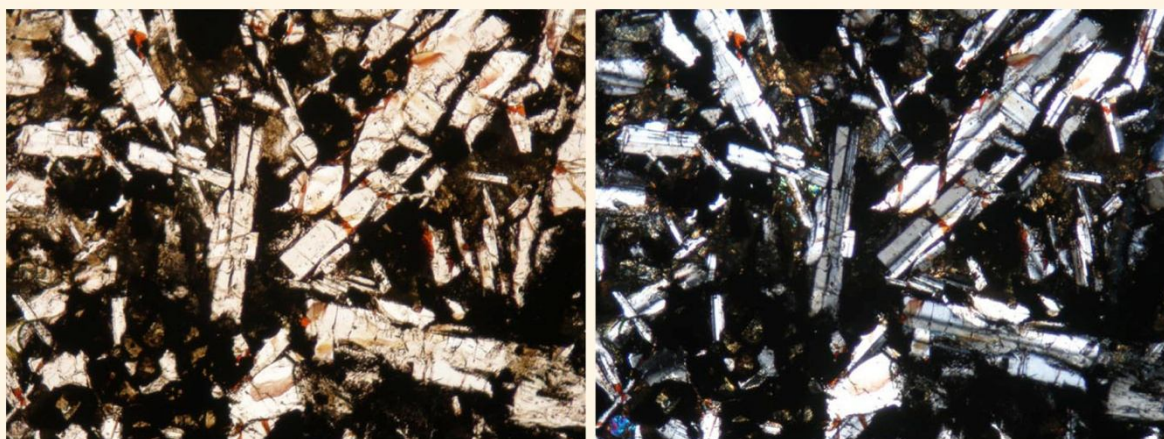
První výskyty vulkanitů v karbonu dokládají polohy tufů a tufitů v době ukládání syřenovského souvrství (spodní až střední stephan) a semilského souvrství (svrchní stephan). V permu jsou byla nejvyšší vulkanická aktivita během sedimentace prosečenského souvrství (autun). Jde o efuzivní vulkanismus, kdy lávové proudy vytékaly ze štítových sopek bez pyroklastického materiálu (Chlupáč et al. 2002). V této době vznikla většina

melafyrových výlevu v Podkrkonoší – Kozákov, Cidlinská a Kyjská hůra, Tábor, Staropacké hory, Kozinec (obr. 02), a Strážník (Tuček 2008). Posledním projevem vulkanismu byly výlevy porfyrů a porfyrítů např. v okolí Kumburského Újezda během sedimentace chotěvického souvrství ve svrchním permu (Svoboda et al. 1964, Tuček 2008).



Obr. 02. Levínská vrchovina.

Jako melafyry jsou označovány paleovulkanity bazického až intermediálního složení (Svoboda et al. 1983). V Podkrkonoší jde o paleobazalty a andezitoidy permokarbonu. Mineralogické složení melafyrů je nejčastěji tvořeno plagioklasem, pyroxenem, biotitem, amfibolem, magnetitem s odměšeninami ilmenitu a vulkanickým sklem (Pauliš 2000), zpravidla devitrifikovaným. Struktura bývá hemikrystalická, ve vulkanickém skle jsou rozptýleny zpravidla zdvojitě krystaly plagioklasu (obr. 03). Charakteristickým znakem



Obr. 03. Melafyr: lištovitá zdvojitělá individua plagioklasu ve sklovité základní hmotě, v níž bývají rozmístěny mandle.

melafyrů je mandlovcová textura, která vzniká vyplněním dutin různých velikostí (vznikajících únikem těkavých složek magmatu při poklesu tlaku) sekundárními minerály (Svoboda et al. 1983). Mezi sekundární minerály podkrkonošských melafyrů patří různé

formy SiO₂ (křišťál, ametyst, záhněda, chalcedon, atd.), kalcit, chlority, zeolity, baryt, goethit, ryzí měď, chryzokol, malachit, kuprit, atd. (Kratochvíl 1961, Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006, Pauliš 2000).

Poznámka k použité terminologii paleovulkanitů: V tomto a následujícím textu jsou použity termíny, které jsou pro danou oblast charakteristické a dlouhodobě užívané (např. melafyr).

6. Rudní výskyty a ložiska v Podkrkonoší

V této kapitole jsou na základě údajů v literatuře popisovány rudní výskyty a ložiska ve studované oblasti, a to se zaměřením na mineralogické poměry. U jednotlivých minerálů je uvedena i jejich obecná charakteristika.

6. 1. Ryzí měď a Cu-minerály

6. 1. 1. Ryzí měď - Cu

Krystalizuje v kubické soustavě, tvoří nedokonale vyvinuté izometrické krystaly, někdy protažené nebo zploštělé, dále plíškovité, dendritické agregáty, někdy je celistvá až práškovitá. Barva je světle růžová až měděně červená, na vzduchu červeně nebo hnědě nabíhá (obr. 04). Tvrdost je 2,5 až 3, hustota se pohybuje v rozmezí 8,3 až 9,94. Štěpnost nemá, je kujná a tažná. Lesk je kovový až matný. Bod tání má 1 038 °C (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).



Obr. 04. Kulovitý agregát ryzí mědi v "kupritové čočce" ze Studence.

V Podkrkonoší se vyskytuje jako výplň v puklinách melafyru doprovázená Cu- minerály, zpravidla ve formě nepravidelných agregátů nebo v achátech a jaspisech (Tuček 1970). Dále v sedimentech - v dolomitických konkrécích (Tuček 1970, Johan, Povondra 1987).

6. 1. 2. Kuprit - Cu₂O

Kuprit patří mezi oxidy, krystalizuje v kubické soustavě, tvoří většinou osmistěny nebo méně často krychle, častěji tvoří zrnité, celistvé nebo stébelnaté agregáty. Barva

je červená, tmavočervená až šedá. Tvrdost je 3,5 – 4, hustota je v rozmezí 5,8 – 6,2. Lesk má diamantový až polokovový. Kuprit bývá průsvitný, zřídka průhledný (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

V Podkrkonoší se většinou vyskytuje s ostatními Cu-minerály, zatlačuje měď ve výplních puklin v melafyru nebo v achátech a jaspisech (Tuček 1970).



Obr. 05. Vlásokovité krystaly chalkotrichitu ze Studence.

Chalkotrichit je varietou kupritu, tvoří vlásokovité krystaly protažené podle jedné hrany krychle, je růžový až červený (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

Chalkotrichit je popisován z lokality Studenec (obr. 05), kde tvoří v dutinách shluky vlásokovitých krystalů (Pauliš 2000).

6. 1. 3. Tenorit – CuO

Patří mezi oxidy, krystalizuje v monoklinické soustavě a tvoří tence tabulkovité až šupinaté krystaly, ale převážně je celistvý až práškovitý nebo zemitý. Barvu má ocelově šedou až černou. Tvrdost má 3,5 a hustotu 6,51. Tenorit má kovový lesk, zpravidla je neprůhledný (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

Vyskytuje se v paleovulkanitech v Roškopově (Tuček 1970) a Studenci (Vavřín, Frýda 1996, Pauliš 2000), kde doprovází bohatou asociaci Cu-minerálů, a v Horní Kalné, kde se vyskytuje v dolomitických konkréciích (Tuček 1970).

6. 1. 4. Chryzokol - $(\text{Cu}^{2+}, \text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Patří mezi silikáty, je to krystalující hydrogel v monoklinické nebo rombické soustavě, převážně je celistvý, v hroznovitých, ledvinitých a krápníčkovitých agregátech nebo tvoří kůry, může být i zemitý.



Obr. 06. Ledvinitý agregát chryzokolu ze Studence. Šířka snímku 2 cm.

Chryzokol je modrozelený (obr. 06). Tvrdost se pohybuje mezi 2 – 4 a hustota mezi 2 až 2,2. Lom má lasturnatý, lesk matný, voskový až skelný (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

V Podkrkonoší se vyskytuje na většině lokalit s Cu-mineralizací (Tuček 1970), na lokalitě Lomnice nad Popelkou v lomu V Popelkách se vyskytoval jako ledvinitá kůra na žilném ametystu (Kratochvíl 1961).

6. 1. 5. Azurit - $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Azurit patří mezi karbonáty, je monoklinický, tvoří tabulkovité nebo sloupcovité krystaly, dále kůry a práškovité povlaky. Má modrou až tmavě modrou barvu. Tvrdost je 3,5, hustota 3,8. Lesk má skelný, dokonalou štěpnost podle (100) (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

Velmi vzácně se vyskytuje na lokalitách Doubravice (Pauliš 2000), Lomnice nad Popelkou a ve Studenci (Kratochvíl 1961, Tuček 1970).

6. 1. 6. Malachit - $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

Patří mezi karbonáty, je monoklinický, tvoří jehlicovité nebo sloupečkovité krystaly, dále bývá celistvý, ledvinitý nebo vytváří povlaky. Je světle až tmavě zelený. Tvrdost má 3,5 – 4, hustotu 4,05. Jeho lesk je skelný, matný až zemitý, v případě vláknitých agregátů často hydrofobní, štěpnost je dokonalá (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

Malachit se vyskytuje na většině lokalit společně s dalšími Cu-minerály (Tuček 1970).

6. 1. 7. Vésigniéit - $\text{BaCu}_3(\text{VO}_4)_2(\text{OH})_2$

Je zařazen mezi Cu-Ba vanadáty. Krystalizuje v monoklinické soustavě, zpravidla tvoří práškovité až celistvé agregáty složené z mikroskopických šupinek. Má žlutozelenou až olivově zelenou barvu. Tvrdost je 3,5, hustota 4,05. Lesk má skelný (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

Vésigniéit se vzácně vyskytuje v Lomnici nad Popelkou (Kratochvíl 1961, Tuček 1970) a ve Studenci (obr. 07) (Vavřín, Frýda 1996, Pauliš 2000). V Horní Kalné jej lze nalézt v dolomitických konkréciích (Johan, Povondra 1987).



Obr. 07. Vésigniéit ze Studence. Šířka snímku 5 cm.

6. 1. 8. Volborthit - $\text{Cu}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Patří mezi vanadáty, je monoklinický, zpravidla tvoří mikrokrystalické kuličky se šestibokými krystaly na povrchu, dále je paprscitý, práškovitý až celistvý. Má žlutozelenou barvu (Bernard, Rost et al. 1992, Bernard, Hyršl 2006).

Je popisován jako vzácně se vyskytující ve Studenci (Vavřín, Frýda 1996, Pauliš 2000) a Horní Kalné (Johan, Povondra 1987).

6. 2. Výskyty ryzí mědi a dalších Cu-minerálů v paleovulkanitech

V této kapitole jsou popsány lokality, kde se ryzí měď a Cu-minerály vyskytují v paleovulkanitech („melafyrechů), a to jako výplň trhlin a dutin (mandlí) nebo v jaspisech a achátech.

6. 2. 1. Doubravice – Kracíkův lom

V tomto činném lomu se vyskytuje ryzí měď v melafyru doprovázená kupřitem a chryzokolem, vzácné jsou nálezy azuritu, malachitu a tirolitu (Pauliš, Moravec 1990). Dále zde byla nalezena ryzí měď v achátech (Pauliš 2000, Petránek 2005, Tuček 2008).

6. 2. 2. Kumburský Újezd – lom Rumchalpa

V melafyru v poruchové zóně v lomu Rumchalpa je popisována měď, chryzokol a malachit (Tuček 1970).

6. 2. 3. Lomnice nad Popelkou – lomy V Popelkách

V tzv. „okresním lomu“ v Popelkách byla nalezena měď doprovázená kupřitem, chryzokolem, azuritem, malachitem, vésigniéitem a chalkozínem v melafyru, geodách s odrůdami křemene, achátech a jaspisech (Kratochvíl 1961, Tuček 1970).



Obr. 08. Lokalita Morcinov, foceno od Libuně.

6. 2. 4. Morcinov

Z lokality v lesích u Morcinova (obr. 08) popisoval měď Ziegler (1999), a to vzácné nálezy mědi a malachitu, bez přesnější lokalizace a popisu.

V roce 2004 zde byla nalezena geoda (obr. 09) s krystalovaným křemenem, achátem, karbonátem a drobnými agregáty ryzí mědi, kupritu a chryzokolu. Měď tvoří několik nepravidelných agregátů do velikosti 1 mm zarůstajících do achátu

nebo při jeho okrajích. Kuprit lemuje ryzí měď nebo tvoří agregáty do velikosti 1 mm uzavřené v achátu, bývá doprovázen modrozelenými celistvými agregáty nebo povlaky chryzokolu. Chryzokol častěji vyplňuje 1 – 5 mm dutiny při okraji geody (Pauliš, Malý 2005).



Obr. 09. Geoda s ryzí mědí a dalšími Cu-minerály z Morcinova. Šířka snímku 12 cm.

6. 2. 5. Roškopov

V okolí Roškopova popisuje Tuček (1970) měděné rudy v melafyrech, a to ryzí měď obklopenou kupritem, kuprit samostatně také tvoří drobné nepravidelné impregnace, dále chryzokol, malachit a tenorit. Tyto minerály jsou vázány na tektonicky drcené zóny v okolí vrchu Jíva.

6. 2. 6. Stará Paka – lom Hvězda

Pauliš (2003) ve výčtu minerálů ze souhrnu lokalit na Staropacké hoře popisuje kuprit. V lomu Hvězda byla nalezena v melafyru agregáty kupritu doprovázené malachitem s šedobíle zbarvenou alterační zónou (obr. 10) o mocnosti cca 0,5 cm.



Obr. 10. Kuprit a malachit z lomu Hvězda. Šířka snímku 3 cm.

6. 2. 7. Stav

V puklinách andezitoidu v Otmarově lomu u Stavu byla nacházena měď v agregátech 1 mm silných a až 8 cm dlouhých, doprovázené chryzokolem, kupřitem (Tuček 1970, pod heslem Nová Paka)

6. 2. 8. Stupná – Zlatnice

V oblasti s historickou těžbou zlata v okolí potoka Zlatnice byly nacházeny v melafyru v kalcitových žilkách a na trhlinách agregáty zlata s vysokým obsahem Ag a Cu (Malec et al. 1981).

6. 2. 9. Studenec

Lom na vrchu Strážník (obr. 11) je bohatý na nálezy ryzí mědi doprovázené kupřitem, chalkotrichitem, chryzokolem, malachitem, azuritem, tenoritem, vésigniítem a volborthitem



Obr. 11. Vrch Strážník, v pozadí zasněžené Krkonoše.

v melafyru, kde tvoří čočky do velikosti 20 cm. Dále v jaspisech se měď vyskytuje v agregátech do velikosti 0,5 mm a je provázena malachitem a chryzokolem (Vavřín, Frýda 1996, Pauliš 2000).

6. 2. 10. Škodějov



Obr. 12. Odvaly u Škodějova.

Na této lokalitě se vyskytuje hydrotermální ložisko s převažujícím chalkozínem (obr. 12). Ložisko vzniklo na škodějovském přesmyku (oddělení permokarbonu od krkonošsko-jizerského krystalinika), na hydrotermálně alterované mylonitizované zóně porfyroidů krkonošsko-jizerského krystalinika a permokarbonu Podkrkonoší. Na škodějovský přesmyk je vázáno uranové zrudnění potvrzené vrty z 50. a 60. let minulého století (<http://lokality.geology.cz/261>).

6. 3. Výskyty ryzí mědi a dalších Cu-minerálů v sedimentech

Tato kapitola se zabývá popisem lokalit, kde se ryzí měď a Cu-minerály vyskytují v sedimentech podkrkonošské pánve.

6. 3. 1. Horní Kalná



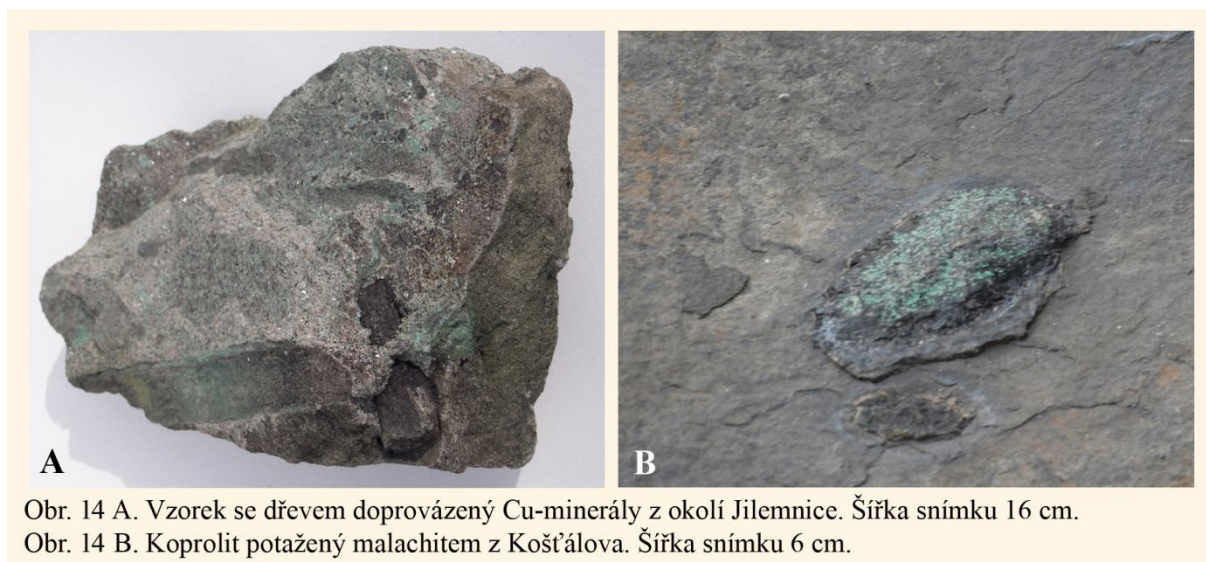
Obr. 13. Dolomitová konkrce s vésigniéitem a volborthitem. Šířka snímku 11 cm.

V malém lomu v obci se nacházejí v hnědočervených jílovcích, stáří spodní autun, eliptické dolomitické konkrce o velikosti okolo 10 x 7 x 5 cm s Cu-V mineralizací (obr. 13). Tato mineralizace je zastoupena ryzí mědí, jemnozrnným kupritem, tenoritem, vésigniéitem a volborthitem. Dále se v konkrcích vyskytuje baryt, kalcit a analcim (Johan, Povondra 1987).

Ryzí měď je zatlačována kupritem, který tvoří nepravidelná zrna nebo žilky. Tenorit se vyskytuje v blízkosti kupritu. Roscoelit s vysokým obsahem vanadu tvoří jemnozrnné agregáty doprovázející oxidy mědi. Vésigniéit a volborthit se vyskytují v blízkosti kupritu. Vésigniéit pravděpodobně vznikl působením roztoků bohatých Ba na volborthit (Johan, Povondra 1987).

6. 3. 2. Jilemnice

Ve štole nedaleko Jilemnice se v pískovci vyskytují silicifikovaná dřeva obarvená malachitem (obr. 14), vzácně se zde vyskytuje měď (Tomeš 2001).



Obr. 14 A. Vzorek se dřevem doprovázený Cu-minerály z okolí Jilemnice. Šířka snímku 16 cm.

Obr. 14 B. Koproolit potažený malachitem z Košťálova. Šířka snímku 6 cm.

6. 3. 3. Košťálov – Kovářův mlýn

Lokalita je tvořena výchozem šedých až černošedých laminovaných prachovitých jílovců až prachovců rudnického obzoru spodního oddílu vrchlabského souvrství, patřící do spodního permu (autun). Lokalita je velmi bohatá na fosilie. Jsou mezi nimi paprskoploutvé ryby rodu *Paramblypterus*, trnoploutví rybovití obratlovci rodu *Aconthodes*, žraloci rodu *Bohemicantus* nebo obojživelníci rodu *Melanerpetom*, dále kapradiny, přesličky a jehličnany v drobných fragmentech (Chlupáč et al. 2002). Byly zde nalezeny koproliny (obr. 15), na jejichž povrchu se vyskytují povlaky malachitu (ústní sdělení a vzorky Josefa Malého a RNDr. Luboše Hromádka).

7. Metodika

Po provedení literárně rešeršní přípravy, jejích výsledky jsou sumarizovány v kapitole 5, jsem přistoupila k terénní etapě prací. Vybrané lokality jsem navštívila v letech 2009 – 2011, zhodnotila jejich stav a pořídila jsem na vybraných lokalitách fotografickou dokumentaci Nikonem D200 a Nikonem S600. Tyto fotografie jsem zpracovala pomocí programu Adobe Photoshop 8.0.

Mapa s vyznačením lokalit byly zhotovena pomocí programu Adobe Photoshop 8.0 z podkladů získaných na www.mapy.cz.

Z odebraných vzorků z pěti vybraných lokalit jsem zhotovila nábrusy. Nejprve jsem pomocí diamantové pily zhotovila vhodné řezy, dále je brousila na litinových kotoučích za použití brusných prášků dvou různých zrnitostí. Poslední fází bylo doleštění na textilním kotouči pomocí leštícího prášku. Fotografie z těchto nábrusů jsem pořídila Nikonem D200 a na mikroskopu Olympus SZX12 s fotoaparátem Olympus C-7070.

Leštěné výbrusy z lokalit Doubravice, Lomnice nad Popelkou, Stav, Studenec a Zlatnice byly zhotoveny na PřF MU v Brně panem Jiřím Povolným pomocí standardních postupů. Tyto preparáty jsem popsala, vyhodnotila standardními optickými metodami na polarizačních mikroskopech Olympus BX41 a Olympus BX50. Mikrofotografie jsem pořídila na mikroskopu Olympus BX50 s fotoaparátem Olympus C-7070.

RTG analýzy byly provedeny pomocí difraktometru Bruker A8 Advance, napětí 40 kV, proud 30 mA, krok $0,02^\circ 2\theta$, Cu lampa, $\lambda K\alpha = 1,54184\text{\AA}$, a registrace detektorem PSD (position-sensitive detector). Výzkumný ústav stavebních hmot, analytik D. Všianský, vyhodnoceno pomocí programu TOPAZ.

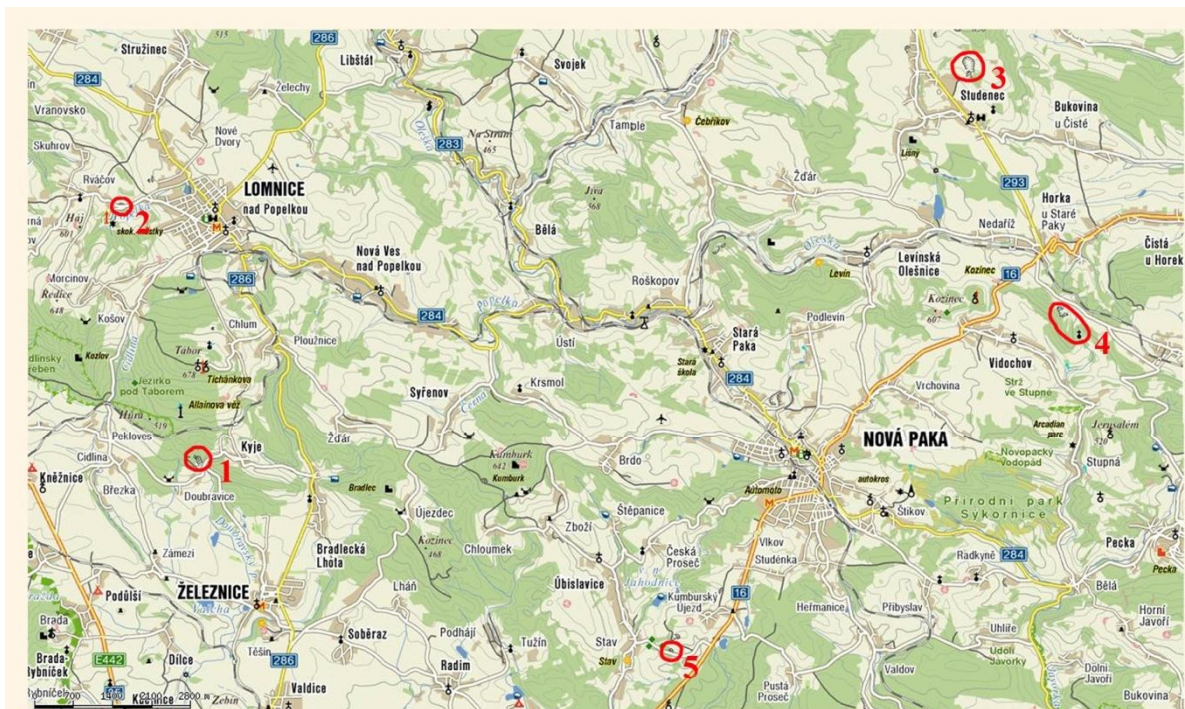
Chemismus minerálů mědi (ryzí měď, kuprit, tenorit, chryzokol, vésigniéit, ponsjakit, brochantit) byl studován metodou WDX na PEMM PřF MU Brno na mikrosondě Cameca SX-100 (analytici: RNDr. Petr Sulovský, CSc., Petr Gadas, RNDr. Renata Čopjaková, RNDr. Radek Škoda, PhD.). Analýzy byly provedeny za těchto podmínek: napětí 25 kV, proud 10 nA, průměr svazku 5 μm . Byly použity následující standardy: Ag (Ag), FeS₂ (S, Fe), Sb (Sb), PbS (Pb), Bi (Bi), Sulfid HgTe (Hg), Cu (Cu), pararammelsbergit (As), PbSe (Se), ZnS (Zn), sanidin (Si, Na, K), synt. V₂O₅ (V), grossulár (Al, Ca), MgO (Mg), Ni (Ni), benitoite (Ba).

Chemismus analcimu byl studován metodou WDX na PEMM PŘF MU Brno na mikrosondě Cameca SX-100 (analytici: RNDr. Petr Sulovský, CSc., Petr Gadas, RNDr. Renata Čopjaková, RNDr. Radek Škoda, PhD.). Analýzy byly provedeny za těchto podmínek: napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku 5 μm . Byly použity následující standardy: albit (Na), wollastonit (Si), grossulár (Al, Ca), MgO (Mg), sanidin (K), chromit (Cr), almandin (Fe), Ni (Ni), topaz (F).

Chemismus spinelidů a uranofánu byl studován metodou WDX na PEMM PŘF MU Brno na mikrosondě Cameca SX-100 (analytik: RNDr. Petr Sulovský, CSc.). Spinelidy byly analyzovány za podmínek: urychlovací napětí 15 kV, proud svazku 10 / 20 nA, šířka svazku 2 – 5 μm ; v případě uranofánu byla šířka svazku 1 μm . Byly použity následující standardy: jadeit (Na), sanidin (K, Si, Al), andradit (Ca, Fe, Si), rhodonit (Mn), apatit (Ca, P), U (U), topaz (F), synt. V₂O₅ (V), baryt (S), synt. InAs (As), synt. PbSe (Se), Sb (Sb), Ag (Ag), Ni (Ni), Zn (Zn), Cu (Cu), MgO (Mg), titanit (Ti), chromit (Cr).

Výsledky provedených WDX analýz jsem použila pro klasifikaci studovaných minerálů. Přepočty výsledků WDX analýz jsem provedla pomocí programu FORMULA. Tabulky byly zhotoveny v programu Excel a Adobe Photoshop 8.0.

8. Vybrané lokality



Obr. 15. Mapa vybraných lokalit:

1 - Doubravice - Kracíkův lom,
2 - Lomnice nad Popelkou - lomy v Popelkách,
3 - Studenec,

4 - Zlatnice,
5 - Stav.

8. 1. Doubravice



Obr. 16. Kracíkův lom, stav z 21. 10. 2010.

Kracíkuv lom v Doubravicích je otevřen při cestě z Kyjí do Doubravic v údolí, které protíná hřbet Kyjské a Cidlinské hůry. Jedná se o činný, dříve dvouetážový, nyní tříetážový lom (obr. 16), ve kterém je těžen pyroxenicko-olivinický tholeiit („melafyrový mandlovec“). Melafyr v tomto lomu má charakteristickou červenohnědou až tmavošednou barvu. Jeho mineralogické složení je tvořeno plagioklasem, pyroxenem, olivínem, amfibolem, magnetitem s odmíšeninami ilmenitu; přítomna je i sklovitá hmota (Pauliš 2000).

Dva nebo více výlevů, ze kterých je tvořeno toto těleso, jsou uloženy mezi sedimenty jižního křídla novopacké antiklinály stáří spodní perm - autun. Směr pruhu výlevů je ZSZ –VJV, šířka ve výchozové části 100 až 200 m, pravá mocnost se pohybuje kolem 100 m (Pauliš 2000).

Pro tento lom je charakteristická bohatá asociace hydrotermálních minerálů: křemen (křišťál, ametyst, záhněda), chalcedon, achát, jaspis, zeolity, goethit, kalcit, ryzí stříbro, ryzí měď, kuprit, chryzokol, malachit a azurit (Pauliš 2000, Petránek 2005, Tuček 2008).

Ryzí měď a další Cu-minerály se vyskytují jako výplň puklin v melafyru nebo v achátech a jaspisech. V melafyru se vyskytuje ryzí měď, která tvoří drobné agregáty, zatlačovaná je kupritem a v jejich okolí jsou povlaky nebo výplně žilek tvořené chryzokolem a malachitem. Výskyty azuritu jsou velmi vzácné (Pauliš 2000). Bylo zde nalezeno několik achátů a jaspisů s agregáty ryzí mědi (Pauliš 2000, Petránek 2005, Tuček 2008). Petránek (2005) popisuje ryzí měď v nevýrazném achátu oválného tvaru o velikosti cca 5 cm, zrnko ryzí mědi o velikosti cca 1,5 mm ležící uprostřed achátu.

8. 1. 1. Stav lokality v letech 2009 - 2011

V letech 2009 až 2011 proběhlo několik odstřelů v různých částech lomu, při nichž byla po dlouhé době objevena měď a další Cu-minerály. Do roku 2009 byly výskyty mědi na této lokalitě sporadické.

Koncem roku 2009 proběhl odstřel na jižní stěně ve střední etáži (obr. 17),



Obr. 17. Kracíkuv lom, jižní a západní stěna, stav z 9. 4. 2010.

kteřá je vytvářena v posledních 4 letech. Byla zde nalezena cca 30 cm achátová geoda, ve které se hojně vyskytovala ryzí měď a povlaky chryzokolu na puklinách. Tato geoda byla silně rozpraskána a rozpadla se na mnoho úlomků.

Na jaře roku 2010 byla odstřelena severní strana lomu (obr. 18). Na této stěně se dlouhodobě nepracovalo a k odstřelení došlo po mnoho letech. Po odstřelu



Obr. 18. Křacíkův lom, severní stěna, stav z 9. 4. 2010.

se zde vyskytovala měď a další Cu-minerály v drobných karbonátových žilkách (mocnost do 1 cm) v melafyru.

Od léta 2010 je minimální možnost nálezů nových vzorků, odstřely neodhalily další výskyty hydrotermální mineralizace obsahující minerály mědi. Při dalších pracích v lomu však nejsou vyloučeny nové nálezů.

8. 1. 2. Vzorky

8. 1. 2. 1. Vzorek č. 1 - měď a další Cu-minerály v achátu



Obr. 19. Achát s ryzí mědí a chryzokolem.

Achátová geoda z jižní strany lomu poskytla velmi bohaté agregáty mědi a dalších Cu-minerálů, z nichž nejhojněji je přítomen chryzokol. Tato geoda byla silně rozpraskána patrně vlivem trhacích prací a rozpadla se na mnoho kusů. Na obr. 19 je jeden z fragmentů achátové geody, zkoumaný vzorek.



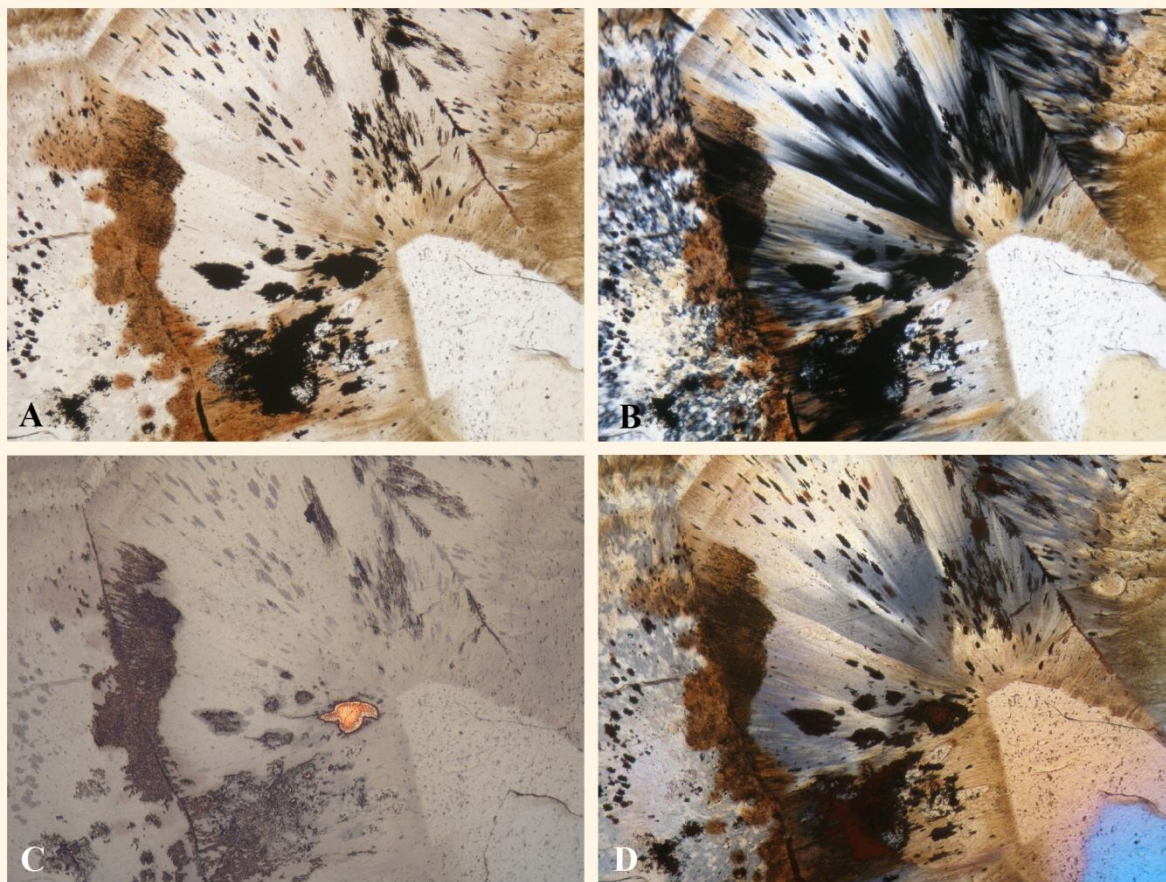
Měď tvoří drobné agregáty, které jsou v průřezu často izometrické, někdy však jde o patrně o plíšky (obr. 20A) o velikosti nepřesahující 1 mm. Tyto agregáty byly zjištěny pouze v několika achátových prouzcích, tvořících jen úzkou zónu ve studovaném vzorku. Mimo tuto zónu se ryzí měď nevyskytuje.

Chryzokol se objevuje na puklinách (obr. 20B), jako jejich tenká výplň, která zabarvuje křemen. V těchto puklinách tvoří seskupení nepravidelných tvarů s intenzivní zelenomodrou barvou.

Z části tohoto vzorku byl zhotoven leštěný výbrus, nafoceny snímky v procházejícím a odraženém světle a posléze provedeny WDX analýzy.

8. 1. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusů

Ve výbrusu ze vzorku č. 1 z lokality Doubravice byl zjištěn chalcedon, křemen, karbonát, přítomna je také ryzí měď.



Obr. 21. Agregát ryzí mědi v části achátu. Šířka snímku 2,5 mm, lokalita Doubravice.

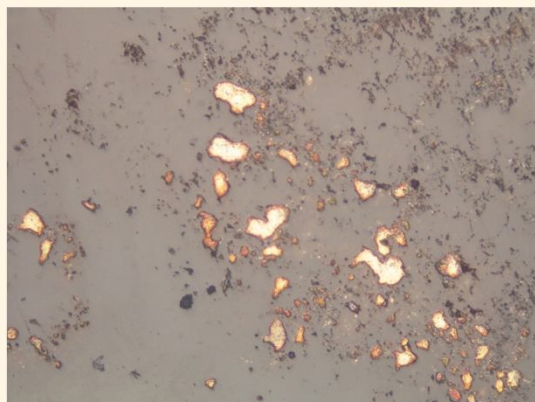
A - PPL,

B - XPL,

C - odražené světlo,

D - odražené světlo, zkřížené nikoly.

Na obr. 21 je achát tvořen převážně sférolity chalcedonu. Jednotlivé sférolity jsou směrem od středu černě žíhané (v XPL), jsou tak zřetelně viditelná jednotlivá vlákna kryptokrystalického chalcedonu. Kolem středu jednotlivých sférolitů jsou koncentrické



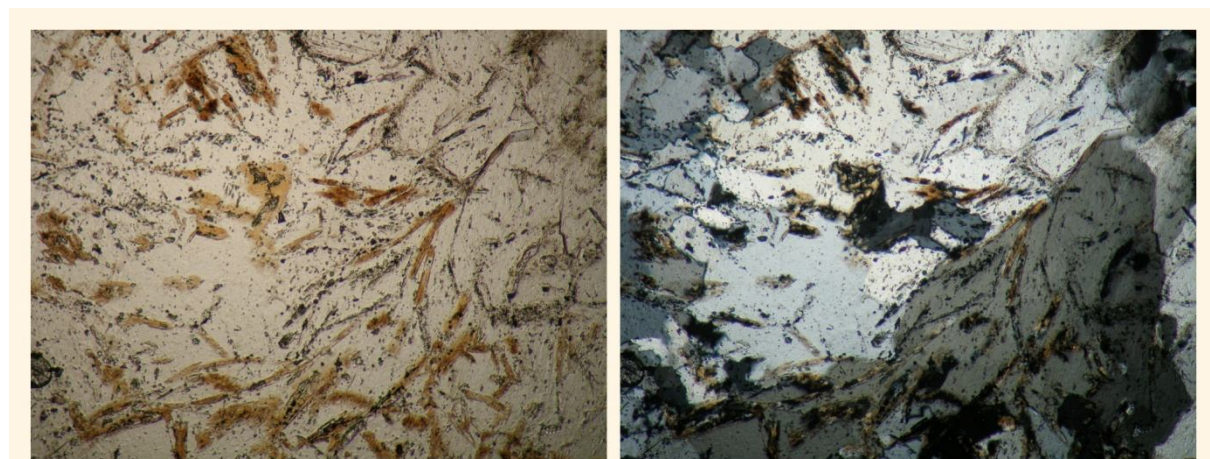
Obr. 22. Agregáty ryzí mědi rozptýlené v achátu. Šířka snímku 0,8 mm, odražené světlo, lokalita Doubravice.

kruhové pásy s nepravidelně rozptýleným goethitem, zřetelné v PPL i XPL. V opakních partiích byla zjištěna ryzí měď v jednom větším a několika menších agregátech, která je identifikovatelná v odraženém světle (obr. 21C). Měď je obklopena velmi úzkou zónou, tvořenou patrně kupitem (na základě analogie s jinými vzorky ze studované oblasti).

Na obr. 22 je zachycena ryzí měď

v drobných agregátech nepravidelného tvaru (v odraženém světle), výbrus pochází z této achátu.

Obr. 23 zachycuje agregáty částečně limonitizovaného karbonátu nepravidelného tvaru v xenomorfně omezeném křemeni, který má mozaikovitou mikrostrukturu.



Obr. 23. Karbonáty v křemeni, šířka snímku 2,5 mm, vlevo PPL, vpravo XPL, lokalita Doubravice.

8. 1. 2. 1. 2. Analýzy WDX

	měď				
	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5
Cu	99,82	98,66	98,51	99,71	99,52
S	0,014	0,23	0,31	0,17	0,02
Zn	0	0	0	0,05	0

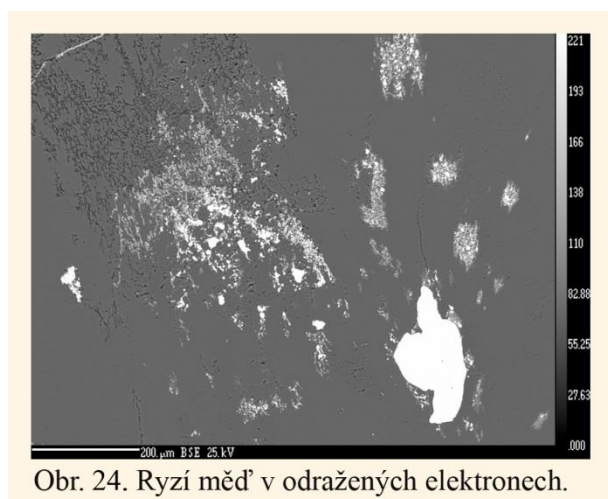
Cu	0,999	0,999	0,998	0,998	0,999
S	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Zn	0	0	0	0,001	0

Tab. 1. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na 1 atom (suma Cu, S, Zn). Měď z lokality Doubravice.

	chryzokol
	č. 6
CuO	40,66
MgO	0,41
Al ₂ O ₃	2,71
Fe ₂ O ₃	0,11
CaO	1,18
SiO ₂	38,17
suma	83,25

přepočet na 14 atomů kyslíku	
Cu	3,777
Mg	0,075
Al	0,393
Fe	0,010
Ca	0,155
Si	4,964

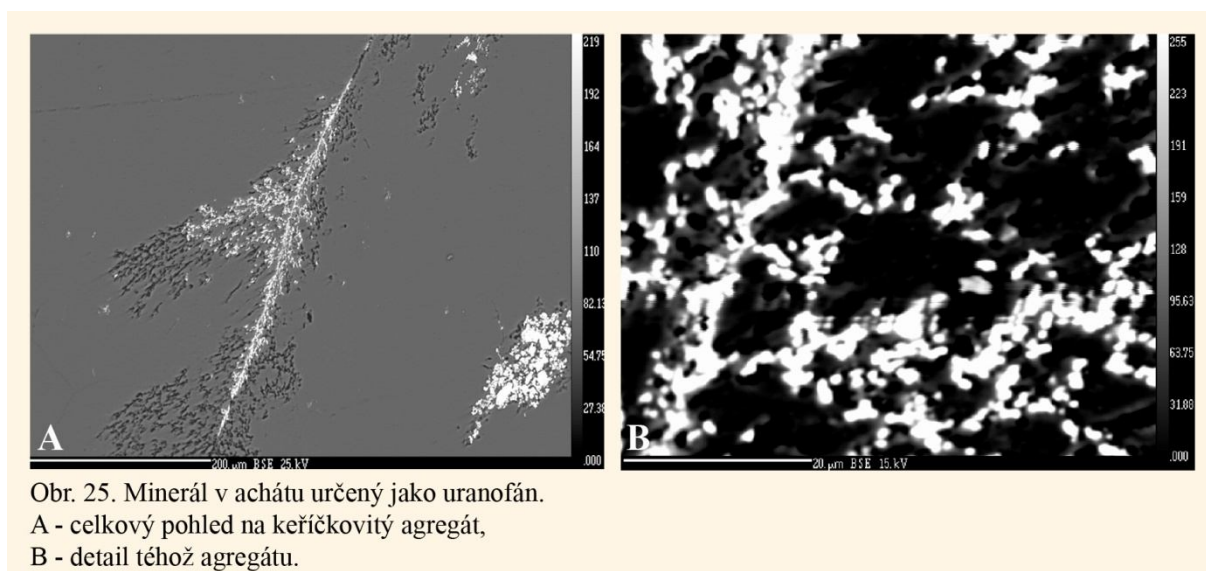
Tab. 2. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a přepočty na atomární kvocienty. Chryzokol z lokality Doubravice.



Obr. 24. Ryzí měď v odražených elektronech.

Z pěti provedených analýz WDX (tab. 1) vyplývá, že měď v achátu je vysoce ryzí (0,999 až 0,998 % Cu). Na obr. 24 je zachycen analyzovaný agregát mědi v odražených elektronech. V tab. 2 je uvedena analýza WDX chryzokolu, který doprovázel ryzí měď v achátu.

Na základě provedené analýzy WDX (tab. 3) byl keříčkovitý agregát na obr. 25A a B určen jako uranofán. V BSE byly ve zvorku achátu s mědi zjištěny keříčkovité útvary, někdy připomínající radiálně paprscité agregáty složené s drobných nedokonale vyvinutých šupinek nebo i jehliček (nedokonalé lištovité průřezy). Rozměry jednotlivých individuí jsou jen nepatrné, pro provedení WDX analýzy bylo obtížné najít dostatečně velkou plochu, která by v BSE byla víceméně homogenní. Byly provedeny dvě WDX analýzy (tab. 3, analýza č. 7 a 8). Ani jedna z nich není reprezentativní. Ve výsledcích analýzy č. 7 je značný obsah mědi, který je patrně z větší části souvisí s přítomností ryzí mědi v okolí studovaného minerálu. Výsledek analýzy č. 8 je nerepresentativní vzhledem k přítomnosti křemité hmoty v okolí zkoumaného minerálu.



Obr. 25. Minerál v achátu určený jako uranofán.
A - celkový pohled na keříčkovitý agregát,
B - detail téhož agregátu.

Studovaný minerál obsahuje větší množství H_2O , výsledek analýzy však tomu nenasvědčuje, což může být způsobeno odpaření vody svazkem při analýze (šlo o zrna

	uranofán	
	č. 7	č. 8
UO ₂	66,73	65,58
SO ₃	0,25	0
CuO	6,22	0
As ₂ O ₃	1,40	1,78
Al ₂ O ₃	0,38	0,10
V ₂ O ₃	0,99	1,13
CaO	7,35	5,25
P ₂ O ₃	0,59	0,69
K ₂ O	0,58	0,73
SiO ₂	11,67	22,22
suma	96,16	97,48

přepočítání na 11 atomů kyslíku			
	A	B	
U	2,151	2,293	1,876
S	0,027	0,029	0
Cu	0,681	0	0
As	0,106	0,113	0,120
Al	0,065	0,039	0,015
V	0,095	0,101	0,096
Ca	1,141	1,216	0,723
P	0,072	0,077	0,075
K	0,107	0,114	0,120
Si	1,980	2,111	2,857

Tab. 3. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a přepočty na atomární kvocienty. Uranofán z lokality Doubravice. A - přepočítání analýzy č. 7 s Cu, B - přepočítání analýzy č. 7 bez Cu.

velikosti blíží se velikosti excitačního objemu a nebylo možné svazek defokusovat, aby se termické působení omezilo.

Z výsledku analýzy č. 7 je zřejmý poměr Ca : U : Si = 1 : 2 : 2. Tento poměr by odpovídal uranofánu, popřípadě β-uranofánu. V tab. 3 jsou uvedeny výsledky analýz č. 7 a 8, přepočítání je provedeno na 11 atomů kyslíku. V případě analýzy č. 7 je uveden i přepočítání výsledku (č. 7B) bez mědi (vzhledem k výše uvedenému důvodu). Z dat v tab. 3 je zřejmé, že složení studovaného minerálu více méně odpovídá uranofánu (případně β-uranofánu), identifikace však není stoprocentní. Morfologie studovaného minerálu by uranofánu odpovídala.

8. 1. 2. 2. Vzorek č. 2 - měď a další Cu-minerály v karbonátových žilkách v melafyru

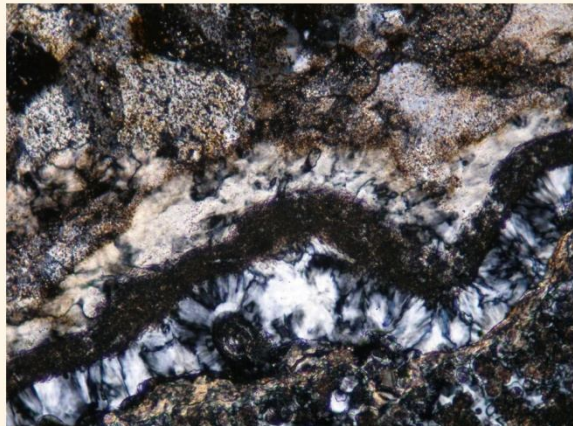
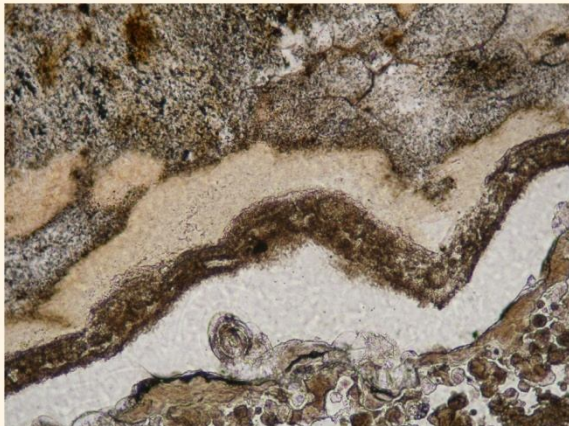
V žilkách tvořených karbonáty (obr. 26) v melafyrovém mandlovcí se vyskytuje ryzí měď a další Cu-minerály zastoupené kupitem, chryzokolem a malachitem. Bylo zde nalezeno mnoho vzorků melafyru s výše uvedenými minerály. Okolo těchto žilek dle běžného pohledu není zřetelná alterační zóna.



Obr. 26. Vzorek melafyru s Cu-minerály, lokalita Doubravice, šířka snímku 22 cm.

Ryzí měď tvoří agregáty nepravidelného tvaru, zpravidla obklopené kupritem. V okolí kupritu se vyskytuje zóna tvořená chryzokolem a malachitem. Tyto minerály jsou nepravidelně rozmístěny v karbonátových žilkách, někdy také s výskytem drobných achátů. V achátech z této části lomu se měď a další Cu-minerály nevyskytuje.

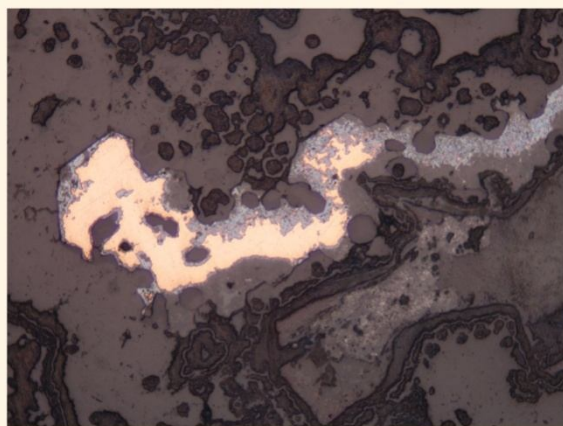
8. 1. 2. 2. 1. Vyhodnocení výbrusů



Obr. 27. Karbonát se žilkou chalcedonu, šířka snímku 2,5 cm, lokalita Doubravice. Vlevo PPL, vpravo XPL.

Na obr. 27 je zachycena žilka karbonátu v melafyru, ve které se vyskytují agregáty mědi, v ní se nalézá žilka chalcedonu o šířce 0,1 mm.

Na obr. 28 tvoří měď agregát nepravidelného tvaru, zatlačovaný kupritem v karbonátové žilce, foceno v odraženém světle.



Obr. 28. Agregát ryzí mědi zatlačovaný kupritem, šířka snímku 1 mm, lokalita Doubravice.

8. 1. 2. 2. 1. Analýzy WDX

Analýze WDX byl podrobena ryzí měď, i tato je vysoce ryzí (tab. 04).

	měď	
	č. 9	č. 10
Cu	97,49	95,11
Ag	0,14	0,31
S	0,13	0,36
As	0	0,41
Zn	0,06	0,09

Cu	0,997	0,987
Ag	0,001	0,002
S	0,002	0,007
As	0	0,003
Zn	0,001	0,001

Tab. 4. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na 1 atom (suma Cu, Ag, S, As, Zn). Měď z lokality Doubravice.

8. 2. Lomnice nad Popelkou

Při silnici z Lomnice nad Popelkou směrem na Rváčov jsou po obou stranách cesty dva zarostlé nečinné lomy (obr. 29 a 30), označované v Popelkách podle nedaleké osady.



Obr. 29. Lom v Popelkách, stav z 23. 7. 2010.

V těchto lomech byl těžen pyroxenicko-olivinický tholeiit („melafyrový mandlovec“). Hydrotermální mineralizace zahrnovala: křemen a jeho odrůdy, jaspis, chalcedon, kalcit, baryt, analcim, chabazit, heulandit, harmotom, goethit, hematit, baryt, měď, kuprit, chryzokol, malachit, azurit, chalkozín a vésigniit (Kratochvíl 1961, Tuček 1970, Tomeš 2001).



Obr. 30. Lom v Popelkách na východní straně silnice.

A - stav ze 70. let, fotografie z archivu muzea v Lomnici nad Popelkou,

B - stav z 26. 7. 2010.

Ryzí měď se objevuje v tmelu brekciového jaspisu – v žilkách tvořených mladším skvrnitým jaspisem a je pouze mikroskopickou součástí. Dále se nacházela v tholeiitu, v jeho dutinách a puklinách, zpravidla lemovaná kupritem a dalšími minerály, jako chryzokol a malachit. Také se vyskytovala jako mikroskopická součást agregátů tvořených křemenem, kalcitem a barytem (Kratochvíl 1961, Tuček 1970).

Kuprit tvořil cihlově červené čočky o velikosti až 2,5 cm, zpravidla zatlačující měď, v poruchovém pásmu. Kolem kupritu se objevuje světle žluto-hnědá alterační zóna (Kratochvíl 1961, Tuček 1970).

Chryzokol se vyskytuje na puklinách v melafyru nebo v okolí kupritových čoček. Také zde byl nalezen jako ledvinitá kůra na krystalovaném ametystu (Kratochvíl 1961, Tuček 1970).

Malachit tvoří výplně trhlín a mandlí v tholeiitu a bývá zřídka doprovázen azuritem. Dále tvoří jemné povlaky na krystalech křemene a záhnědy (Kratochvíl 1961, Tuček 1970).

Vésigniéit byl nalezen jako žlutý nebo žlutozelený práškovitý povlak nebo tvoří tenké kůry s mědí, kupritem, chalkozínem, chryzokolem, kalcitem a dalšími minerály ve tholeiitu (Tuček 1970).

8. 2. 1. Stav lokality v letech 2009 až 2011

Lokalita je zarostlá a dlouho nečinná. Slouží jako horolezecká stěna. Lom na pravé straně při silnici z Lomnice do Rváčova je silně zasucený (obr. 30), ale viditelný od silnice. Současný stav neposkytuje možnost vyhledávání vzorků. V podobném stavu je lom na levé straně silnice (obr. 29), ten je navíc zarostlý starými stromy tak, že v době vegetace není vůbec viditelný.

8. 2. 2. Vzorky

8. 2. 2. 1. Vzorek č. 1 - chryzokol v melafyru

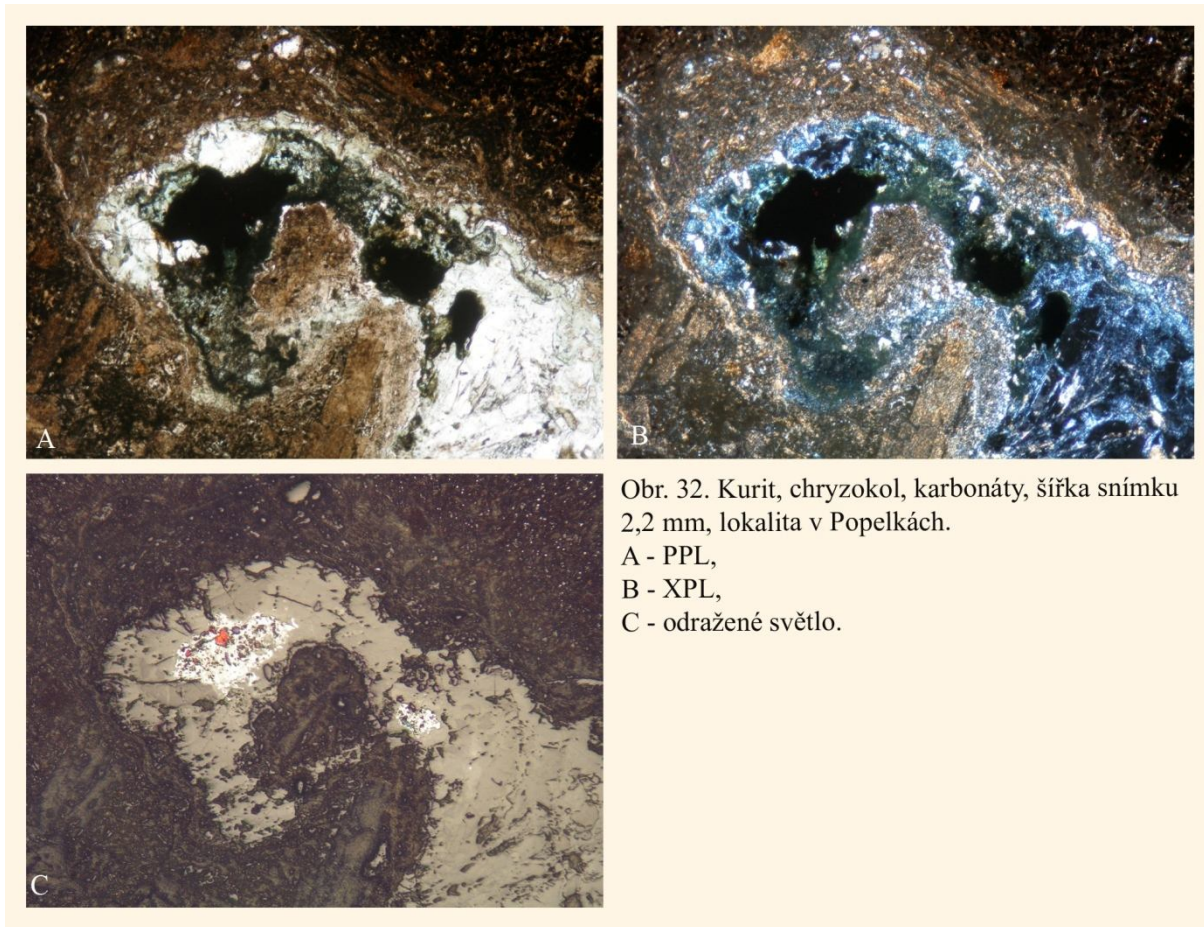
Z této lokality pochází vzorek melafyru s povrchem pokrytým drobně zrnitým chryzokolem (obr. 31).

8. 2. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusu

Ze vzorku byl zhotoven výbrus a v něm zachycen kuprit obklopený chryzokolem a karbonáty (obr. 32). Kuprit je zde zachycen jako drobné agregáty nepravidelného tvaru.



Obr. 31. Melafyr s chryzokolem, šířka snímku 4 cm, lokalita v Popelkách.



Obr. 32. Kurit, chryzokol, karbonáty, šírka snímku 2,2 mm, lokalita v Popelkách.
 A - PPL,
 B - XPL,
 C - odražené světlo.

8. 2. 2. 1. 2. Analýzy WDX

	měď			
	č. 11	č. 12	č. 13	č. 14
Cu	96,09	86,76	8,35	99,01
S	0,05	0	0,05	0,48
Zn	0	0,05	0	0,05

Cu	0,999	0,999	0,999	0,989
S	0,001	0	0,001	0,010
Zn	0	0,001	0	0,001

Tab. 5. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na 1 atom (suma Cu, S a Zn). Měď z lokality Lomnice nad Popelkou - lomy v Popelkách.

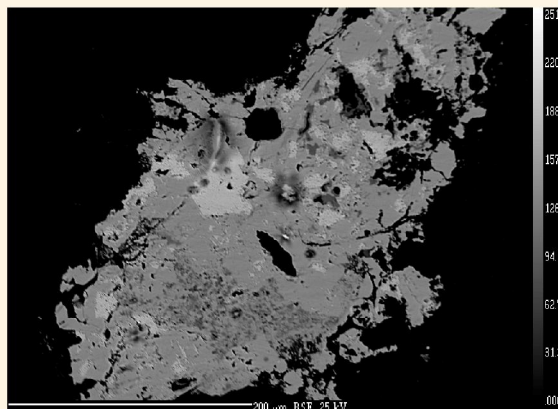
Na základě analýzy WDX v tab. 5 byla měď (obr. 33) určena jako vysoce ryzí (ve třech případech 99,9 % a v jednom 98,9 %).

V tabulce č. 6 jsou analýzy WDX Cr-spinelu (analýza č. 15) a ulvöspinelu (analýza č. 16) z melafyru.

	Cr - spinel	ulvöspinel
	č. 15	č. 16
MgO	7,27	5,05
Al ₂ O ₃	5,53	4,45
V ₂ O ₃	0,36	0,25
ZnO	0,21	0,36
Fe ₂ O ₃	58,58	70,55
SiO ₂	0,07	0,08
NiO	0,15	0,06
MnO	0,88	1,14
TiO ₂	6,05	7,29
Cr ₂ O ₃	20,35	10,62
suma	99,45	99,85

přepočítání na 4 atomy kyslíku		
Si	0	0,003
Ti	0,169	0,208
Al	0,242	0,199
Cr	0,598	0,319
V	0,011	0,008
Fe (III)	0,613	0,881
Fe (II)	1,023	1,135
Mn	0,028	0,037
Mg	0,403	0,286
Zn	0,006	0,010

Tab. 6. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Cr-spinel a ulvöspinel z Lomnice nad Popelkou - lomy v Popelkách.



Obr. 33. Agregát ryzí mědi obklopené kupritem. Odražené elektrony, lokalita Lomnice nad Popelkou - lomy v Popelkách.

8. 3. Studenec

V rozsáhlém a činném dvouetážovém lomu (obr. 34) je těžen „melafyr“ stáří spodní



Obr. 34. Lokalita Studenec, stav z 25. 7. 2010

perm (autun) o mocnosti příkrovu 150 m. Mineralogické složení (plagioklas, klinopyroxen, olivín, magnetit s odmíšeninami ilmenitu, apatit, vulkanické sklo) odpovídá andezitoidům. Hydrotermální mineralizace je zde bohatá, je to: křemen, chalcedon, achát, jaspis, kalcit, dolomit, baryt, analcim, mordenit, harmotom, heulandit, goethit, hematit, měď, kuprit, tenorit, chryzokol, azurit, malachit, vésigniéit, volborthit, stříbro, kongsbergit (Moravec, Pauliš 1990, Pauliš 1993, Vavřín, Frýda 1996, Pauliš 2000).

V hydrotermálně alterovaných zónách se vyskytuje pro tuto lokalitu typická



35. „Kupritová čočka“, Studenec, šířka snímku 15 cm.

Cu-Ag-V-Hg mineralizace (obr. 35). Tyto zóny tvoří čočkovitá až deskovitá tělesa o velikosti až několika metrů. Jsou vázány na průběh puklin a od melafyru odlišené světle béžovou barvou. Ve středních částech se vyskytuje asociace Cu-minerálů s Ag a tyto agregáty dosahují maximálně decimetrových rozměrů.

V melafyru zde byly pozorovány rozdílné alterační zóny: (1) nealterovaný melafyr, (2) melafyr na kontaktu s alterovanou zónou, (3) vybělený melafyr a (4) silně zrudněný melafyr s Cu-Ag-V-Hg mineralizací. Nejméně jsou v těchto zónách ovlivněny prvky Ti a Al, koncentrace jednomocných prvků (Na, K) jsou v alterované zóně zvýšeny a koncentrace

dvojmocných prvků (Mg, Ca a Fe) sníženy. Tyto alterační změny zapříčinily zvýšení porozity a vyluhování výplní mandlí (Vavřín, Frýda 1996).



Obr. 36. Ryzí měď, Studenec, šířka snímku 3 cm.

Ryzí měď (obr. 36) se zde vyskytuje ve dvou formách. První formou je výplň dutin po plynech v melafyru, kde tvoří kulovité nebo nepravidelné agregáty o velikosti cca 0,5 cm. Tyto agregáty jsou vždy lemovány a zatlačovány kupritem. V dutinách melafyru doprovází měď a kuprit v některých případech chryzokol a malachit. Druhou formou výskytu mědi je impregnace

různé zrnitosti v alterovaném melafyru. Zde se vyskytuje jako laločnatá až kostrovitá zrna (velikost do 2 mm) hustě vtroušená v melafyru. Měď je opět doprovázena kupritem a vzácně v ní jsou uzavřeny ryzího stříbra (Vavřín, Frýda 1996).

Kuprit lze nalézt v několika formách: jako masivní agregáty, povlaky, vzácný



Obr. 37. Kuprit, lokalita Studenec, šířka snímku 2 cm.

krystalovaný (obr. 37) a jako mikroskopické impregnace. Masivní agregáty čočkovitého až oválného tvaru do velikosti 15 mm tvoří výplně dutin v melafyru. Tyto agregáty obsahují vtroušenou měď v podobě zrn do velikosti 0,1 mm. Kuprit někdy tvoří oktaedrické krystaly tmavě hnědočervené barvy, na něž v některých případech nasedá mladší chalkotrichit. Chalkotrichit - krystalovaný jehličkovitý kuprit, vyplňuje dutiny v melafyru jako jehličkovité

krystaly seskupené v do jasně červených agregátů (Vavřín, Frýda 1996).

Malachit vyplňuje dutiny v melafyru jako kolomorfní povlaky nebo kůry s koncentricky zonální stavbou. Vzácně byly nalezeny kulovité agregáty s radiálně paprscitou strukturou nebo jehličkovité krystaly hustě propletené jako agregáty plstnatého vzhledu na chryzokolových kůrách. Většinou je zatlačován chryzokolem (Vavřín, Frýda 1996).

Chryzokol (obr. 06) je nejhojnějším Cu-minerálem v lomu ve Studenci. Tvoří celistvé agregáty vyplňující dutiny v melafyru, přičemž v částečně vyplněných dutinách má typicky

kolomorfní vývoj a tvoří ledvinitý až hroznovitý povrch agregátů, někdy má koncentrickou stavbu. Méně často tvoří tenké žilky v puklinách, společně s kalcitem (Vavřín, Frýda 1996).



Obr. 38. Ametyst a vésignieit, lokalita Studenec, šířka snímku 4 cm.

Vésignieit (obr. 09 a 38) tvoří tenké žlutozelené povlaky na puklinách v melafyru, na puklinách šedobílých agregátů ze směsi karbonát – chalcedon. Vyskytuje se i mimo Cu-mineralizaci (Vavřín, Frýda 1996).

„Cu-V-silikát“ byl vzácně nalezen v dutinkách 1 – 3 mm velkých, které byly vyplněny jemnozrnnou hmotou černé barvy, v některých místech s šupinkovitou mikrotexturou. Tato hmota bývá doprovázena chryzokolem, ryzí měďí a kupritem (Vavřín, Frýda 1996).

8. 3. 1. Stav lokality v letech 2009 až 2011

Na této lokalitě probíhá těžba na horní etáži, na západní stěně. Během sledovaných let zde proběhlo několik odstřelů. V létě roku 2010 se v těžebně aktivní oblasti vyskytly minerály mědi zastoupené hlavně chryzokolem. Ve stejné době bylo možné najít na dně jezírka, které díky slabým srážkám vyschlo, bílé jaspisy s agregáty mědi obklopené chryzokolem.

Kupritové čočky, kterými se tato lokalita proslavila, v současnosti nelze nalézt. Velké kusy melafyru, které tyto čočky obsahovaly, byly před několika lety rozdraceny a použity jako podklad asfaltových silnic.

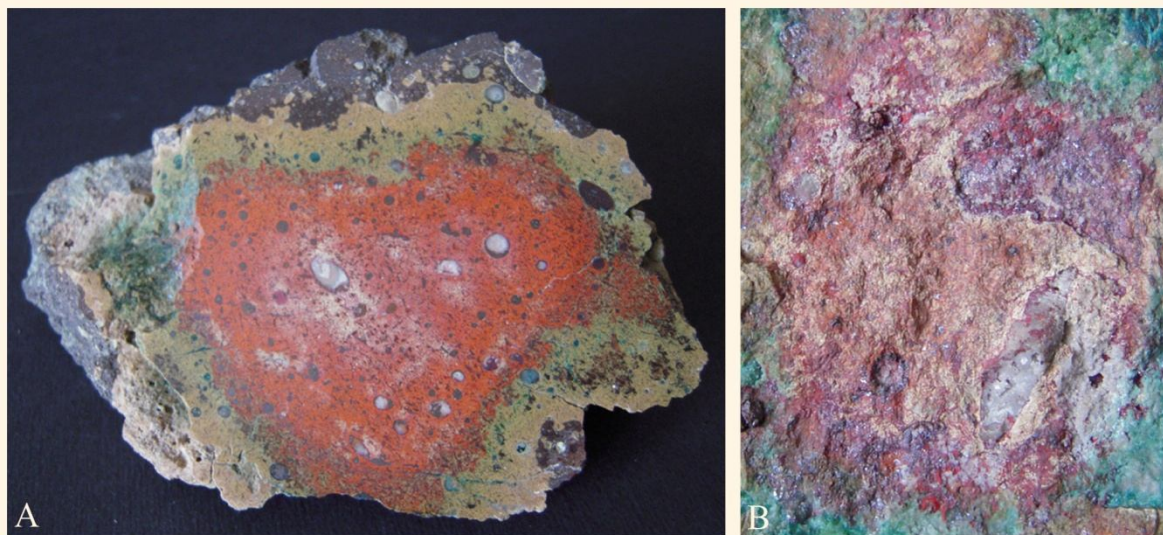
Na východní stěně lze nalézt zelené jaspisy obsahující měď a také menší kupritové čočky (do 2 cm), a další Cu-minerály, jako chalkotrichit v dutinách melafyru.

8. 3. 2. Vzorky

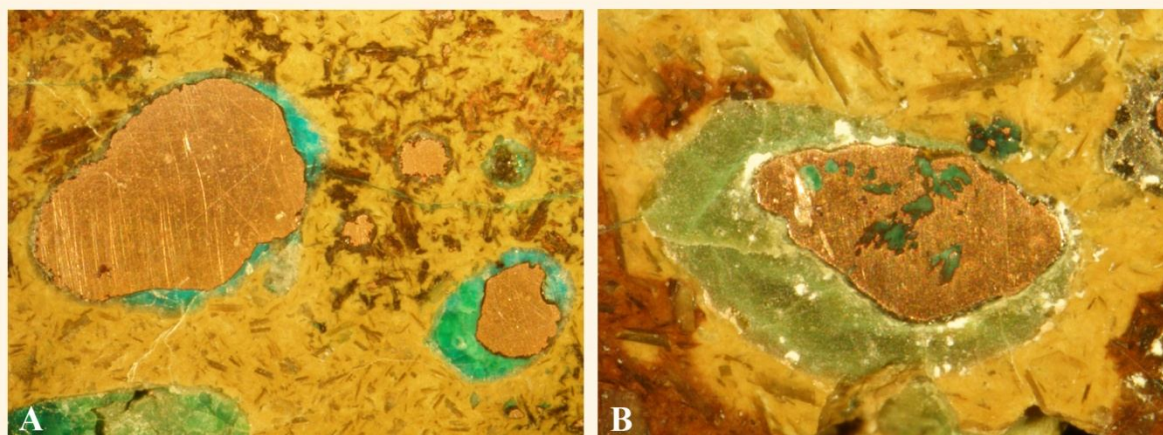
8. 3. 2. 1. Vzorek č. 1 - kupritová čočka

Kupritové čočky jsou klasickými nálezy z této lokality a zároveň nejbohatší na mineralizaci Cu-Ag-V-Hg v rámci celého Podkrkonoší. Tento vzorek o rozměrech 13 x 9 cm obsahuje izometrické i nepravidelné agregáty mědi o velikosti až 3 mm (obr. 39A), dále kuprit, který způsobuje červené zbarvení těchto čoček (obr. 39B), a také zatlačuje měď, dále se zde vyskytuje chryzokol doprovázející měď (obr. 40A) a kuprit, ale i jako samostatná

výplň dutin. Méně častý je zde malachit (obr. 40B), který doprovází společně s chryzokolem měď, také se vyskytuje samostatně jako výplň drobných dutin.



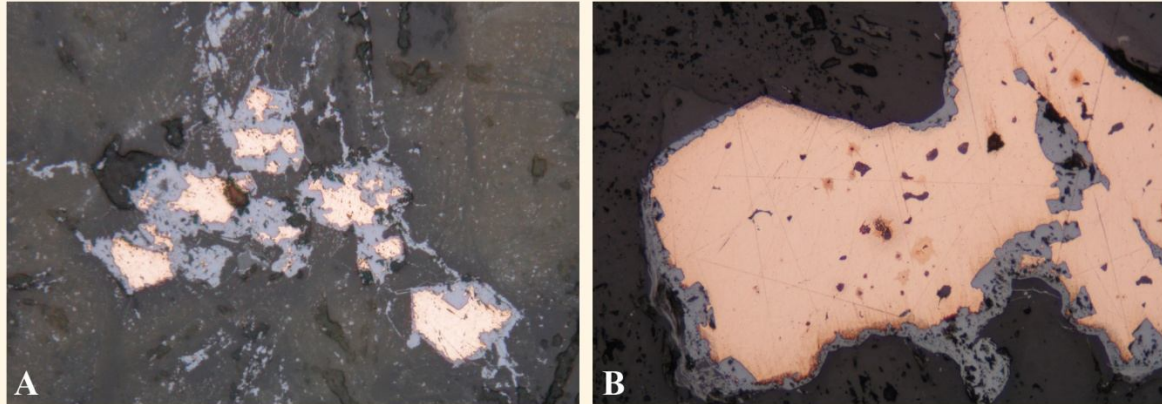
Obr. 39. Kupritová čočka, lokalita Studenec.
A - Nábrus, šířka snímku 13 cm,
B - neleštěná část téže kupritové čočky, šířka snímku 4 cm.



Obr. 40. Ryzí měď a další Cu-minerály v kupritové čočce, makrofotografie, lokalita Studenec.
A - ryzí měď a chryzokol, šířka snímku 3 mm,
B - ryzí měď a malachit, šířka snímku 2 mm.

8. 3. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusu

Na obr. 41A a B je zachycena ryzí měď v nepravidelných agregátech (v rozměrech uvedených u jednotlivých obrázků) zatlačovaná kupritem, vše je foceno v odraženém světle.



Obr. 41. Ryzí měď, kuprit, odražené světlo, lokalita Studenec.

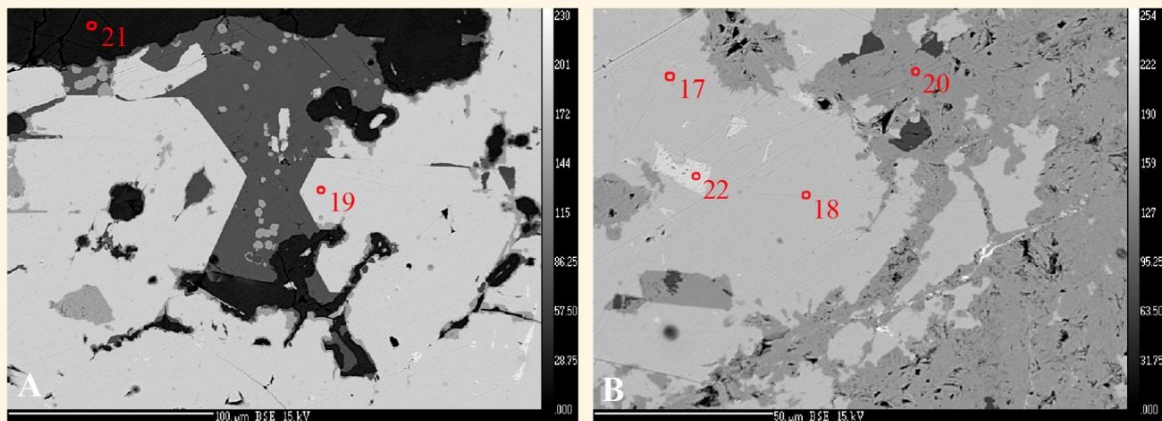
A - šířka snímku 0,6 mm,

B - šířka snímku 1,1 mm.

8. 3. 2. 1. 2. Analýzy WDX

Z tohoto vzorku byly analyzována měď (obr. 42B, tab. 10). Analyzován byl také kuprit (obr. 42, tab. 7), tenorit (obr. 42B, tab. 8) a chryzokol (obr. 42A, tab. 9).

U dalšího analyzovaného minerálu není jasné přesné určení. Jeho složení odpovídá buď brochantitu nebo ponsjakitu, výsledky přepočtu jsou v tab. 11.



Obr. 42. A i B pocházejí z téhož výbrusu (kupritová čočka). Ryzí měď (č. 22), kuprit (č. 17, 18, 19), tenorit (č. 20), chryzokol (č. 21), ponsjakit nebo brochantit (bez vyznačených bodů). Odražené elektrony, lokalita Studenec. Čísla vyznačených bodů odpovídají číslům WDX analýz v tab. 7 až 11.

	Kuprit		
	č. 17	č. 18	č. 19
SO ₃	0,101	0,035	0,114
CaO	0	0,023	0,002
SiO ₂	0	0,002	0,004
As ₂ O ₃	0,043	0	0
Al ₂ O ₃	0	0,031	0,029
Cu ₂ O	100,697	100,070	100,131
ZnO	0,018	0	0,016
K ₂ O	0	0,005	0,005
Cl	0,011	0,011	0
P ₂ O ₃	0	0,046	0
PbO	0	0,011	0,081
CoO	0	0	0,009
NiO	0,005	0,001	0
suma	100,875	100,235	100,391

Přepočet na 1 atom kyslíku			
S	0,002	0,001	0,002
Ca	0	0,001	0
Si	0	0	0
As	0,001	0	0
Al	0	0,001	0,001
Cu	1,986	1,988	1,983
Fe	0	0	0
K	0	0	0
Cl	0	0	0
P	0	0,001	0
Pb	0	0	0,001
Co	0	0	0
Ni	0	0	0

Tab. 7. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Kuprit ze Studence.

	Tenorit
	č. 20
SO ₃	0,112
CaO	0,006
SiO ₂	0,093
Al ₂ O ₃	0,003
CuO	100,683
K ₂ O	0,011
Cl	0,025
NiO	0,01
suma	100,943

přepočet na 1 atom kyslíku	
S	0,001
Ca	0
Si	0,001
Al	0
Cu	0,994
K	0
Cl	0,001
Ni	0

Tab. 8. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Tenorit ze Studence.

	Chryzokol
	č. 21
CaO	0,401
SiO ₂	42,536
Na ₂ O	0,008
Al ₂ O ₃	1,297
CuO	57,462
FeO	0,075
K ₂ O	0,016
MgO	0,08
suma	101,875

přepočet na 14 atomů kyslíku	
Ca	0,046
Si	4,532
Na	0,002
Al	0,163
Cu	4,624
Fe	0,007
K	0,002
Mg	0,013

Tab. 9. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Chryzokol ze Studence.

	Měď
	č. 22
Ag	0,116
Cu	100,194
Fe	0,024
Zn	0,053
Sb	0,137

Ag	0,001
Cu	0,997
Fe	0
Zn	0,001
Sb	0,001

Tab. 10. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na 1 atom (suma Ag, Cu, Fe, Zn a Sb). Měď ze Studence.

Ponsjakit / brochantit	
	č. 23
SO ₃	13,582
CaO	0,032
SiO ₂	0,358
As ₂ O ₃	0,04
Na ₂ O	0,004
Al ₂ O ₃	0,049
CuO	69,585
FeO	0,09
P ₂ O ₃	0,038
H ₂ O	16,22
suma	99,998

Ponsjakit	11 atomů kyslíku	Brochantit	10 atomů kyslíku
S	0,811	S	0,737
Ca	0,003	Ca	0,002
Si	0,028	Si	0,026
As	0,002	As	0,002
Na	0,001	Na	0,001
Al	0,005	Al	0,004
Cu	4,181	Cu	3,801
Fe	0,006	Fe	0,005
P	0,003	P	0,002
H	8,606	H	7,824

Tab. 11. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Ponsjakit nebo brochantit ze Studence.

8. 3. 2. 2. Vzorek č. 2 - bílý jaspis s mědí a chryzokolem

Jedná se o bílý jaspis (obr. 43) nalezený v jezírku na levé straně lomu. Je tvořen jemnozrnnou bíle zbarvenou křemitou a karbonátovou

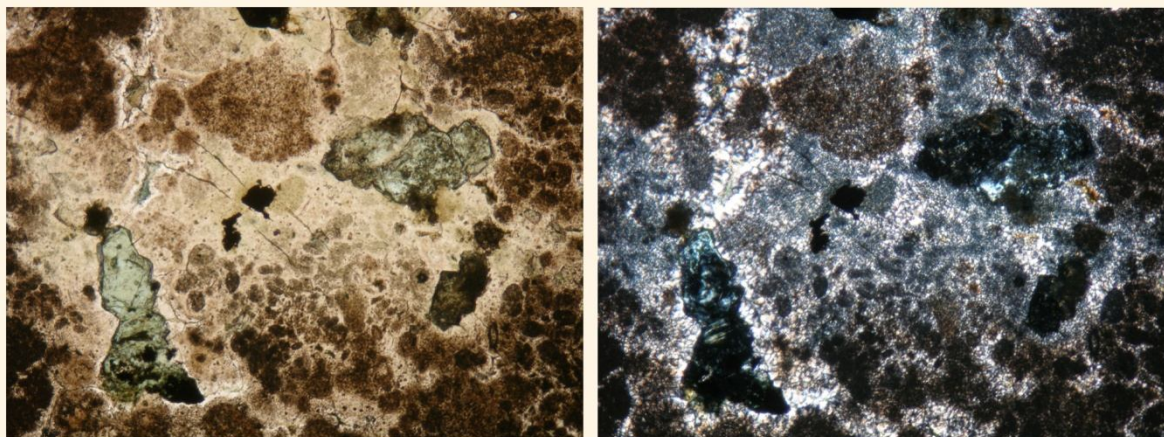


Obr. 43. Bílý jaspis s mědí a dalšími Cu-minerály, lokalita Studenec, šířka snímku 12 cm.

hmotou. Na okraji je několik nepravidelných agregátů ryzí mědi obklopených chryzokolem.

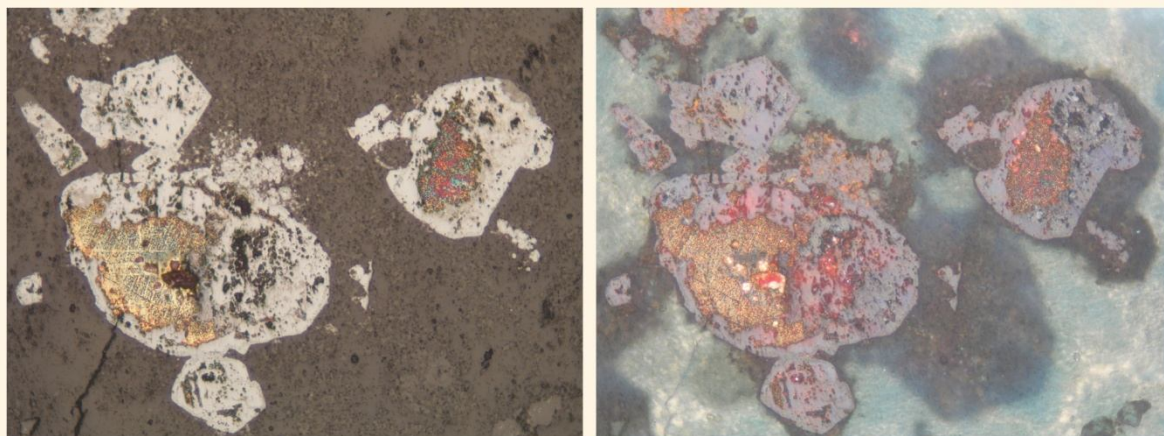
8. 3. 2. 2. 1. Vyhodnocení výbrusu

Na obr. 44 se vyskytují dvě nepravidelné mandle vyplněné chalcedonem a chryzokolem, okolní hmota je tvořená jemnozrnnou směsí křemene a karbonátu.



Obr. 44. Chalcedonové mandle zbarvené chryzokolem v jemnozrnné křemité a karbonátové hmotě, vlevo PPL, vpravo XPL, šířka snímku 2,2 mm, lokalita Studenec

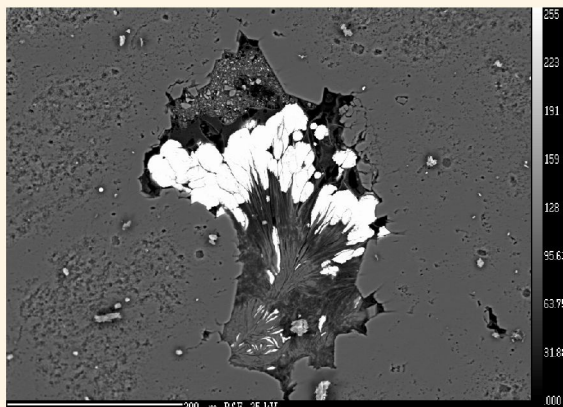
Obr. 45 zachycuje nepravidelný agregát mědi, který je zatlačován kupritem, který tvoří xenomorfně až idiomorfně omezené krystaly, foceno v odraženém světle.



Obr. 45. Agregát ryzí mědi zatlačovaný kupritem, snímek vlevo focen v odraženém světle, vpravo v odraženém světle se zkříženými nikoly, šířka snímku 0,7 mm, lokalita Studenec.

8. 3. 2. 2. 2. Analýzy WDX

V tomto vzorku byl nalezen vésigniéit (tab. 12 a obr. 46). Z tohoto vzorku byla dále analyzovaná měď, opět s vysokou ryzostí a nízkým množstvím příměsí (tab. 13).



Obr. 46. Vésigniét, foceno v odražených elektronech, lokalita Studenec.

	vésigniét
	č. 24
CuO	40,23
As ₂ O ₃	1,14
Al ₂ O ₃	0,27
V ₂ O ₅	26,70
BaO	23,63
P ₂ O ₅	0,12
K ₂ O	0,04
SiO ₂	1,33
suma	93,46

přepočít na 8 atomů kyslíku	
Cu	2,742
As	0,054
Si	0,029
V	1,592
Ba	0,836
P	0,009
K	0,005
Si	0,120

Tab. 12. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Vésigniét ze Studence.

	měď	
	č. 25	č. 26
Cu	98,31	94,03
S	0,71	0,63
As	1,89	3,10
Zn	0,04	0

Cu	0,969	0,961
S	0,014	0,027
As	0,016	0,012
Zn	0,001	0

Tab. 13. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na 1 atom (suma Cu, S, As, Zn). Měď ze Studence.

8. 3. 2. 3. Vzorek č. 3 - dutina vyplněná barytem, analcimem a chryzokolem

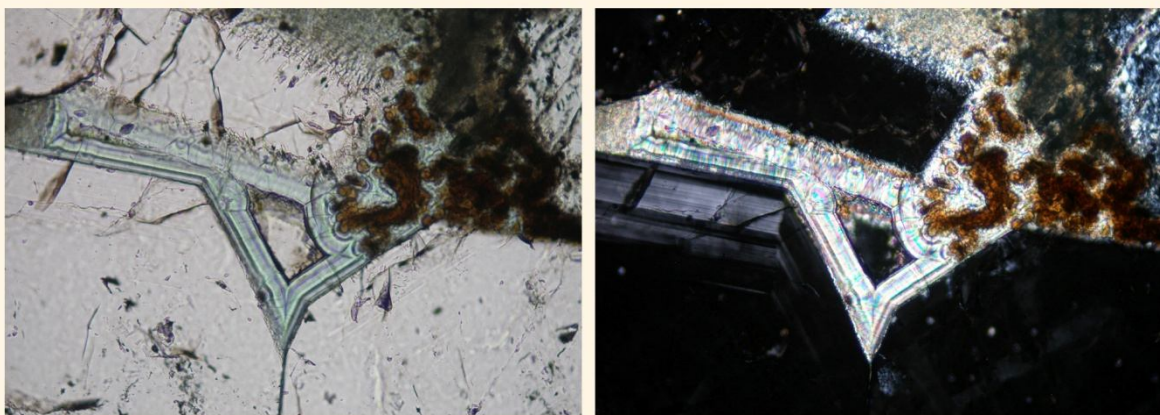
Ojedinělý je nález dutiny (obr. 47) o rozměrech 2 x 2 cm s lupenitými krystaly barytu nepravidelně zakončenými a bílými krystaly analcimu. Baryt a některé krystaly analcimu jsou zbarvené chryzokolem, chryzokol se také vyskytuje v podobě kulovitých agregátů.



Obr. 47. Dutina v melafyru s chryzokolem, barytem a analcimem, šířka snímku 2,5 cm, lokalita Studenec.

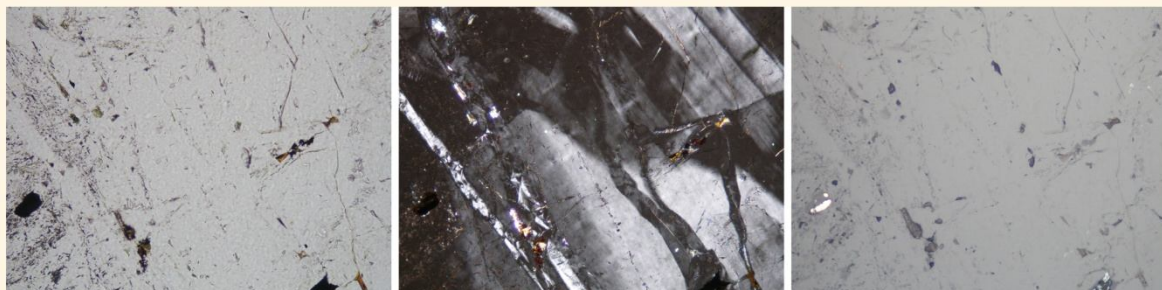
8. 3. 2. 3. 1. Výhodnocení výbrusu

Z této dutiny byly pořízeny snímky (obr. 48) chryzokolem a karbonátem tvořené ostrohranné agregáty v základní hmotě tvořené analcimem se zonálním sektorovým růstem viditelným v XPL jako střídání černých a bílých částí uvnitř analcimu. Hnědé zaoblené agregáty jsou tvořeny goethitem.



Obr. 48. Chryzokol v analcimu, šířka snímku 0,6 mm, vlevo PPL, vpravo XPL, lokalita Studenec.

Na obr. 49 je zachycen drobný oválný agregát ryzí mědi v analcimu. V XPL je opět zřetelný zonální sektorový růst analcimu.



Obr. 49. Měď v analcimu, vlevo PPL, uprostřed XPL, vpravo odražené světlo, šířka snímku 0,8 mm, lokalita Studenec.

8. 3. 2. 3. 2. Analýzy WDX

Z tohoto vzorku byl analyzován analcim (tab. 14).

	Analcim	
	č. 27	č. 28
Na ₂ O	11,300	11,656
SiO ₂	57,749	57,786
Al ₂ O ₃	19,472	19,795
CaO	0,029	0,001
K ₂ O	0,085	0,044
Cr ₂ O ₃	0	0,028
FeO	0,007	0,080
NiO	0,015	0,011
F	0,014	0,002
suma	88,671	89,403

přepočítání na 6 atomů kyslíku		
Na	0,816	0,837
Si	2,152	2,140
Al	0,855	0,864
Ca	0,001	0
K	0,004	0,002
Cr	0	0,001
Fe	0	0,002
Ni	0	0
F	0,002	0

Tab. 14. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a jejich přepočty na atomární kvocienty. Analcim z lokality Studenec.

8. 4. Zlatnice - Stupná



Obr. 50. Lokalita Zlatnice, stav 26. 7. 2010.

V oblasti mezi obcemi Stupná, Vidochov, Horka a Borovnice jsou zachovány staré důlní práce. Bylo zde od 16. století, možná i dříve, těženo zlato. Jedná se o několik štol založených v melafyrovém mandlovcu v lese Zlatnice na východním svahu hřbetu v blízkosti kapličky. Tento výlev uzavírá polohy tufitů a má komplikovanou stavbu, jeho mocnost

se pohybuje kolem 20 m. V jeho podloží jsou arkózové pískovce s polohami slepenců a vložkami prachovců, podle nichž bylo určeno stáří svrchní autun (Malec et al. 1981).



Obr. 51. Lokalita Zlatnice, potok Zlatnice, stav z 26. 7. 2010.

Zbytky důlních prací jsou tvořeny několika částečně zavalenými štolami, pinkami a odvaly (obr. 50). Dále jsou to relikty rýžovišť sledující potok Zlatnice (obr. 51) od kapličky (Malec et al. 1981). A podle místních pověstí jedna ze štol pokračuje až do Stupné, k bývalému mlýnu.

Těžba je doložená v letech 1562 – 1565 a 1593 záznamy o odvodech do pražské mincovny. V těchto záznamech se píše o odevzdání 4,25 kg zlata. Semík (1924) se zmiňuje o dřívější těžbě zhruba kolem roku 1100, kdy se mělo také těžit stříbro a měď. Další zpráva z let 1623 – 1637 se zmiňuje o průzkumu dlouho opuštěných zlatých dolů. Až z roku 1862 pochází zpráva o gologickém mapování, kdy bylo psáno o domněnce, že by mohlo jít o rudy stříbra nebo mědi (Pošepný 1895, Semík 1924, Malec et al. 1981). Další záznamy z 18. století se zmiňují o majiteli J. M. Schusterovi ze Stupné a přepisu dvou šachet kostelu a škole v Pecce. V roce 1872 zde těžila společnost rakousko-uherských státních drah (Pošepný 1895, Semík 1924). Pošepný (1895) navštívil tuto lokalitu a domníval se, že zde bylo těženo zlato z podloží melafyru. Další geologický průzkum proběhl během 2. světové války, kdy bylo Němci údajně nalezeno slabé ložisko mědi (Semík 1924).

Toto ložisko je charakterizováno jako ojedinělé zlatonosné zrudnění s vysokým podílem Cu a nepřítomností sulfidů. Toto zrudnění je vázáno na tenké karbonátové žilky a „zpeřené trhlínky“ v melafyru. Nejvyšší obsahy zlata přesahují 100 g/t. Zlato, které se zde vyskytuje má vysokou ryzost – až 930/1000, relativně vysokou příměs Cu – průměrně kolem 3%. Agregáty zlata jsou zonální s kolísajícím složením Au (89,4 – 99,0 %), Ag (0,1 – 9,2 %) a Cu (0,3 – 9,5 %). Žilky obsahují zlato, dolomit, Mn-dolomit, seladonit, chalcedon, kalcit a amorfní vodnaté oxidy Fe a Mn, (Klomínský et al. 1983, Malec 1992).

Zlatonosná mineralizace pravděpodobně vznikla z hydrotermálních roztoků pohybujících se po dislokacích na zvičínském zlomu. Vysoká příměs Cu ukazuje na vyloužení z permských mědinosných horizontů (Klomínský et al. 1983, Malec 1992).

8. 4. 1. Stav lokality v letech 2009 až 2011

Lokalita není příliš často navštěvovaná. Vstupy do štol jsou zasypány a zabezpečeny. V potoce Zlatnice je stále možné rýžovat zlatinky pocházející z místního melafyru, vzorky melafyru s mědí je velmi náročné objevit. V létě roku 2010 tuto lokalitu navštívili hledači železek, což bylo poznat ze zdevastovného koryta potoka. Křížová cesta, která je přímo na lokalitě naproti ústí dědičné štoly, byla zničena v době, kdy lokalitu navštívili hledači železek, stojí tu už jen kaplička.

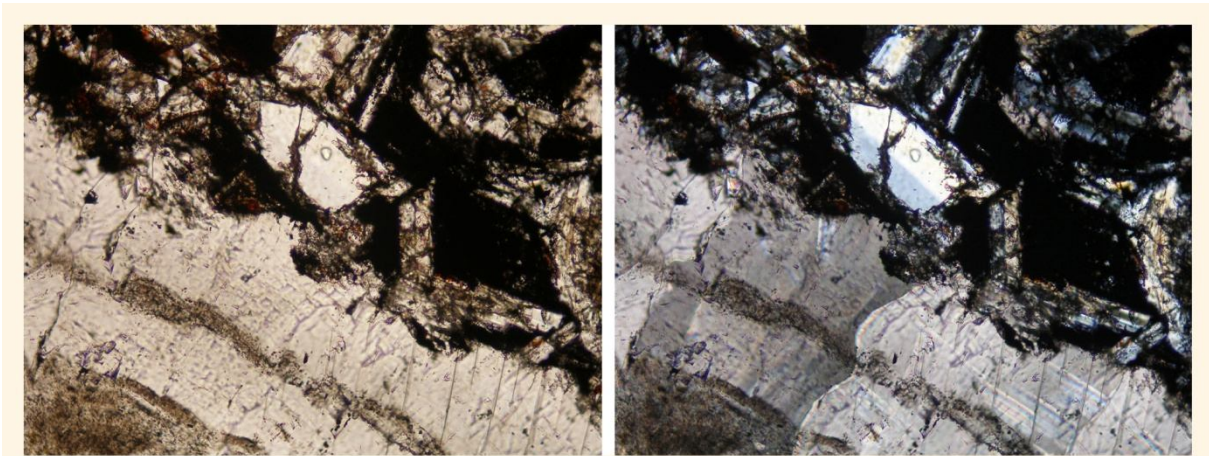
8. 4. 2. Vzorky

8. 4. 2. 1. Vzorek č. 1 - karbonátová žilka v melafyru

Z této lokality, přímo z odvalů u potoka Zlatnice, pochází vzorek melafyru s karbonátovou žilkou. Žilka je cca 0,5 mm silná a tvořená převážně karbonáty.

8. 4. 2. 1. 1. Vyhodnocení výbrusu

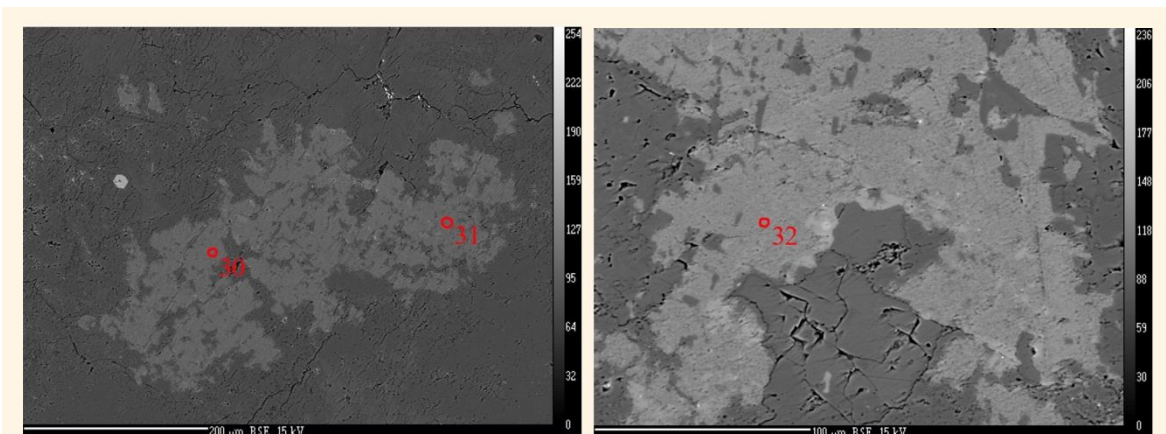
Na obr. 52 je zachycena karbonátová žilka v levé dolní části snímku. V pravé horní části snímku je melafyr s hemikrystalickou strukturou základní hmoty, v níž jsou lištovitými zdvojitými průřezy krystalů plagioklasu.



Obr. 52. Karbonátová žilka v melafyru, vlevo PPL, vpravo XPL, šířka snímku 1,7 mm, lokalita Zlatnice.

8. 4. 2. 1. 2. Analýzy WDX

Na základě analýzy WDX byl určen Ca-silikát vyskytující se v karbonátové žilce jako jennite (tab. 15). Obr. 54 zachycuje tento minerál na snímku v odražených elektronech.



Obr. 53. Fotografie analyzovaného Ca-silikátu (body 30 až 32 odpovídají analýzám WDX v tab. 15), určeno jako jennite, foceno v odražených elektronech, lokalita Zlatnice.

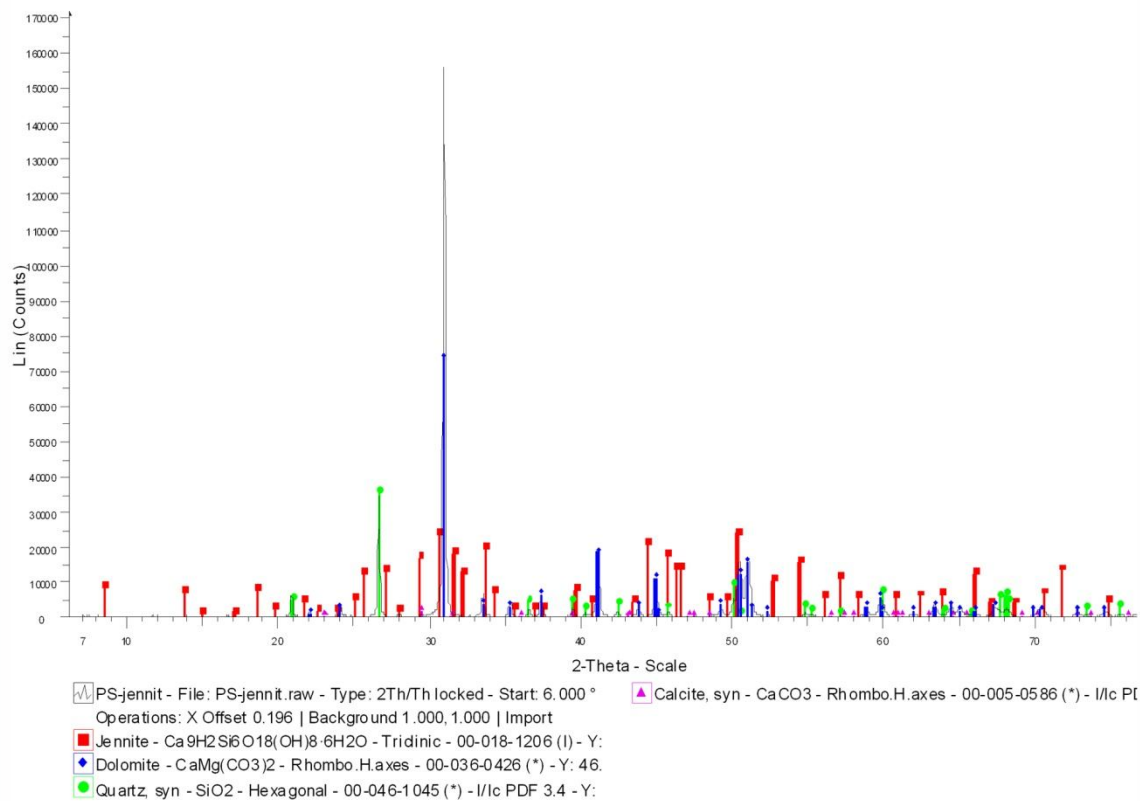
	Jennite		
	č. 29	č. 30	č. 31
SiO ₂	27,82	26,58	26,29
P ₂ O ₅	0,03	0,04	0,06
Al ₂ O ₃	0,06	0,07	0,09
V ₂ O ₃	0,03	0,02	0
FeO	0,04	0,14	0
MgO	0,44	0,24	0,26
MnO	0,44	0,45	0,47
CaO	39,76	40,84	41,25
BaO	0	0,03	0,1
Na ₂ O	0,02	0,03	0,06
suma	68,64	68,44	68,58

Přepočet na 21 atomů kyslíku			
Si	5,86	5,70	5,64
P	0,01	0,01	0,01
Al	0,02	0,02	0,02
V	0,01	0,00	0
Fe	0,01	0,03	0
Mg	0,14	0,08	0,09
Mn	0,08	0,08	0,09
Ca	8,98	9,38	9,47
Ba	0,00	0	0,01
Na	0,01	0,01	0,03

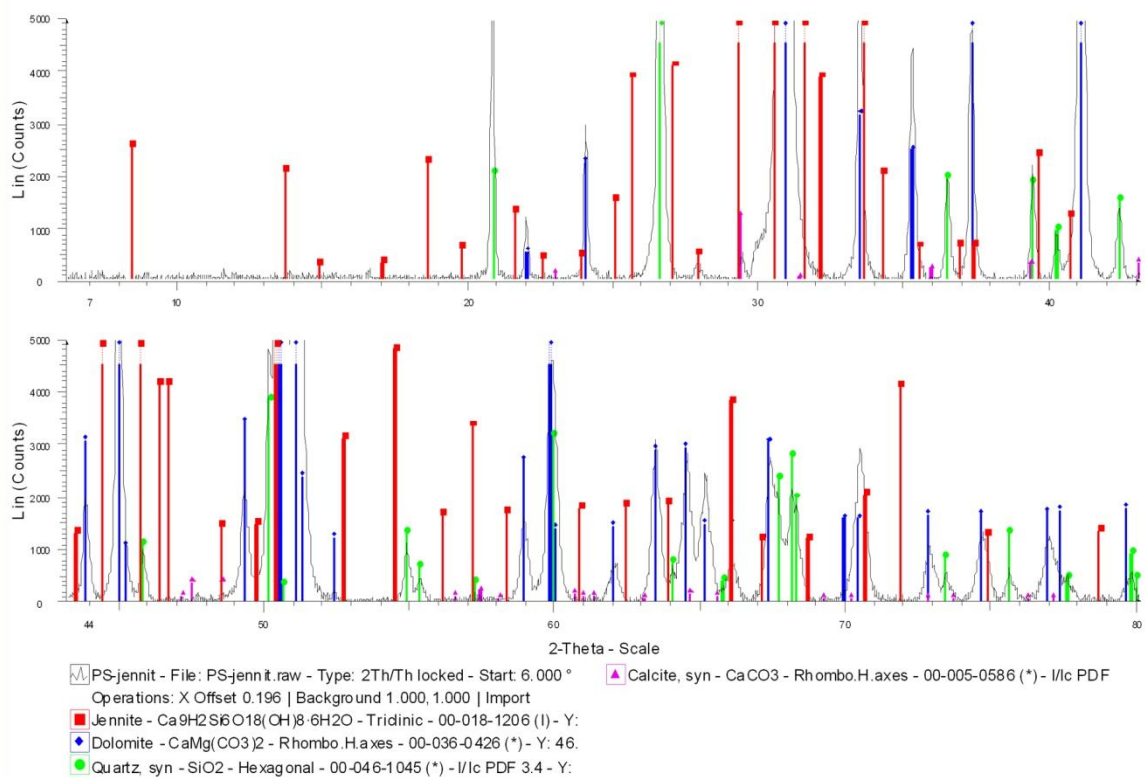
Tab. 15. Výsledky WDX analýzy (v hmotnostních %) a přepočty na atomární kvocienty. Jennite ze Zlatnice.

8. 4. 2. 1. 3. RTG analýza

Rentgenovou difrakční analýzou se přítomnost jennitu v analyzovaném vzorku nepodařilo potvrdit. To může být způsobeno jak jeho nepřítomností, tak jeho jen malým obsahem. Vzhledem k dominanci křemene a dolomitu v analyzované partii (oba minerály byly rentgenometricky potvrzeny – viz obr. 54) nemusely být difrakční linie jennitu zaregistrovány. Obsah jennitu lze na základě BSE obrazu v této partii odhadnout pouze na 5 až 10 %



Obr. 54A. Výsledky RTG analýzy karbonátové žilky, kde byl nalezen jennite.



Obr. 54B. Totožné výsledky RTG analýzy, pouze ve větším detailu.

8. 4. 2. 2. Vzorek č. 2 - měď a další Cu-minerály v melafyru

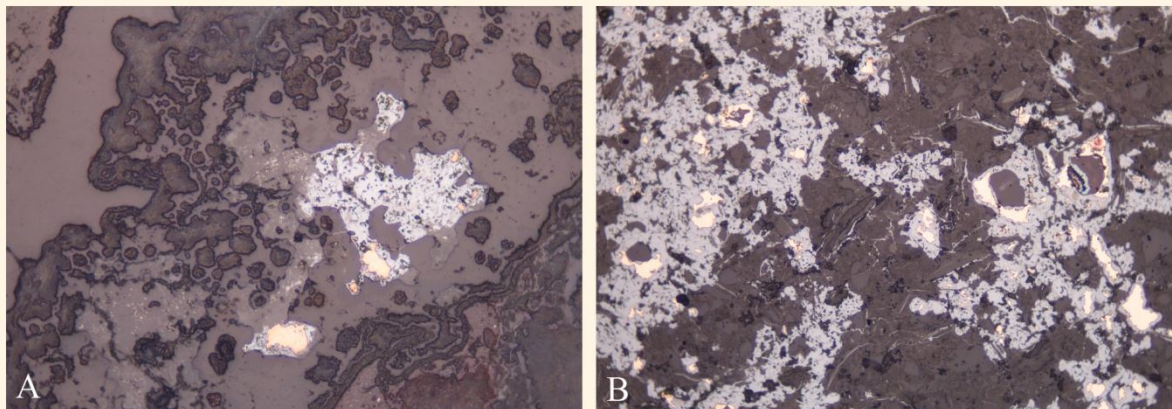
Na lokalitě byl také melafyr obsahující měď obklopenou kupritem a malachitem (obr. 55). Měď tvoří drobné nepravidelně rozmístěné agregáty společně kupritem. Okolo nich je alterovaná zóna, v některých případech s malachitem.



Obr. 55. Melafyr s mědí a dalšími Cu-minerály, lokalita Zlatnice, šířka snímku 13 cm.

8. 4. 2. 2. 1. Vyhodnocení výbrusu

Na obr. 56A a B jsou nepravidelné útvary mědi o velikosti do 0,1 mm, které jsou zatlačovány kupritem.



Obr. 56. Měď a kuprit v melafyru, lokalita Zlatnice, odražené světlo.

A - šířka snímku 0,8 mm,

B - šířka snímku 1,6 mm.

8. 5. Stav u Nové Paky

Tuček (1970) zmiňuje pod heslem Nová Paka Otmarův lom (obr. 57) nedaleko obce Stav. Měď je zde ve formě plechů na puklinách v andezitoidu. Je doprovázena chryzokolem a kupřitem.

Bradna et al. (1962) zmiňuje jako další Cu-minerály: chalkozín, bornit, malachit, pseudomalachit a tenorit. Měď se vyskytovala

v agregátech o velikosti až 5 x 8 cm o tloušťce 1 mm. Spektrální semikvantitativní analýze byla podrobena měď a chryzokol.



Obr. 57. Otmarův lom, stav z 13. 3. 2011.

8. 5. 1. Současný stav lokality

Lokalita je zasucená a zarostlá stromy. Pouze v horní části je relikv bývající stěny. Nachází se za oplocenkou a obtížně se hledá.

8. 5. 2. Vzorek - plech ryzí mědi

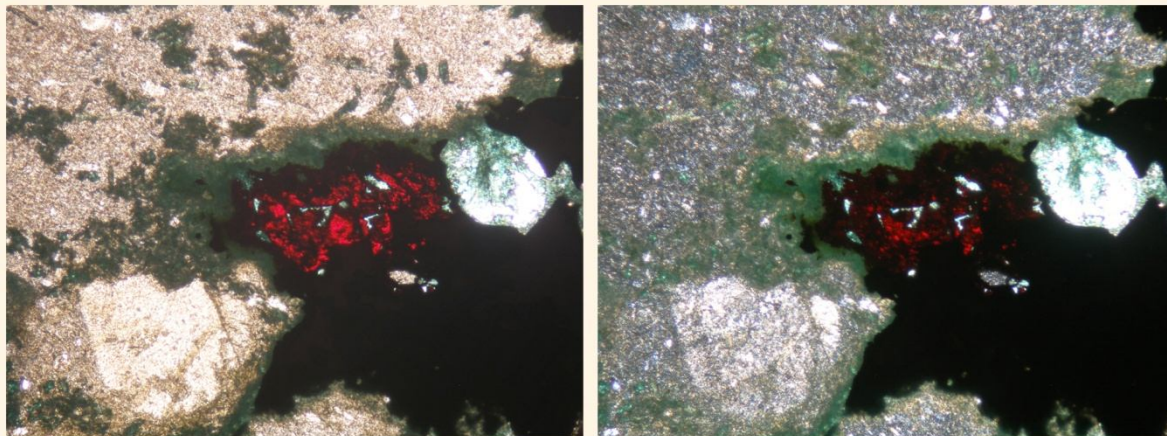
Vzorek (obr. 58) je z převážné části tvořen plechem ryzí mědi, která je potažena práškovitým malachitem.



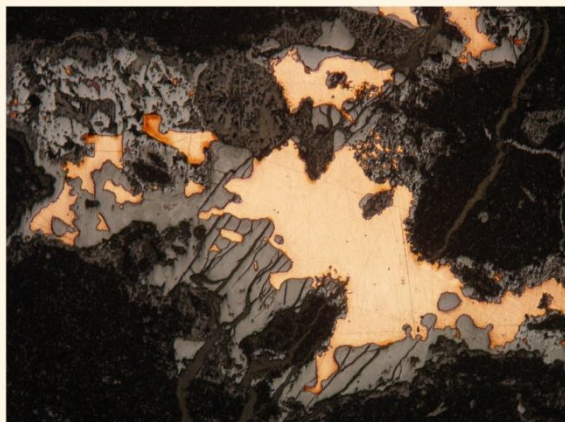
Obr. 58. Měď a malachit z Otmarova lomu.

8. 5. 2. 1. Vyhodnocení výbrusu

Na obr. 59 je zachycen kuprit obklopený malachitem. V horní části snímku je jemně zrnitý karbonát. Na obr. 60 je ryzí měď.



Obr. 59. Kuprit a malachit, vlevo PPL, vpravo XPL, šířka snímku 2,2 mm, lokalita Otmarův lom.



Obr. 60. Ryzí měď a kuprit, šířka snímku 2,2 mm, lokalita Otmarův lom.

8. 5. 2. 2. Analýzy WDX

Ze vzorku z lokality Stav byla analyzovaná měď (tab. č. 16), která dosahuje vysoké ryzosti, u analýzy č. 33 je ryzost stoprocentní. Také byl analyzován kuprit (tab. č. 17).

	měď	
	č. 32	č. 33
Cu	100,91	98,86
Zn	0,04	0
Cu	0,999	1,000
Zn	0,001	0

Tab. 16. Výsledky analýzy WDX (v hmotnostních %) a přepočty na 1 atom (suma Cu a Zn). Měď z lokality Stav.

	kuprit	
	č. 34	č. 35
Cu ₂ O	98,34	98,57
S	0	0,06
ZnO	0,06	0,04
suma	98,40	98,67
Cu	1,999	1,998
S	0	0,001
Zn	0,001	0,001

Tab. 17. Výsledky WDX analýzy (v hmotnostních %) a přepočty na atomární kvocienty. Kuprit z lokality Stav.

9. Závěr

U lokality Doubravice je popisována ryzí měď a další Cu-minerály v melafyru i jako součást křemitých hmot. Na této lokalitě jsem mineralizaci uvedenou v literatuře objevila, a to jako výplň puklin v melafyru i v achátech a jaspisech. Dále byl nalezen uranofán v jednom ze zkoumaných achátů.

Z lokality Lomnice nad Popelkou - lomy v Popelkách byl zkoumán jediný vzorek, kde jsem z Cu mineralizace popisované v literatuře objevila ryzí měď, kuprit a chryzokol. WDX analýzy byly provedeny pouze u ryzí mědi. Také byla provedeny WDX analýzy Cr-spinelu a ulvöspinelu, které jsou součástí melafyru.

V lokalitě Studenec jsem našla měď ve třech různých vzorcích - kupritové čočce (hojně zmiňované v literatuře), jaspisu s ryzí mědí a dalšími Cu - minerály a drobné dutině vyplněné analcimem, barytem a Cu - minerály (jaspis ani dutina s analcimem nebyla ve mnou použité literatuře zmíněna). V kupritové čočce jsem byla potvrzena přítomnosti ryzí mědi, kupritu, tenoritu, chryzokolu, malachitu a minerál, který odpovídá buď ponsjakitu nebo brochantitu. V jaspisu jsem objevila ryzí měď, kuprit, chryzokol a vésignéit. Drobná dutina obsahovala analýzou WDX potvrzený analcim a dále ryzí měď a chryzokol.

Z lokality Zlatnice byla zkoumána karbonátová žilka (na které je popisován výskyt zlata), v ní byl nalezen Ca-silikát určen jako jennite. RTG analýzou nebyl potvrzen z důvodu jeho malého množství nebo nepřítomnosti ve zkoumaném vzorku. Dalším vzorkem byl melafyr s ryzí mědí, kupritem a malachitem, podobný vzorek nebyl v literatuře popsán.

Mineralizace na lokalitě Stav je v literatuře velmi stručně popisována. Tento výskyt mineralizace je potvrzen nalezí ryzí mědí, kupritem a jejich WDX analýzami a malachitem (bez analýzy).

10. Literatura:

- Bernard J. H., Rost R. et al. (1992): Encyklopedický přehled minerálů. Academia Praha.
- Bernard J. H., Hyršl J. (2006): Minerals and their localities. Edited by Vandall T. King. 2nd edition, updated. Granit Praha.
- Bradna J., Doubek Z. (1962): Přírodní měď z Otmarova lomu u Nové Paky. Práce muzea v Hradci Králové, série A: Vědy přír., 1–2/IV, Hradec Králové, s. 165–166.
- Chaloupský J., Červenka J., Jetel J., Králík F., Líbalová J., Píchová E., Pokorný J., Pošmourný K., Sekyra J., Shrbený O., Šalanský K., Šrámek J., Václ J. (1989): Geologie Krkonoš a Jizerských hor. ÚUG Praha.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stránil Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia Praha.
- Johan Z., Povondra P. (1987): Vanadium- and copper- bearing dolomite nodules from Permian sediments near Horní Kalná, Czechoslovakia. Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen, Vol. 157, No. 3, s. 245–266.
- Klomínský J., Jiránek J., Malec J., Novák F., Odehnal L., Veselovský F. (1983): Zlatonosnost kontinentálního permokarbonu Českého masívu. – Sbor. geol. Věd, řada LGM, 25, s. 111–186.
- Kratochvíl J. (1961): Topografická mineralogie Čech IV. Nakl. ČSAV, Praha.
- Malec J.: Podkrkonošská oblast. In: Morávek, P. et al. Zlato v Českém masívu. Praha: Vydavatelství Českého geologického ústavu, 1992, s. 122–123.
- Malec J., Veselovský F., Kubátová L. (1981): K dolování zlata v okolí Stupné u Nové Paky. – Studie z dějin hornictví 12: 197–195. Rozpravy NTM Praha.
- Moravec B., Pauliš P. (1990): Vésigniéit ze Studence u Jilemnice. – Čas. Mineral. Geol., 35, 4, 430. Praha.
- Petránek J. (2005): Ryzí měď v achátu z lomu v Doubravici. – Minerál, XIII, 170. Brno.
- Pauliš P. (1993): Volborthit, $\text{Cu}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ze Studence u Jilemnice. – J. Czech Geol. Soc., 38, 1–2, 112. Praha.

- Pauliš P. (2000): Nejzajímavější mineralogická naleziště Čech. Kuttna Kutná Hora.
- Pauliš P. (2003): Nejzajímavější mineralogická naleziště Čech II. Kuttna Kutná Hora.
- Pauliš P., Malý J. (2005): Minerály mědi v melafyrech v Morcinově u Lomnice nad Popelkou. *Minerál (Brno)* 13, 170–172.
- Pauliš P., Moravec B. (1990): Tirolit z Doubravice u Jičína. – *Čas. Mineral. Geol.*, 35, 4, 430. Praha.
- Pošepný F. (1895): Die Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. *Geologie II*, Freiberg.
- Prouza V. (2005): Permokarbon západní a centrální části podkrkonošské pánve. Exkurze České geologické společnosti, 15. ČGS Praha.
- Prouza V. (2007): Přehled vulkanismu Podkrkonošské pánve. Sborník Muzea Českého ráje v Turnově.
- Semík M.: Zlaté doly u Stupné. *Novopacko I.*, 1924. s. 88–98.
- Svoboda J. et al. (1964): Regionální geologie ČSSR. Díl I. Český Masiv. Sv. 2. Algonkium až kvartér. Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Svoboda J. et al. (1983): Encyklopedický slovník geologických věd, 1. svazek, A-M. Academia Praha.
- Tomeš Z. (2001): Drahé kameny Podkrkonoší. Granit s. r. o., Praha.
- Tuček K. (1970): Naleziště českých nerostů a jejich literatury 1951 – 1965. Academia Praha.
- Tuček K. (2008): Novopacko. Z geologické minulosti Novopacka. Město Nová Paka.
- Turnovec I., Táborská Z., Vlašimský P. (2006): Vulkanity širšího okolí Turnova. Exkurze České geologické společnosti, 17. ČGS Praha.
- Vavřín I., Frýda J. (1996): Mineralizace Cu-Ag-V-Hg v melafyru ze Studence u Jilemnice (Podkrkonoší). – *Journ. Czech. geol. Soc.*, 41, 33–41. Praha.
- Ziegler V. (1999): Geologické vycházky po Českém ráji a jeho okolí. Nakl. Karolinum. Praha.

Internetové zdroje:

<http://lokality.geology.cz/261>

Mapové podklady:

www.mapy.cz