

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA GEOLOGIE**

**Revize terénních pozůstatků po staré těžbě nerostných surovin u Kamenné  
(jihlavský rudní revír)**

Bakalářská práce

Petr Stöhr

Environmentální geologie (B1201)  
Prezenční studium  
Vedoucí práce: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.  
Konzultant: RNDr. Karel Malý, Ph.D.

Olomouc 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechna použitá literatura je řádně citována.

V Olomouci dne

.....

Podpis

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu RNDr. Z. Dolníčkovi Ph.D. za odborné vedení, velice cenné rady a především za trpělivost v průběhu prací na tomto dokumentu. Dík také patří mému konzultantovi RNDr. K. Malému Ph.D., za uvedení do problematiky, poskytnutí materiálů a za pomoc s terénním výzkumem. Dále děkuji také rodině a přátelům, kteří mě jakkoliv podporovali a pomohli.

## **Bibliografická identifikace:**

**Jméno a příjmení autora:** Petr Stöhr

**Název práce:** Revize terénních pozůstatků po staré těžbě nerostných surovin u Kamenné (jihlavský rudní revír)

**Typ práce:** Bakalářská práce

**Pracoviště:** Katedra geologie PřF UP Olomouc

**Vedoucí práce:** RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.

**Rok obhajoby práce:** 2014

**Abstrakt:** Bakalářská práce je zaměřena na montanistický a mineralogický výzkum terénních pozůstatků po těžbě stříbrných rud v severní okrajové části jihlavského rudního revíru v okolí obce Kamenná. V terénní části jsou do map zakresleny a popsány pozůstatky po těžbě. Polohy jednotlivých pozůstatků jsou upřesněny GPS souřadnicemi. Dobývané rudy se nacházejí v jemnozrnné až hrubozrnné křemenné žilovině, bílé až šedé barvy. Mezi nejhojnější rudní minerály patří pyrit, arsenopyrit a šedočerný sfalerit se zvýšenými obsahy Fe (3,6–6,9 hm. %). Mezi vzácně se vyskytující se minerály patří galenit, chalkopyrit, boulangerit, pyrargyrit, freibergit (27,4–33,8 hm. % Ag) a miargyrit. Sekundární minerály jsou zastoupeny především hnědým limonitem a žlutým jarositem. Covellin, cerusit, skorodit a malachit(?) se vyskytují vzácně. Rýžovací prospekce na Zlatém potoce nepotvrdila přítomnost strusek v říčních sedimentech, což nasvědčuje tomu, že ruda se v oblasti hutnický nezpracovávala. Ze šlichu byla vyseparována šedozelená zrna safíru. Nalezené strusky byly označeny za strusky železářské. Díky nálezům keramiky v sondě č. 1 bylo období těžby zařazeno do 13. – 1. pol. 14. století.

**Klíčová slova:** moldanubikum, jihlavský rudní revír, Kamenná, šachtice, hydrotermální mineralizace, freibergit, sfalerit, středověk

**Jazyk:** Český

**Počet stran:** 69

**Počet příloh:** 0

## **Bibliographic identification:**

**Author's first name and surname:** Petr Stöhr

**Title:** Revision of field remnants after old mining of mineral raw materials in the vicinity of Kamenná (Jihlava Ore District)

**Type of thesis:** bachelor's thesis

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

**Supervisor:** RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.

**The year of presentation:** 2014

**Abstract:** The thesis is focused on montanistic and mineralogical research of field remnants after mining of silver ore in the northern part of the Jihlava Ore District near the village of Kamenná. The position of the mining remnants was drawn into a maps. The description of the individual relics is supplement by GPS coordinates. The mined ore minerals are hosted by fine-grained to coarse-grained white to gray quartz vein. The most abundant ore minerals are pyrite, arsenopyrite and gray-black sphalerite with an increased content of Fe (3.6 to 6.9 wt. %). Rarely occurring ore minerals are galena, chalcopyrite, boulangerite, pyrargyrite, freibergite (27.4 to 33.8 wt. % Ag) and miargyrite. The secondary minerals are represented mainly by brown limonite and yellow jarosite. Covellite , cerussite , skorodite, anglesite and malachite(?) occur in smaller amount. Pan prospecting in the Zlatý potok stream didn't confirm the presence of slag in the stream sediments, thus we can say that the ore was not processed in the mining area. Grey-green sapphire grains were rarely found in heavy mineral concentrates. The collected slags were identified as iron slags. The findings of ceramics in an archeological probe suggest the period of mining between 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> centuries.

**Key words:** Moldanubicum, Jihlava Ore District, Kamenná, shaft, hydrothermal mineralization, freibergite, sphalerite, Middle Ages

**Language:** Czech

**Number of pages:** 69

**Number of appendices:** 0

## Obsah

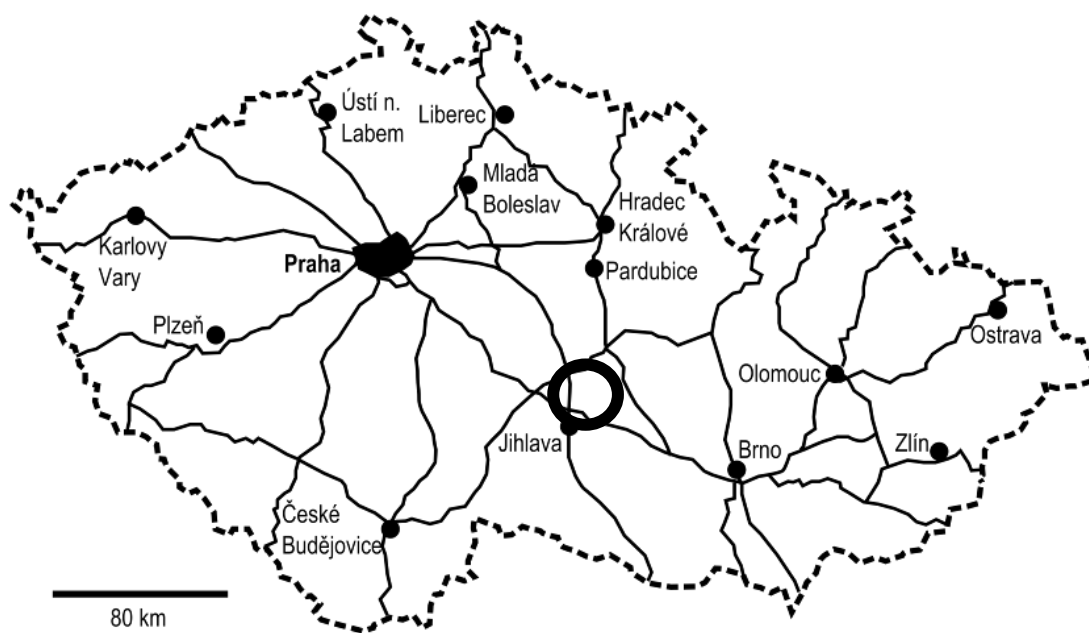
1	Úvod.....	6
2	Geologická charakteristika.....	8
3	Přehled dosavadních poznatků.....	12
3.1	Ložisková charakteristika jihlavského rudního revíru.....	12
3.2	Mineralizace jihlavského rudního revíru.....	14
3.3	Historie těžby v jihlavském rudním revíru.....	18
3.4	Těžba a zpracování rudy.....	20
4	Metodika.....	23
5	Výsledky.....	25
5.1	Topografie pozůstatků po dolování.....	25
5.2	Kopané sondy.....	36
5.3	Charakteristika odebraných vzorků.....	38
5.3.1	Horninové vzorky.....	38
5.3.2	Polymetalické zrudnění.....	44
5.3.3	Strusky.....	53
5.3.4	Šlichová prospekce.....	56
5.4	Archeologické nálezy.....	58
6	Diskuze.....	59
7	Závěr.....	64
8	Literatura.....	66

# 1 Úvod

Tato práce je zaměřena na zmapování středověkých pozůstatků po těžbě polymetalické mineralizace u obce Kamenná, nacházející se v severní okrajové části jihlavského rudního revíru (obr. 1).

Jihlavský rudní revír je znám jako nejstarší oblast těžby stříbrných rud na území České republiky, kde těžba započala již v průběhu 1. poloviny 13. století (Sláma 1996). Spolu s ním se na Českomoravské vrchovině vyskytují i dva menší revíry (havlíčkobrodský rudní revír a pelhřimovský rudní revír), které spolu s jihlavským revírem produkovaly množství stříbra, jež zapříčinilo, že z malé osady Jihlavy vzniklo bohaté královské horní město s různými privilegii. Největší rozmach těžby byl kolem 14. století, kdy byly těženy mělčeji uložené partie zrudnění, které byly nejbohatší na stříbro. Poté nastává úpadek prací, a to nejen díky novým, velice bohatým nálezům stříbra v okolí Kutné Hory, ale také díky přírodním katastrofám, válečným tažením a v neposlední řadě vysoké hladině podzemních vod, jež znesnadňovaly dobývání hlouběji uložené a chudší mineralizace (Vosáhlo 1999). Všechny tyto události měly za následek ukončení těžby v okolí Jihlavy po více než sedmisetleté historii.

Obec Kamenná se nalézá 5 km západně od města Polná (obr. 1). V bezprostředním okolí obce se nachází nejvíce žilných struktur, avšak některé jsou odlehlejší, a proto lze zdejší těžební oblast lokalizovat do prostoru mezi obcemi Nové Dvory, Věžnice, Kamenná a Dobronín. První nepřímá zmínka o těžbě rudy pochází z roku 1308, kdy se Kamenná nazývá „Perchmeisterdorf“, čili „vesnice důlního mistra“, avšak více informací není známo, protože dokumentace zachycující těžbu v jejím okolí se nedochovala. Cílem této práce je rozšíření poznatků o zdejší historické těžbě. Práce obsahuje literární rešerši, kterou následuje terénní průzkum zaměřený na zmapování pozůstatků po dolování, jenž je zároveň spojen s odběrem horninového materiálu, strusek a šlichu ze sedimentu Zlatého potoka, protékajícího celou oblastí těžby. Z odebraných vzorků byly následně zhotoveny nábrusy a výbrusy, které byly studovány pomocí mineralogických metod. V závěru jsou pak získané poznatky porovnány s údaji publikovanými pro jihlavský rudní revír.



Obr. 1 Poloha studované oblasti (v kroužku)

## 2 Geologická charakteristika

Moldanubikum se nachází v oblasti Českého lesa, Českomoravské vrchoviny, Šumavy, Bavorska a Rakouska (Svoboda et al. 1964). Vymezení této oblasti je na západě středočeským hlubinným zlomem (Mísař et al. 1983). Jižní část se noří pod usazeniny alpské čelní pánve (Cháb et al. 2008). Na východě jsou ruly moldanubika v kontaktu s moravskou svorovou zónou (Svoboda et al. 1964). Na severu a severovýchodě se nachází kutnohorsko-svratecká oblast, která bývá k moldanubiku přiřazována, avšak je od něj odlišná nižším stupněm metamorfózy hornin a nenacházejí se v ní variské plutony (Chlupáč et al. 2011).

Moldanubikum je nejsilněji metamorfovaná oblast a nejhlubší obnažená část variského horstva, kde je nutné počítat s největšími zdvihovými pohyby, které vyzdvihly metamorfované horniny ze značných hloubek (Chlupáč et al. 2002).

Metamorfóza zde byla zapříčiněna kolizí Gondwany a Laurusie v mladším paleozoiku (Nance et al. 2010). Horniny vznikly ve spodní kůře a byly vyneseny k povrchu (Petraakis 1997). Intenzivně do něj intrudovalo magma granitového až granodioritového složení, které vytvořilo plutony (Dudek et al. 1962). Podle U-Pb datování monazitu proběhla migmatitizace hornin před 329 Ma v hloubce 21 km, při teplotě 730°C a tlaku 6 kbar. Následně byly tyto horniny vyzdviženy rychlostí 6-7 mm/rok, do hloubky 9 km, kde před 327 Ma do hornin intrudovalo granitoidní magma (Žák et al. 2011). Stupeň metamorfózy odpovídá amfibolitové facii (Cháb, Suk 1977), výjimkou jsou však ještě silněji metamorfované pyroxenické granulity aeklogity (Mísař et al. 1983). Na kontaktu okolních hornin a plutonů vznikl cordierit a je zřejmá silná migmatitizace (Svoboda et al. 1964).

Moldanubikum se člení na tři hlavní skupiny (obr. 2) (Chlupáč et al. 2002)

1. Ostrongska jednotka (jednotvárná skupina): buduje většinou část moldanubika (Mísař et al. 1983), je tvořena především biotitickými, biotiticko-muskovitickými a biotiticko-sillimanitickými pararulami s hojným výskytem cordieritu v blízkosti kontaktu s plutony (Chlupáč et al. 2011). Protolitem rul byly pelitické, hlubokomořské sedimenty (Svoboda et al. 1964). Stupeň metamorfózy je vysoký a odpovídá amfibolitové facii středních a nízkých tlaků.
2. Drosendorfská jednotka (pestrá skupina): převládají v ní pararuly a hojná tělesa jiných metamorfovaných sedimentů jako kvarcitů, kvarcitických a grafitických rul, mramorů, dolomitů, vápenatosilikátových hornin (erlany), a dále jsou přítomny i amfibolity a metamorfované



granitoidy (ortoruly) (Chlupáč et al. 2011). Protolitem byly pelitické sedimenty s vložkami vápenců, ale i psamity a organogenní sedimenty (vápence a bituminózní horniny) (Svoboda et al. 1964).

3. Gföhlská jednotka: je tvořena křemen-živcovými migmatity a granulity (Chlupáč et al. 2002). Granulity vznikly metamorfózou kyselých magmatitů, ve kterých se vyskytují xenolity bazických metamorfovaných hornin (Bouček, Kodým 1963). Tyto xenolity mohou dosáhnout objemu až několika km<sup>3</sup> (Chlupáč et al. 2002). V jednotce se vyskytují taktéž menší tělesa metamorfovaných ultrabazických hornin – serpentinizovaných peridotitů.

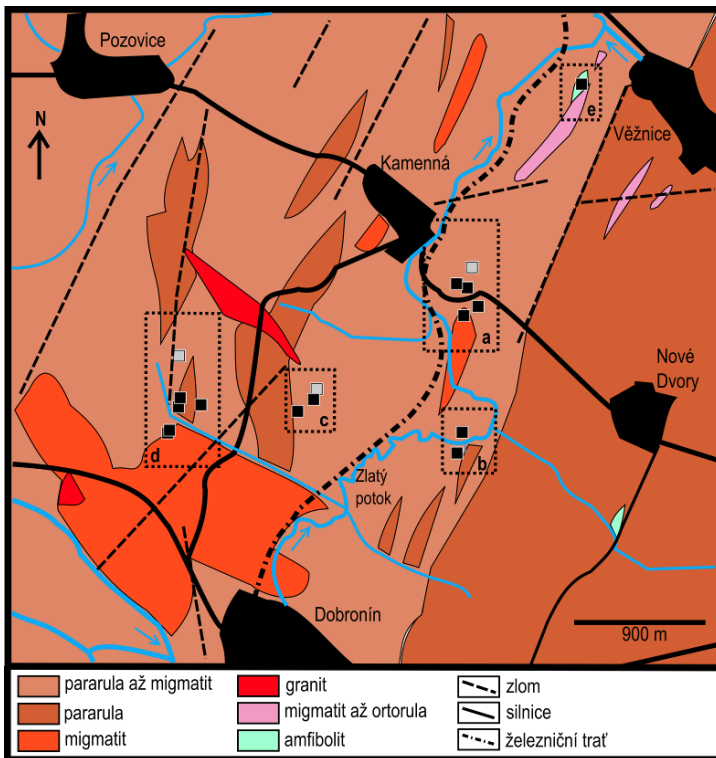
V okolí zkoumané lokality jsou důležitá dvě plutonická tělesa. První, větší plutonické těleso je moldanubický pluton, který tvoří intruze nepravidelného tvaru, které jsou vázané na antiklinální struktury. Je to největší plutonický komplex v Českém masivu s plochou 8000 km<sup>2</sup>. Intruze hornin proběhla v období 330 – 300 mil. let (Žák et al. 2011). Z hlavního tělesa pronikají granitoidy do okolních hornin podél disjunktivních ploch v podobě různě mocných žil nebo lakolitů (Buday et al. 1961). Horniny jsou kyselého charakteru (dvojslídne adamellity až granity a biotitické granodiority). Kyselý je i žilný doprovod (žilné granity a aplity) (Svoboda et al. 1964). Díky výstupu lehkých granitových tavenin bylo moldanubikum asymetricky vyklenuto (Cháb et al. 2008). V plutonu lze rozlišit starší a mladší intruze. U starších intruzí je hlavní horninou I-typový porfyrický biotitický syenogranit až monzogranit typu Weinsberg, občas s amfibolem (Vrána, Šrámek 1999 in Cháb et al. 2008). Mladší intruze jsou tvořeny granitoidy typu Freistadt (Chlupáč et al. 2011). Tyto horniny jsou středně zrnité s tmavě hnědým biotitem, který místy vytváří i vyrostlice (Svoboda et al. 1964).

Třebíčský masiv se rozprostírá mezi Polnou, Velkou Bíteší a Moravskými Budějovicemi. Je to největší durbachitový komplex na území České republiky, tvořící deskovité těleso s rozlohou přibližně 540 km<sup>2</sup> (Škoda, Novák 2007). Intruze hornin proběhla před 335 Ma (Žák et al. 2011). Vyskytují se v něm ultradraselné granity až syenogranity (Foley et al. 1987). Horniny masivu mají vysoké obsahy K<sub>2</sub>O (5,2-6,5 hm.%), MgO (3,3-10,4 hm.%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,47-0,98 hm.%), Rb (330-410 ppm), Ba (1100-2470 ppm), U (6,7-26,2 ppm), Th (28,2-47,7 ppm) a Cr (270-650 ppm) (Škoda, Novák 2007). Vyrostlice v horninách jsou tvořeny ortoklasem, amfibolem a biotitem. V masivu se občas vyskytují žíly aplitů. (Bouček, Kodým 1963).

Významnou roli pro vznik ložisek jihlavského rudního revíru sehrálo několik set metrů široké mylonitové pásmo, nazvané jako přibyslavská mylonitová zóna se směrem SSV – JJZ (Koutek 1935 in Pluskal, Vosáhlo 1997). Zóna se táhne od Chotěboře na Přibyslav, Jihlavu směrem k Dačicím (Svoboda et al. 1964). Toto pásmo zapříčinilo pravděpodobně vznik

příkopové propadliny, nazvané jako jihlavská brázda, kterou nejspíše do jihlavského rudního revíru „doputovaly“ hydrotermální roztoky, které daly vzniknout polymetalickému zrudnění (Zajíček 1982). V území mezi jihlavským a třebičským masivem, k přibyslavské zóně přisedá několik menších mylonitových pásem, se směrem S–J až SSZ–JJV (Pluskal, Vosáhlo 1997). K nejvýznamnějším žilným směřům patří S–J a žíly jsou prudce ukloněny na východ. Tyto struktury jsou doprovázeny puklinami stejné orientace (Zajíček 1982). Zajíček (1982) usuzuje, že směr S–J je reprezentován žilami ložními, protože horniny jsou orientované stejným směrem. Významný směr dislokací je také V–Z, který se vyskytuje na celém území, bez nějaké významné prostorové koncentrace (Pluskal, Vosáhlo 1997). Podle Zajíčka (1982) se jedná o pravé žíly, prorážející napříč foliací, se strmým sklonem 70–90° na sever. Nejméně patrné dislokace v revíru, které jsou však důležité pro vznik mineralizací jsou zlomy směru SV–JZ.

Samotné území těžby se nachází v blízkosti hranice strážeckého a moravského moldanubika, avšak tato poloha této hranice není jednoznačně určena. Podle Weisse (1977) in Mísař et al. (1983) je hranicí strážeckého i moravského moldanubika východní okraj moldanubického plutonu. Avšak Kříbek et al. (2005) vymezují hranici podél přibyslavské mylonitové zóny. Horninami tvořící studovanou oblast jsou pararuly, migmatity a různé přechody mezi pararulou a migmatitem. Místa se vyskytují čočky amfibolitů, ortorul a granitů (obr. 2) (<http://www.geologicke-mapy.cz>).



Obr. 2 Geologická situace oblasti s vyznačenými níže v práci charakterizovanými areály těžby (a-e) (upraveno podle <http://www.geologicke-mapy.cz/>)

## 3 Přehled dosavadních poznatků

### 3.1 Ložisková charakteristika jihlavského rudního revíru

V jihlavském revíru jsou vyčleněny dva strukturní typy ložisek. První je vtroušeninový typ, vázaný na grafitizované drcené zóny v silně metamorfovaných horninách a chloritizované tektonické zóny ve variských granitoidech. Druhý je masivní typ, vyskytující se ve středně až slabě metamorfovaných horninách, jenž je charakterizován žilami, či žilnými systémy (Akrapov et al. 1984 in Pluskal, Vosáhlo 1998). Vosáhlo (1988) popisuje na základě terénního výzkumu a historické dokumentace v jihlavském rudním revíru tři typy mineralizovaných disjunktivních struktur.

1) struktury o délce až několika km a o mocnosti od prvních desítek do prvních stovek metrů, označené jako **dislokační zóny**, jež jsou hlavními strukturami v revíru. Jsou to systémy dislokací, hlavně zlomových švů různého sklonu a směru, vyplněné grafitizovaným tektonickým jílem nebo chloritizovaným či grafitizovaným horninovým materiálem. Horninová tělesa mezi švy bývají postižena mylonitizací a hydrotermálními alteracemi. V dislokacích cirkulovaly hydrotermální rudonosné roztoky, které daly vzniknout vtroušenému, prožilkovému nebo žilníkovému zrudnění s brekciovými, impregnačními, závalkovitými, hnízdovitými nebo kokardovitými texturami. Mineralizace je soustředěna do málo kontrastních, ale rozsáhlých rudních sloupů o mocnostech až 10 m. Tato tělesa jsou izometrická, nebo subvertikálně protažená s délkou od desítek do stovek metrů.

2) dislokace o délce do 1 km o mocnosti několika metrů, jež jsou označeny jako **menší mineralizované poruchy**. Jsou to jednoduché dislokace tvořené jedním, ale i několika tektonickými švy. Ve výplni je drcený horninový materiál, grafitizovaný tektonický jíl a žilné nebo tektonické brekie. Tyto poruchy nesoucí mineralogicky chudší výplně jsou vyvinuty do podoby krátkých odstavců. Tělesa jsou čočkovitá s mocností 1–2 m, v délce několika metrů až desítek metrů.

3) **otevřené pukliny a puklinové systémy** bez podstatného výskytu tektonicky postiženého materiálu, s výplní hydrotermálních žil a žilníků s délkou prvních stovek metrů a mocností v prvních metrech. V jejich okolí nebývají vyvinuté lemy hydrotermálních alterací. Tvoří hydrotermální žíly a žilníky malého hloubkového dosahu. Ty tvoří jeden rudní sloup v metrových velikostech a mocnostech v decimetrech až prvních metrech, jenž vyklíňuje do

hloubky 100 m. Ruda se v nich vyskytuje vtroušeně, závalkovitě, občas je v masivnějších čočkách.

Celkem bylo v jihlavském rudním revíru dobýváno nebo ověřováno 120 struktur s mineralizací, které jsou nerovnoměrně rozmístěny, většinou poblíž mocných dislokačních zón. V severní části se nacházejí u Kamenné, v centrální oblasti jsou rozmístěny kolem Jihlavy a na jihozápadě se vyskytují u Jezdovic a Třeště (obr. 3) (Pluskal, Vosáhlo 1998).

Rozmístění ložisek bylo ovlivněno přibyslavským hlubinným zlomem, který vede směrem SSV – JJZ kolem Polné k Malému Beranovu a dále k Vílanci a ke Třešti. Hlavní úlohu pak sehrály zlomy směru V – Z a SZ – JV (Pluskal, Vosáhlo 1998).

Podle Koutka (1952 in Pluskal, Vosáhlo 1998) lze vyčlenit čtyři systémy hydrotermálně mineralizovaných struktur.

- 1) **Mineralizované dislokační zóny, menší mineralizované poruchy, hydrotermální žíly a žilníky směru S–J a blízkých směrů SSV–JJZ a SSZ–JJV, odvozené od přibyslavského hlubinného zlomu:** výplní jsou drcené grafitizované a limonitizované horniny s tektonickým jílem. Výskyt je u Kamenné, Rančářova, na v. a jv. okraji Jihlavy a Salavic u Třeště. Délka bývá několik desítek metrů s mocností kolem jednoho metru.
- 2) **Menší mineralizované poruchy a hydrotermální žíly a žilníky směru SZ–JV:** výplní struktur je drcený limonitizovaný horninový materiál a tektonický jíl, zbarvený limonitem. Ve svém okolí mají většinou mylonitová pásma. Vyskytují se u vrchu Roudný (613 m) a u rybníka Trpaslík u Hybrálce.
- 3) **Mineralizované dislokační zóny, menší mineralizované poruchy, hydrotermální žíly a žilníky směru V–Z a ZSZ–VJV:** V revíru jsou zastoupeny v menším počtu. Výplní je drcený horninový materiál a tektonický jíl, který je limonitizován. Délka bývá v prvních stovkách metrů. Lze je nalézt u Kamenné, Smrčné a Antonínova dolu.
- 4) **Menší mineralizované poruchy a hydrotermální žíly a žilníky směru SV–JZ a VSV–ZJZ:** Výplní je tektonicky postižený horninový materiál a místy grafitizovaný nebo limonitizovaný tektonický jíl.

Ze zjištěných údajů vyplývá, že nejhojněji exploatovanými strukturami byly poruchy směru S – J, dosahující délky až 12,4 km (Pluskal, Vosáhlo 1998).

Hloubka důlních děl dosahovala průměrně 53 m. Je uváděno, že v roce 1714 bylo možné zjistit hloubku u 161 děl (Vohlídal 1949 in Zajíček 1983). Pro zmiňovanou průměrnou hloubku

děl se však později podařilo zjistit hloubku 17 důlních děl Nejhlubším dílem byla Kunstšachta v rančířovské oblasti s hloubkou 56 sáhů (113,2 m) (Koutek 1952 in Zajíček 1983).

Délka žil s rudninou se pohybuje v průměru kolem 700 m, avšak tuto hodnotu daleko překračuje žíla Starohorského couku, dosahující směrné délky 5 km, jež je nejdelší žilou nejen v jihlavském rudním revíru, ale i na Vysočině. Předpokládá se však, že žíla u Okrouhlíku je pokračováním, které by dalo Starohorskému couku délku až 9 km. Z důvodu nezachování dokumentace je celková délka tahů (15690 m) pouze odhadem a usuzuje se, že ve skutečnosti dosahovaly tahy o čtvrtinu větší délky, čili kolem 20 km (Zajíček 1983).

Dle historických pramenů se udává maximální mocnost žíly 4 až 5 stop (1,13 – 1,41 m), na starohorské rudní žíle. Další mohutnější žíly byly na rančířovských dolech s mocností 0,5 látra (1,03 m) a v beranovské štole a ve štole sv. Jiří, kde dosahovaly mocnosti 3 stop (0,85 m). Hluchá křemenná žíla dosahující mocnosti 3 m byla zaznamenána u Panského mlýna. V ústí štoly sv. Jiří byla nalezena žilná struktura dosahující mocnosti více než 3 m. Z těchto a dalších 48 archivních údajů byla stanovena průměrná mocnost žil na 0,82 m (Zajíček 1983).

### **3.2 Mineralizace jihlavského rudního revíru**

V jihlavském rudním revíru se vyskytuje hydrotermální polymetalická mineralizace mladovariského stáří, která je nejspíše geneticky vázaná na variské žulové plutony (Bernard et al. 1981 in Pluskal, Vosáhlo 1998). Podle Bernarda et al. (1986) lze v revíru vyčlenit 2 hlavní typy mineralizace. První mineralizací je mladovariská kyzová polymetalická asociace (k-pol), vázaná na středně variské granitové intruze, charakteristická zvýšeným obsahem Fe (díky čemuž bývá sfalerit zbarven do černa), Mn, In a Sn. Hojnými minerály jsou galenit, arzenopyrit a pyrotin. Žilovina je tvořena křemenem a karbonáty (Mn a Fe), bez výskytu barytu. Druhý typ je mladovariská nekyzová, polymetalická asociace (pol). Charakteristický je zde pestře zbarvený sfalerit, což je způsobeno menšími obsahy Fe. Mívá také nižší obsahy Mn, In a Sn. Mineralizaci představují křemenné, karbonátové a barytové žíly s galenitem sfaleritem, tetradritem a chalkopyritem.

Němec (1964) podal prozatím nejucelenější výčet minerálů. Primárními sulfidy jsou galenit, sfalerit, pyrotin, chalkopyrit, arzenopyrit, a tetradrit. Popsal také mikroskopické inkluze pyrargyritu a zlata za štoly Kleinwerkl. Žilovinu tvoří křemen a baryt, kalcit, ankerit, siderit a vzácně fluorit. Sekundárními minerály jsou cementační stříbro, zlato, argentit a pyrit, méně hojný je anglesit, cerusit, smithsonit, chalcedon, pyromorfit, alofán, wulfenit, markazit,

azurit, covellin, chalkozin, jarosit, plumbojarosit, nontronit, malachit, psilomelan, sádrovec a častý limonit (Němec 1964).

Ryzí stříbro je v jihlavském rudním revíru považováno za velice vzácné. Bylo nalezeno na dobývkách Starohorského couku a Malého díla (Kleinwerkl). Vytváří drátky dosahující délky až 5 mm, které jsou zčernalé a pokryté krystaly akantitu. Z provedených analýz vyplynulo, že se jedná skoro o čisté stříbro (průměrný obsah Ag je 99%) (Malý, Vávra 1998).

Němec (1964) v jihlavském rudním revíru popisuje tři základní typy sfaleritu.

- 1) světlý (pestrý), mající červenou, oranžovou, žlutou, hnědočervenou, hnědožlutou a žlutočervenou barvu. Obsah Fe je 0,X až X %.
- 2) světle až tmavě hnědý, s tmavě hnědou, hnědou, světle hnědou a černohnědou barvou. Obsah Fe je X až X0 %.
- 3) hnědočerný až černý, s tmavě hnědou, hnědočernou a černou barvou. Obsah Fe je X0 %.

Karbonáty se hojně vyskytují v hlušinovém materiálu, a proto se jejich chemismu věnovala práce Malého (2009), která je postavena na analýzách 30 vzorků karbonátů. Bylo zjištěno, že nejhojnější je kalcit s malým obsahem manganu. Siderit společně s karbonáty dolomitové skupiny obsahují již větší zastoupení manganu (až 22,4 hm. %). Zvýšenými obsahy manganu jsou karbonáty jihlavského rudního revíru podobné kutnohorským karbonátům (Trdlička, Hoffman 1974 in Malý 2009).

V jihlavském rudním revíru je vyčleněno podle Vosáhla (1988) šest typů mineralizace.

- 1) Mineralizace typu černý sfalerit + kyzy + karbonáty je nejrozšířenějším typem na Jihlavsku. Zastoupen je sfalerit s vysokým obsahem železa, galenit, hojný je pyrit. V žilovině převládá křemen, někde jsou hojné i karbonáty, zejména siderit, ankerit, vzácně i kalcit. Tato minerální asociace je zastoupena zejména v okolí Kamenné, na Rudném, na Pfaffenhofské dislokační zóně, v okolí Bílého Kamene a zejména na tzv. Staré jezdovické žíle. Podle Malého a Dolníčka (2005) a jejich izotopických měření síry vznikla tato mineralizace za teplot 350–450°C.
- 2) Mineralizace typu světle až tmavě hnědý sfalerit + baryt + karbonáty je představována kavernózním, drúzovitým nebo kokardovitým křemenem, zastoupení karbonátů (zejména kalcitu a ankeritu) a barytu je proměnlivé. Z rudních minerálů převládá galenit a sfalerit. Mineralizaci tohoto typu můžeme pozorovat na žilách mezi Hruškovými Dvory, Malým Beranovem

a Kosovem, na Postříbřovacím pásmu u Rančířova a jinde. Vznikla v rozmezí teplot 250–350°C (Malý, Dolníček 2005).

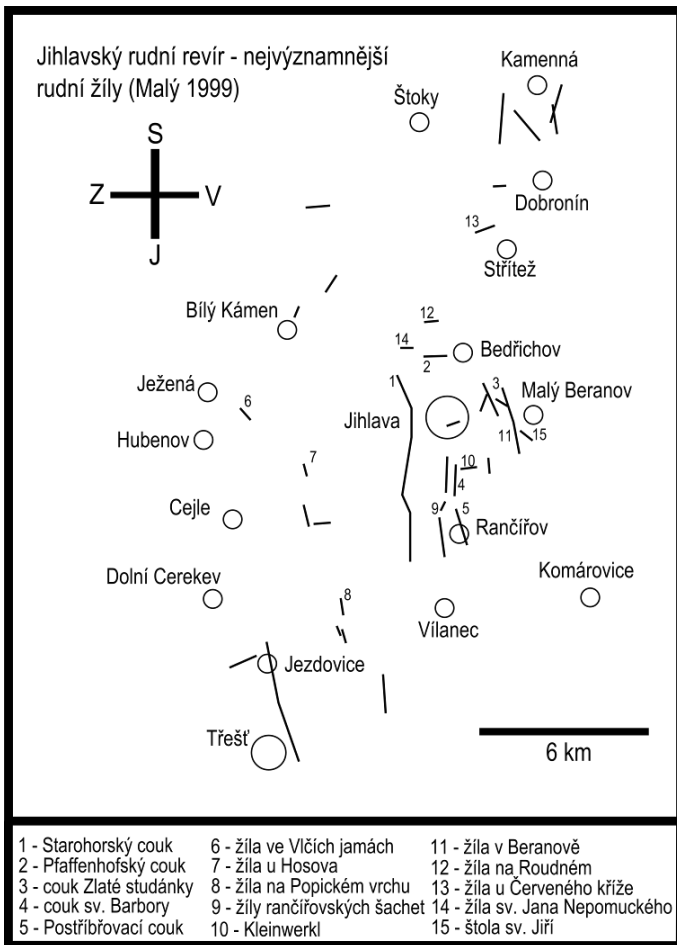
3) Mineralizace typu tmavě hnědý sfalerit + baryt + fluorit se objevuje pouze na lokalitě u Ježené (U sv. Antonína). Z rudních minerálů je mimo sfaleritu přítomen zejména galenit, chalkopyrit, méně též pyrit a arzenopyrit. Teplota vzniku je kolem 250°C (Malý, Dolníček 2005).

4) Mineralizace typu světlý sfalerit + baryt + karbonáty byla v minulosti ekonomicky nejvýznamnější. V hlušině převládá křemen, běžný je i baryt a karbonáty (kalcit, ankerit). Sfalerit je pestře zbarven (žlutý, červený, hnědožlutý), dále se zde vyskytuje galenit, chalkopyrit a tetraedrit. Výskyt této asociace je omezen zejména na některé části starohorské a rančířovské dislokační zóny. Tento typ mineralizace vznikl přibližně při 250°C (Malý, Dolníček 2005).

5) Mineralizace typu křemen + pyrit je mineralogicky chudá, nacházíme ji na lokalitách u Ježené, Hlávkova, Jezdovic a Vílance. Objevuje se i na některých úsecích starohorské a rančířovské dislokační zóny.

6) Mineralizace typu psilomelan + chalcedon je zřejmě již hypergenní a objevuje se například u Malého Beranova a Kosova.





Obr. 3 Rozmístění rudních žil v jihlavském rudním revíru (upraveno z Malého 1999)

### 3.3 Historie těžby v jihlavském rudním revíru

Počátek exploatace rudních žil v jihlavském rudním revíru spadá do let 1234–1240 (Zajíček 1982), kdy z malé osady vzniklo bohaté královské horní město, které bylo v té době druhým největším městem v Českém království. Nálezy stříbra byly tak významné, že se o nich nacházejí zmínky i v německých a italských kronikách (Sláma 1996). Vyskytují se však pře o tom, jestli s těžbou v okolí Jihlavy započali němečtí havíři, jenž se dolování naučili od Římanů, a kteří ho následně předali českým horníkům, nebo zda-li se už dříve dostaly vědomosti o těžbě ke Slovanům, což je podle Slámy (1996) pravděpodobnější a důkazem toho je hornický kostelík sv. Jana Křtitele, založený v poslední čtvrtině 12. století. K tomuto se traduje příběh o hrnčiči, kterému se díky stříbru v hlíně nedařilo vypalovat nádoby, a v ohništi poté našel hrudku stříbra.

Období těžby lze rozdělit do tří etap na základě přírodních, ekonomických, technických i společenských faktorů (Vosáhlo 1999).

První období těžby: 30. léta 13. století až do roku 1436 – především v období kolem 14. století dosáhly jihlavské doly svého těžebního, úpravnického a zpracovatelského maxima. Hlavními podílníky na dolech byli čeští králové (Václav I. a Přemysl Otakar II.), měšťané z Jihlavy, ale i z okolních měst a v malé míře i církve (konvekty premonstrátů a cisterciáků z Čech a Moravy) (Pluskal, Vosáhlo 1998). Menší struktury byly pronajímány „lénhavířům“, kteří pracovali na svůj náklad (Vosáhlo 1999). V roce 1234 daroval Václav I. osadu Jihlavu s blízkými obcemi tišnovskému klášteru, avšak roku 1240 si ji bere zpět díky nálezům rudních žil, díky nimž se v roce 1249 stává Jihlava městem (Zajíček 1982). Z útržků dochovaných zpráv víme, že kolem roku 1303 probíhaly práce na Starohorském couku (Červenošachetní), kde se podle listiny Václava IV těžilo stříbro, zlato, olovo měď, cín a železo (Zajíček 1982). Rok 1290 byl velice významný nejen pro Jihlavu, ale i pro světové hornictví, neboť v Jihlavě vzniklo první psané horní právo, jenž posloužilo jako základ horních práv i v jiných těžebních oblastech v Evropě i ve světě (Sláma 1996). Po bohatém období nastává úpadek díky důlním vodám, na jejichž odvod jsou nezbytné velké náklady. Negativní vliv na dolování měly také různé katastrofy. 4. a 5. srpna roku 1320 byla mnohá díla zasuta mohutným zemětřesením a roku 1353 postihl Jihlavu mohutný požár, jenž ji skoro celou zničil (Zajíček 1982). Další katastrofou byla povodeň v roce 1376, která zvedla hladinu podzemních vod, které poničily důlní díla (Sláma 1996). V neposlední řadě je dobývání poznamenáno odlivem horníků na nově objevená ložiska v okolí Kutné Hory (Vosáhlo 1999). Poslední ranou prvního období těžby byly husitské války, kdy se horníci připojili k Zikmundovu tažení proti husitům a roku 1420 zasypali doly, které byly o tři roky

později zničeny husity úplně (Sláma 1996). Nakonec je sjednán náboženský a politický mír, čímž roku 1436 končí jedno období a začíná období druhé (Vosáhlo 1999).

Druhé období těžby: 1436 až dvacátá léta 17. století – obnova po husitských válkách, v 15. století probíhala velice pomalu a soustředila se do několika málo pokusů, na kterých se podíleli i čeští panovníci Ladislav Pohrobek a Albrecht II Habsburský (Vosáhlo 1999). Útlum byl nejspíše následkem vytěžení bohatých oxidačních a cementačních zón v první etapě těžby a v následující době se dolovala již ne tak bohatá primární ruda. Avšak zpráva od P. Albinuse (in Zajíček 1982) hovoří, že: „ruda je sice chudá, ale její množství, které je nalézáno, veškeré výdaje uhradí“. Zajíček (1982) se ještě zmiňuje o třech hormistrech a jejich posudcích ložisek u Jihlavy. Hormistr Ludvík Carl se v roce 1571 zmiňuje o opuštěných dolech u Jihlavy, o kterých nikdo neví, proč byly opuštěny. L. Carl uvádí také, že v oblasti byly dvě důlní uskupení „Cech“ a „Altenberg“. Na opuštěném poli zvaném „Cech“ bylo podle hormistra znamenité dolování, čemuž nasvědčuje množství obvalů, ve kterých se však nevyskytuje žádná ruda. Nedaleko od Cechu se nalézá místo „auf dem alten Berg“, kde taktéž nebyla nalezena rudnina, avšak práce zde byly mohutné a nákladné, což je zřejmé podle 7 km dlouhého přívodního kanálu, jenž přiváděl vodu na pohon čerpacího stroje. Dále L. Carl popisuje doly u Hybrálce (Pundgrub), ve kterých práce probíhaly kolem roku 1500. Poté poukazuje na nejperspektivnější doly (Ranzergrub a Die Weissen Halden). Z jeho analýz také vyplynulo, že kyz obsahuje 468 g/t a čistý leštěnec 1875 až 2500 g/t stříbra. Přesto v revíru již těžbu nedoporučil. Druhá zpráva od hormistra Lazara Erckera ukazuje, že se ruda nalézá na nálohu. Zpráva popisuje také překážky, které kladlo město menším těžářům, a tím že upřednostňovalo zámožnější těžáře, a to proto, že Jihlava ztratila osvobození od daní. Třetí zprávou v Zajíčkově (1982) dokumentu je popis díla sv. Albrechta z roku 1601 od hormistra Gunthera, kde na nálohu je 1,5 pídě silný leštěnec s obsahem až dvou hřiven (hřivna = 253 g), někdy však jen pár lotů (lot = 12,757 g) stříbra v centýři. V 16. století se prospektoři zaměřili na obnovu starých prací a na průzkum blízkých, dosud netěžených lokalit. Těžaři pocházeli především z řad měšťanů a chudších horníků z Jihlavy, přicházeli i jiní z moravských a českých měst, ale i z rakouských zemí a Saska (Pluskal, Vosáhlo 1998). Avšak i v 16. století byl celý jihlavský rudní revír ohrožen důlními vodami, přesto že byly vody čerpány pomocí četkových čerpadel, jež však přílivu vod nestačila. Roku 1593 započalo čerpání vody ze šachty sv. Trojice na Roudném, kde horníci vyčerpali vodu do hloubky 60 m pod ústí a pokoušeli se těžbu obnovit; bohužel z díla byla malá výtěžnost rudy, proto se štola opustila a nechala zatopit. U Beranova probíhaly pokusy o odvod důlních vod z již hotových děl pomocí dědičné štoly (štola sv. Jiří), která dosáhla délky 1024 m. Ve štole bylo

objeveno čočkovité rudní těleso, které bylo vytěženo do hloubky 30 m, čímž vznikla tzv. Bílá síň (nazvaná díky bílému křemenu, ve kterém byla vyhotovena) (Sláma 1996). Na konci 16. století ovlivnila české hornictví tzv. cenová revoluce, která způsobila pokles cen domácího stříbra díky značnému dovozu levného stříbra z Jižní Ameriky (Pluskal, Vosáhlo 1998). Na počátku 17. století se na některých lokalitách těžba ještě částečně vzpamatovala díky soukromým kverkům a radě města Jihlavy (Pluskal, Vosáhlo 1998). Druhá etapa končí v 17. století za třicetileté války, kdy horníci odmítají přestoupit na katolickou víru a odcházejí z revíru a spolu s nimi i poslední horní mistr Leonhard Stadler, který odnáší veškerou dokumentaci týkající se těžby (Sláma 1996). Úplné zastavení dolování bylo zapříčiněno vpádem Švédů do města, které zcela zničili a s ním i důlní vybavení (Zajíček 1982).

Třetí období těžby: 60. léta 17. století až 80. léta 18. století – v tomto období se začalo při dolování používat trhavin, což mělo za následek obnovení prací na starých dílech, ale i otevření nových důlních polí, např. roku 1670 u Rančířova (Zajíček 1982). Většinou však byly náklady na těžbu mnohem vyšší než finance získané ze stříbra, jak ukazuje příklad kupce Kharnen z Loewensfeldu, který obnovil s kutnohorskými havíři Tříkrálovou štolu. Financování tohoto díla bylo však velice náročné, a proto vzniklo družstvo postavené na akciových podílech. Z tohoto byla vystavěna pražírna, tavírna, puchýrny, kovárny, čerpadla a cechovní domky, což zabezpečovalo těžbu na Starohorském couku (Hruškové Dvory, Zlatá studánka, Špáry a sv. Trojice). Celkové výdaje činily 30 000 zlatých a výtěžek z dobývání byl 1 000 říšských tolarů, proto proběhl pokus o těžbu ve štole sv. Jiří, po jehož neúspěchu se družstvo s velkou finanční ztrátou rozpadlo (Sláma 1996). Jedním z posledních pokusů o těžbu rudy byla štola na „Malém díle“ ze které byl zisk 96 000 zlatých, avšak náklady na těžbu v období 1773–1781 byly 223 880 zlatých, díky čemuž těžba skončila ve ztrátě (Sláma 1996). Na konci 18. století byl v jihlavském rudním revíru proveden rozsáhlý geologický průzkum, zaměřený na revizi málo známých pozůstatků po těžbě a na prověření pokračování rudních struktur (Vosáhlo 1999).

Na přelomu 19. a 20. století proběhl průzkum určitých lokalit soukromými podnikateli. Společně s tímto průzkumem proběhla na několika lokalitách i těžba grafitu, který doprovázel ložiska rudních surovin (Pluskal, Vosáhlo 1998).

### **3.4 Těžba a zpracování rudy**

Nejdříve, bylo nutné vyhledat žílu s rudou. K tomu se využívaly různé indicie, jako například pozorování travin, které při mrazech nezmrzly, nebo stromy, které shazovaly listy v jinou dobu než ostatní, či černaly. Žíly se hledaly také pomocí různých proutků, či virgulí. Na

stříbro se využívala líska, na měď jasan a zlato se hledalo pomocí železného drátu. Po nálezů se žíly rozlišovaly na „hlubinné“ - sestupovaly strmě dolů; „ložní“ (sloj) – žíla se táhla vodorovně; „peň“ - tento typ byl těsně pod povrchem a táhnul se do délky i šířky (Sláma 1996)

Další dělení bylo na žíly „plné“ - čistý kov, bez průsaků důlních vod; „drůzovité“ - méně kovu, bez důlních vod, ale výskyt důlního plynu; „hluché“ - minimum kovu, silně zatopeny důlními vodami (Sláma 1996). Aby mohla být započata těžba, bylo nutné si pronajmout od hornístra dolové pole (98×64 m), ke kterému byly přiděleny lány pro krále, pozemkovou vrchnost a město. S těmito lány dosahovalo pole délky 180 m a muselo být na něm vyhotoveno alespoň 9 šachet, s tím že ložisko má být co nejhlouběji a co nejrychleji vydobyto (Majer 1999). Dolové pole muselo být ohraničeno kameny, nebo na stromy musely být nasazeny železné obruče označující dolovací území. Práce byla rozdělena na tři směny ve všedních dnech, pokud hrozilo dílu zatopení nebo zasucení, pracovalo se bez přestávky (Sláma 1996). Horníci dokázali za jednu šestihodinovou směnu postoupit v hornině o 2,5 cm (Majer 1999). Dobývalo se tzv. „sestupkováním“ (po sklonu ložiska). Nejprve se však nad šachtou postavil vrátek a sním i přístřešek, aby do šachty nezatékaly dešťové vody. Poblíž tohoto stavení se nacházelo druhé, jenž sloužilo důlnímu dozorcí jako obydlí a také jako sklad rudniny (Sláma 1996). Štola měla rozměry 2×1 m, z důvodu co nejúspěšnější ražby (Majer 1999). Na čelbě byli dva horníci, přičemž prvnírazil horní polovinu a druhý spodní. Na štolu shora nasedaly šachty, sloužící k cirkulaci vzduchu ve štole, k výnosu rudy, či k poznání žilné struktury. Pokud však byla šachta hotova dříve než štola, vzniklo tzv. hloubení (prohlubeň pod úrovní počvy štoly) (Sláma 1996). Aby se důlní dílo nezhroutilo, bylo nutné ho vydřevit, nebo pokud byla hornina velice nestabilní, nechávaly se skalní pilíře tzv. „bergfesty“, jejichž poničení se trestalo (Majer 1999). Při ražbě se používaly různé nástroje s ohledem na tvrdost horniny a žíly. Na nejměkčí se využívaly motyky, na tvrdší se používaly mlátky s želízky (Sláma 1996). Na pevnou horninu, kterou bylo manuálně těžké narušit, se využívala metoda sázení ohně, způsobující rozpukání rozpáleného místa (Majer 1999). Želízka se rozlišovala na tři druhy: 1. – denní želízko (12×4×2 cm) na běžnou ražbu; 2. – druhé želízko (30×4×2 cm) „zásekáček“ na velmi tvrdé horniny; 3. – žumpové želízko (30×6×4 cm) na odtoky důlních vod. Narubaná hornina byla různými vozíky či koši dopravována k šachtě, kde byla pomocí vrátků, žentourů či vodních kol dopravována na povrch. Vrátky se využívaly na vytahování rudy do hmotnosti 50 kg z hloubky 30–40 m. S žentoury bylo možné vytahování rudy z hloubky až 150 m. Na povrchu se rudnina rozbila na menší kusy pomocí kladiv nebo stoup, které byly poháněny vodním kolem. Následovalo rozemletí rudy na rudních mlýnech (Majer 1999). Poté se rozemletá ruda přeplavila vodou, díky čemuž byly

odplaveny lehké části. Poté se v pražících jamách ruda pražila, aby se odstranily nežádoucí příměsi (síra, auripigment, bitumen atd.). Následně se ruda v tavicí peci proložila dřevěným uhlím a přikryla vrstvou strusky (Sláma 1996). Tavba probíhala s přísadou olova, na které se navázalo stříbro obsažené v rudě (Majer 1999). Během tavby se odstraňovala struska a další nežádoucí příměsi. Stříbro vytvořilo spolu s roztaveným olovem těžkou slitinu, která klesla na dno a oddělila se od nežádoucích příměsí. Tento proces se několikrát opakoval. Pak se slitina vybrala do měděných misek vymazaných hlínou, kde utuhla. Dále bylo ve sháněcí peci odděleno olovo od stříbra, jenž bylo očištěno, zváženo, opatřeno puncem a pečetí krále. Poté pod kontrolou úředníků se stříbro znovu roztavilo a nalilo do plátěných forem ponořených do vody, kde vznikaly stříbrné pruty, jež se v mincovně roztepávaly a vystříhovala se z nich kolečka, ze kterých se razily mince (Sláma 1996).

## 4 Metodika

Tato práce navazuje na průzkum oblasti, jenž byl započat v březnu 2010 a některé poznatky již byly autorem prezentovány (Stöhr 2011).

Terénní průzkum se zaměřil na zmapování výskytu hornických děl a jejich pozůstatků, které byly zakresleny do map pomocí programu Inkscape a jejich poloha se upřesnila za pomoci GPS – v systému WGS 42. Na dokumentovaných lokalitách byly odebrány vzorky rudniny z vyhloubených sond v obvalech šachtic, ale i na místech, dnes již aplanovaných. Šluchy se rýžovaly na 7 vytipovaných místech z recentních sedimentů Zlatého potoka, kvůli ověření zda-li jsou v sedimentech přítomny strusky po zpracování stříbrné rudy přímo v oblasti a také kvůli ověření výskytu zlata. Tyto šlichové vzorky byly získány pomocí klasických rýžovacích pánví a vlastnoručně vyrobeném splavu (obr. 4).

Odebrané vzorky byly následně zpracovány mineralogickými metodami. Ze vzorků rudniny byly nejprve zhotoveny nábrusy a výbrusy, které byly leštěny na přístroji Rotopol 35 za použití diamantových suspenzí o zrnitosti 3 a 0,25  $\mu\text{m}$ . Následovalo vyhodnocení v polarizačním mikroskopu Olympus BX35 a zanalyzování vybraných fází na mikrosondě. Složení šlichového vzorku bylo studováno pod binokulární lupou a v polarizačním mikroskopu v imerzi 1,1,2,2-tetrabrometanu. Vybraná opticky neidentifikovaná zrna byla zalita do epoxidové tablety, naleštěna a analyzována na mikrosondě.

Část vzorků byla analyzována elektronovým rastrovacím mikroskopem JEOL JSM-6490LV s připojeným EDX analyzátozem (Oxford Instruments). Snímkování bylo provedeno ve zpětně odražených elektronech, použito bylo urychlovací napětí 15 kV, délka načítání EDX spektra 60 s (analytik doc. J. Štelcl, Ústav geologických věd PřF MU Brno).

Druhá část vzorků byla analyzována na přístroji Cameca SX 100 na Ústavu geologických věd PřF MU v Brně ve WDX modu (analytik dr. P. Gadas). Při analýze sulfidických fází bylo použito napětí 25 keV a proud svazkem 20 nA. Použité standardy pro stanovení jednotlivých prvků: Ag - elementární Ag; S, Fe - FeS<sub>2</sub>; Hg - Sulf1\_HgTe; Pb - PbS modified; Bi - ryzí Bi; Sn - elementární Sn; Cl - PbCl<sub>2</sub>; Cd - Sulf1\_CdTe; Cu - ryzí Cu modified či chalkopyrit; Zn - ZnS; Ni, As - pararammelsbergit; Co - ryzí Co; Mn - elementární Mn; Se - PbSe; Sb - elementární Sb; In - InAs modified.

Pro analýzu oxidických a silikátových fází bylo použito napětí 15keV a proud svazkem 20nA. Standardy pro stanovení jednotlivých prvků: Mg, Al -  $MgAl_2O_4$ ; Si, Mn – Spessartin; Ti – Titanit; Cr – chromit; Ca – wollastonit; Fe – hematit; V -  $ScVO_4$ ; Ni -  $Ni_2SiO_4$ ; Zn – gahnite.

Pro rentgenovou práškovou difrakční analýzu byl použit difraktometr STOE Stadi-P, za použití záření  $CuK\alpha$  s germaniovým filtrem; analytikem byl dr. V. Vávra z Ústavu geologických věd PřF MU Brno. Identifikace přítomných fází byla provedena na základě srovnání difrakčních záznamů s databází JCPDS.



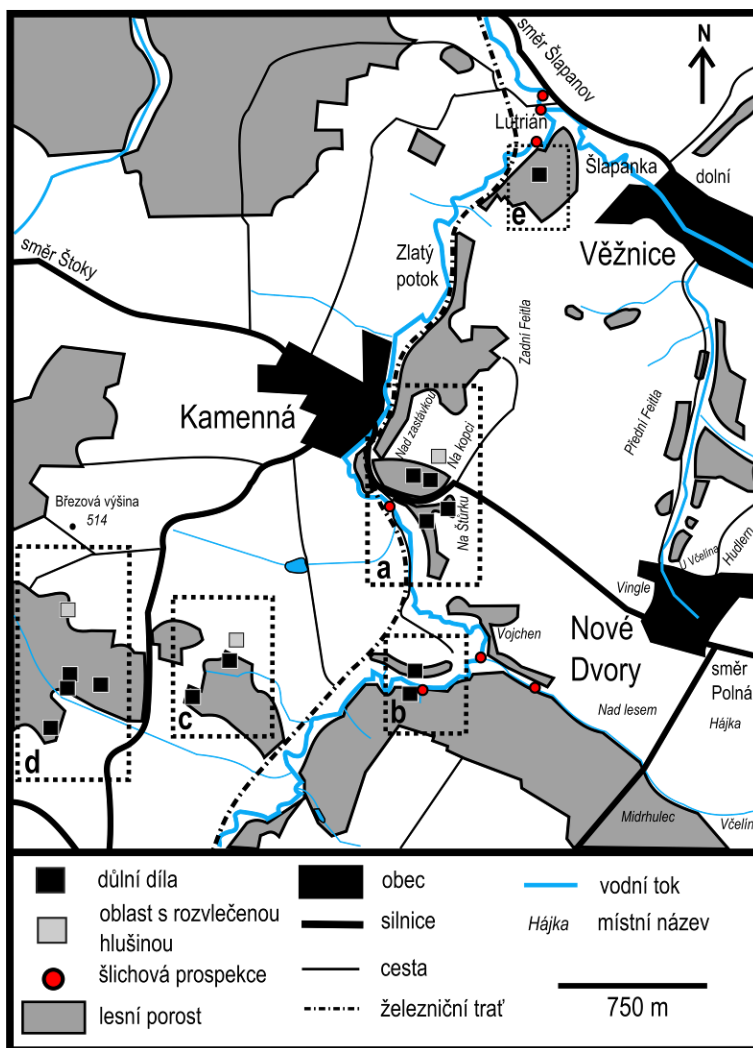
Obr. 4 Rýžovací průzkum na Zlatém potoce pomocí splavu



## 5 Výsledky

### 5.1 Topografie pozůstatků po dolování

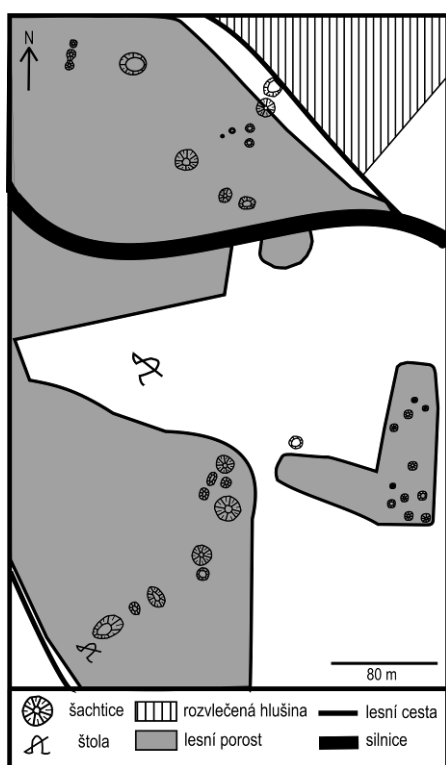
Terénní průzkum byl zaměřen na oblast mezi obcemi Kamenná, Dobronín, Nové Dvory a Věžnice, kde byly nalezeny pozůstatky po historické těžbě polymetalického zrudnění. Pro lepší přehlednost popisu jsem rozdělil oblast do pěti menších areálů (obr. 5).



Obr. 5 Topografická situace vyčleněných areálů s pozůstatky po dolování a identifikace míst šlichové prospekce v zájmové oblasti

První areál „a“ (obr. 6) se nalézá na jižním okraji Kamenná nad železniční zastávkou. Prochází jím komunikace na obec Nové Dvory. Je tvořen třemi tahy šachtic, nejzachovalejšími v dané oblasti. Hlavní a nejdelší tah je umístěn mezi dvěma kratšími a je přerát zmíněnou komunikací. Začíná zčásti aplanovanou šachticí, která byla useknuta polní cestou. Podle hlušiny rozvlečené na blízkém poli je zřejmé, že tah byl v minulosti delší. Hlušina je zde rozvlečena na území 220×140 m. Jižním směrem je šachticový tah již zachovalý, protože se nalézá v lesním

porostu. V tomto místě dominuje dílo s rozměry 12×11×2,8 m a v jeho okolí je šest menších šachtic. Na louce pod komunikací je zřetelné zasypané ústí štoly, vedoucí do svahu (tj. ve směru VSV-ZJZ). Na louce, u spodní části březového remízku je patrná menší šachtice, která náleží nejspíše k pokračování tahu, jenž se nalézá v lesním porostu pod remízkiem. Zde se nachází uskupení nejmohutnějších děl dosahujících rozměrů až 13,5×12 m a hloubky až 2,8 m (obr. 7), situovaných po svahu až k vodojemu pro obec Kamennou, kde byl tah zakončen štolou zaraženou do svahu. Dnes je na místě vyústění štoly postaven vodojem a nelze tak přesně určit rozměry. Druhý tah se nachází východně od prvního v březovém remízku. Je složen z 11 šachtic menších rozměrů, které jsou považovány za průzkumné. Třetí tah se nalézá západně od prvního. Tvoří ho tři šachtice se vzájemně propojenými obvaly. Mezi prvním a třetím tahem je samostatná šachtice. První a třetí tah je veden ve směru SSV-JJZ, druhý je orientován SSZ-JJV.



Obr. 6 Topografická situace terénních pozůstatků po těžbě v areálu „a“

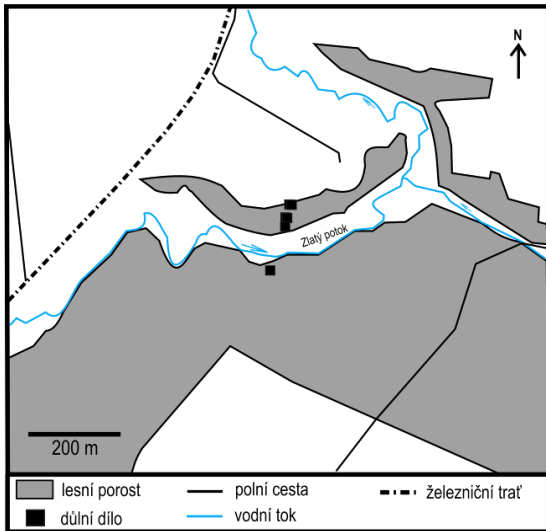


Obr. 7 Šachtice s patrným obvalem v areálu „a“

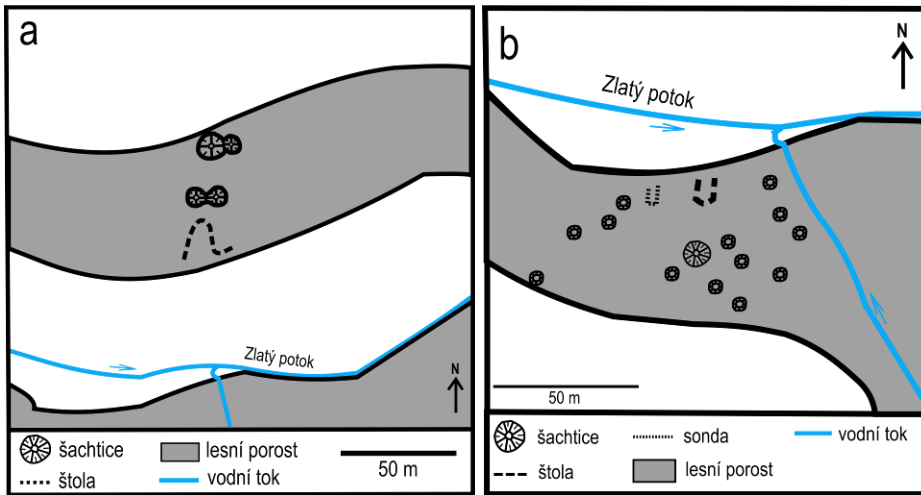
Druhý menší areál „b“ se nachází 1,5 km na JV od Kamenné (obr. 8). Vyskytují se zde dva menší šachticové tahy oddělené od sebe Zlatým potokem. Na severním břehu potoka (obr. 9a) se nachází zasypané ústí štoly (obr. 10), ze kterého prosakují důlní vody (hlavně v období tání sněhu). Tyto vody odtékají mezi dvěma odvaly před ústím a vsakují se do přilehlé louky. Na štolu shora nasedají čtyři šachtice uskupené do dvojic. Šachtice první dvojice se vzájemně propojenými obvaly dosahují velikosti 9,5×9,5×0,3 m a 6,5×6,5×0,3 m. Šachtice druhé dvojice jsou taktéž propojeny obvaly, avšak jsou rozměrově různorodější (10,5×11×2,5 m a 4×4×0,6 m). Podle mapy od Vosáhla (1988) se v tahu vyskytovalo ještě jedno uskupení šachtic, které však již bylo aplanováno. Na místě, kde se uskupení nacházelo, nejsou dnes patrné žádné indicie. Na jižním břehu Zlatého potoka (obr. 9b) je taktéž zasypané ústí štoly, nad nímž je ve svahu situována jedna větší šachtice (7×5×1,5 m), kolem níž je 13 menších (patrně jde o průzkumná díla). Vedle zasypaného ústí štoly je viditelná nejspíše stará sonda dosahující délky 2,5 m. Oba dva tahy areálu „b“ jsou vedeny ve směru SSV-JJZ, přičemž situace nasvědčuje tomu, že dobývaná žíla vede pod Zlatým potokem a tedy že oba dva tahy byly založeny na jedné a téže žilné struktuře.

Tab. 1 Rozměry a GPS souřadnice terénních pozůstatků po dolování v areálu „a“

rozměry	souřadnice	popis
7,3×6,8×1,5 m	N49°30,351' E15° 39,610'	Šachtice
3,8×3,5×0,6 m	N49°30,344' E15° 39,604'	Šachtice
3,2×3,1×0,5 m	N49°30,345' E15° 39,591'	Šachtice
7,3×5,7×1,1 m	N49°30,331' E15° 39,601'	Šachtice
12,1×11×2,8 m	N49°30,330' E15° 39,583'	Šachtice
14,5×12,1×1,9 m	N49°30,348' E15° 39,543'	Šachtice
6,3×7,5×1,9 m	N49°30,344' E15° 39,501'	Šachtice
7,3×7,5×1,8 m	N49°30,341' E15° 39,501'	Šachtice
7,0×6,3×0,9 m	N49°30,283' E15° 39,658'	Šachtice
5,1×5,5×0,4 m	N49°30,280' E15° 39,637'	Šachtice
5,3×4,3×0,4 m	N49°30,276' E15° 39,636'	Šachtice
7,2×6,1×0,5 m	N49°30,275' E15° 39,645'	Šachtice
6,5×5,9×0,5 m	N49°30,252' E15° 39,636'	Šachtice
6,8×7,6×0,7 m	N49°30,247' E15° 39,646'	Šachtice
3,9×3,0×0,6 m	N49°30,237' E15° 39,649'	Šachtice
10,6×11,8×1,9 m	N49°30,245' E15° 39,578'	Šachtice
8,1×6,5×1,2 m	N49°30,243' E15° 39,578'	Šachtice
12,1×13,5×2,4 m	N49°30,240' E15° 39,578'	Šachtice
7,6×6,5×1,1 m	N49°30,243' E15° 39,573'	Šachtice
7,6×9,4×1,4 m	N49°30,241' E15° 39,573'	Šachtice
11,5×12,0×2,5 m	N49°30,224' E15° 39,560'	Šachtice
7,1×6,2×1,1 m	N49°30,222' E15° 39,560'	Šachtice
9,3×8,2×0,9 m	N49°30,214' E15° 39,549'	Šachtice
11,9×6,4×1,6 m	N49°30,212' E15° 39,547'	Šachtice
19,4×12,0×3,0 m	N49°30,191' E15° 39,537'	Šachtice
2×2×0,5 m	N49°30,277' E15° 39,575'	Šachtice
20×15×2m	N49°30,274' E15° 39,530'	Štola
12×10×-m	N49°30,189' E15° 39,535'	Štola
	N49°30,380' E15° 39,508'	oblast s rozvlečenou hlušinou
	N49°30,470' E15° 39,576'	
	N49°30,444' E15° 39,689'	
	N49°30,353' E15° 39,655'	



Obr. 8 Rozmístění šachticových tahů v areálu „b“



Obr. 9 Topografická situace pozůstatků po těžbě v areálu „b“, a) rozmístění důlních děl na severním břehu Zlatého potoka; b) tah se zakreslenými důlními díly nacházejícími se na jižním břehu Zlatého potoka

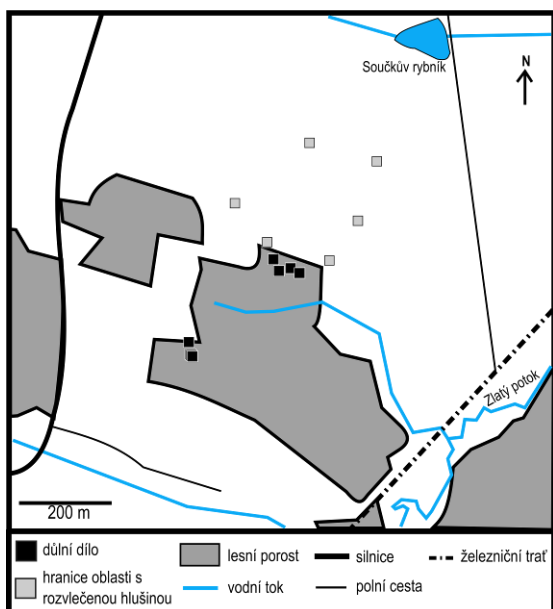


Obr. 10 Zasypané ústí štoly na severním břehu Zlatého potoka, na které shora nasedají dvě dvojice šachtic

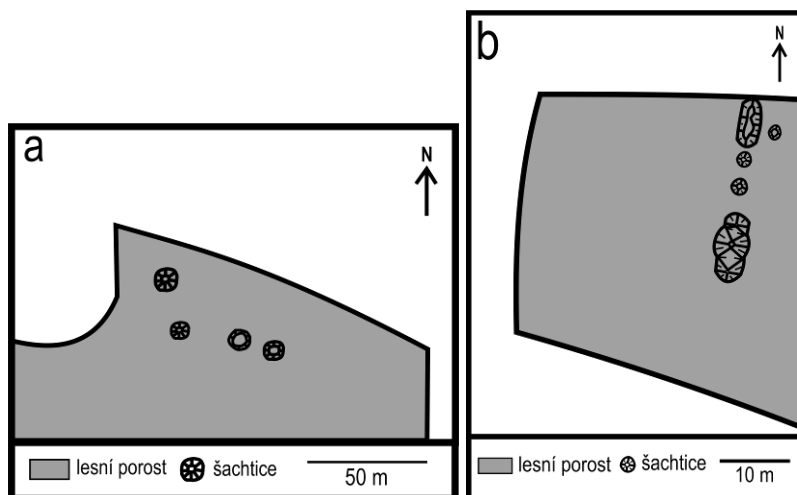
Tab. 2 Rozměry a GPS souřadnice důlních v areálu „b“

rozměry	souřadnice	popis
9,5×5×1,6 m	N49°29,781' E15° 39,561'	Štola
9,5×9,5×0,3 m	N49°29,792' E15° 39,561'	Šachtice
6,5×6,5×0,3 m	N49°29,792' E15° 39,565'	Šachtice
4×4×0,6 m	N49°29,807' E15° 39,573'	Šachtice
10,5×11×2,5 m	N49°29,807' E15° 39,567'	Šachtice
	N49°29,731' E15° 39,533'	Šachtice - porost

Třetí areál „c“ se nalézá 1,5 km na JJZ od Kamenné pod kótou Březová výšina. Je viditelný z komunikace spojující Kamennou s Dobronínem. Nacházejí se zde dva šachticové tahy se směry SZ-JV a SSV-JJZ (obr. 11). V prvním tahu (obr. 12a), který je situován severnější části lesa (obr. 11) jsou čtyři šachtice, přičemž jedna je celoročně zatopena vodou a druhá vysychá v případě déletrvajícího období beze srážek. Tento tah v minulosti pokračoval dále do polí, jak je patrné na leteckých snímcích z roku 1953, od společnosti Cenia. Druhý tah (obr. 12b) se nachází 300 m jz. od prvního. Nachází se v něm tři samostatné šachtice a dvě uskupení, přičemž větší z nich je uskupení tří šachtic s propojenými obvaly, dosahující délky 12 m a hloubky 2 m (obr. 13). Druhé, menší uskupení je složeno ze dvou šachtic, avšak bylo aplanováno vyvezeným odpadem.



Obr. 11 Rozmístění šachticových tahů v areálu „c“ (černé čtverečky) a oblast s rozvláčenou hlušinou (šedé čtverečky)



Obr. 12 a) rozmístění důlních děl v severněji umístěném tahu areálu „c“; b) tah s důlními díly v jižní části areálu



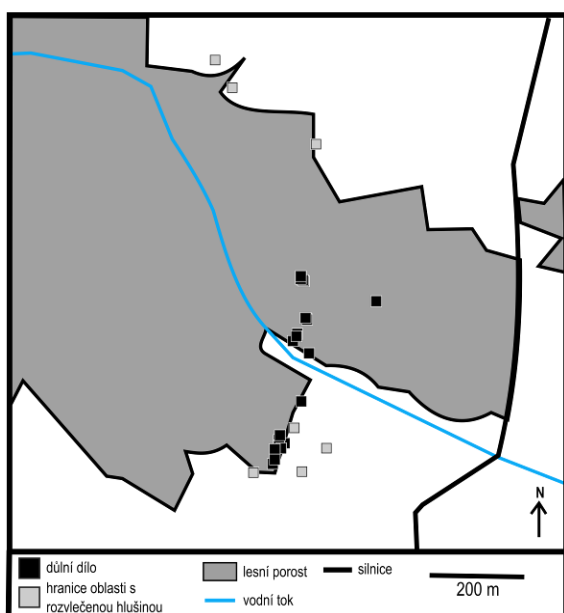
Obr. 13 Šachticové uskupení (12×5×2 m) v jižním tahu areálu „c“

Tab. 3 Rozměry a GPS souřadnice důlních v areálu „c“

rozměry	souřadnice	popis
9,7×8,9×1,2 m	N49°29,848' E15° 38,705'	Šachtice
8,5×8,3×2,3 m	N49°29,833' E15° 38,714'	Šachtice
6,5×9×0,5 m	N49°29,831' E15° 38,751'	Šachtice
8,5×9×0,5 m	N49°29,838' E15° 38,735'	Šachtice
	N49°29,757' E15° 38,519'	Šachtice - porost
	N49°29,737' E15° 38,516'	Šachtice - porost
	N49°29,875' E15° 38,579'	oblast s rozvlečenou hlušinou
	N49°29,994' E15° 38,564'	
	N49°29,945' E15° 38,940'	
	N49°29,823' E15° 38,835'	

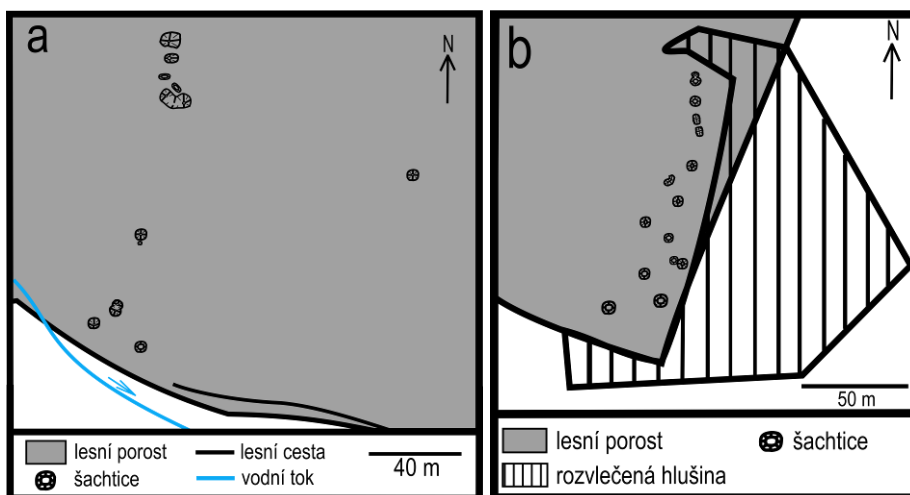
Čtvrtý areál „d“ (obr. 14) leží 2 km na JZ od Kamenné. Tento šachticový tah je rozdělen potokem a loukou na dvě části. Severní část (obr. 15a) probíhá ve směru SSV-JJZ. Celý tah je

tvořen velmi dobře zachovalými šachticemi. Ve spodní části se nalézají dvě samostatné šachtice (3,5×4×1 m a 2,5×3,5×0,5 m) a dvě s propojenými obvaly. Přibližně dvacet metrů v mírném svahu nad nimi je další šachtice. V horní části je mohutnější uskupení dvou šachtic s propojenými obvaly, nad kterými jsou tři protáhlejší a tah je zakončen šachticí s nejmohutnějšími rozměry (8×8×2 m). Přibližně 150 m východně od tahu se nalézá jedna samostatná šachtice (6,5×6×1,5 m), která sloužila nejspíše jako průzkumná. Šachtice jižní části (obr. 15b) jsou orientovány ve směru SV-JZ. Z terénního průzkumu a podle hlušiny je patrné, že délka této části je již redukována z obou stran a tak není jasné, jakých rozměrů tento tah původně dosahoval. V jeho horní části je částečně viditelná terénní nerovnost, nad kterou jsou čtyři sotva viditelné, mělké šachtice s průměrem kolem 5 m a hloubkou 0,5 m. Bohužel při poslední terénní revizi koncem prosince 2013 byla tato část částečně narušena těžbou dřeva. Ve střední a horní části jsou šachtice menšího průměru (3–4 m), avšak s hloubkou od 0,75 do 1,5 m. Poslední dvě díla jsou viditelná pouze v zimních měsících, protože jsou zarostlá hustou travinnou vegetací (obr. 16).



Obr. 14 Rozmístění šachticových tahů v areálu „d“ (černé čtverečky) a oblast s rozvlečenou hlušinou (šedé čtverečky)





Obr. 15 a) rozmístění důlních děl v severním tahu areálu „d“; b) rozmístění důlních děl v jižním tahu areálu „d“



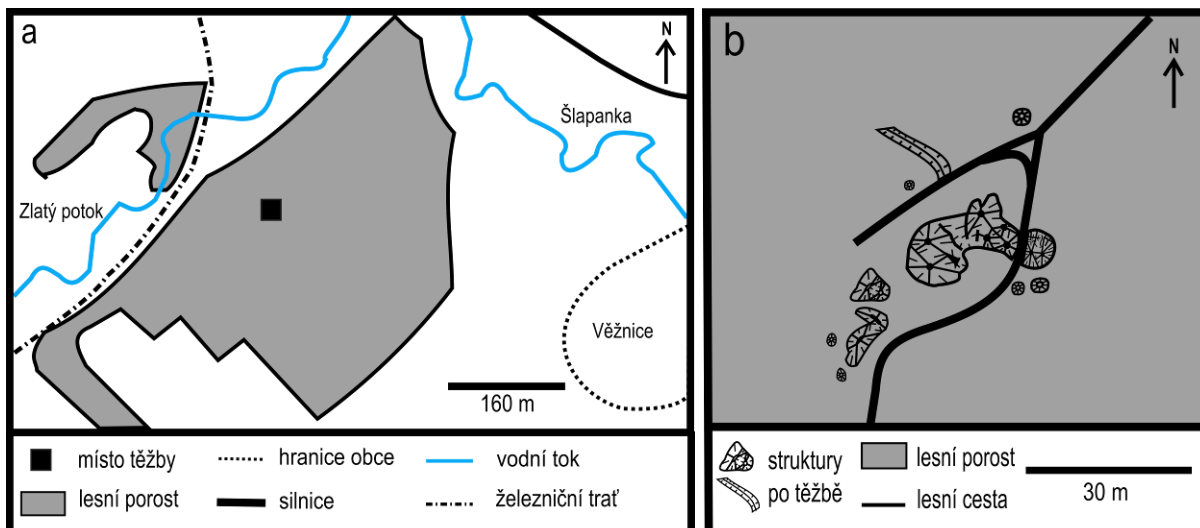
Obr. 16 Šachtice na konci jižního tahu areálu „d“, která je viditelná v době vegetačního klidu

Pátý areál „e“ (obr. 17a) je nejseverněji nalezeným místem, kde se vyskytují pozůstatky po důlní činnosti. Nachází se 700 m západně od obce Věžnice nad soutokem Zlatého potoka a Šlapanky na zalesněné kótě 494,4. Pozůstatky po dolování se nacházejí v amfibolitovém tělese, ve kterém jsou nevymapovatelné čočky serpentinitu a pyroxen-amfibolové skaliny. Směr tahu je SV-JZ. Podle ústního sdělení RNDr. Karla Malého, Ph.D. se údajně jedná o mladší díla, která sloužila k dobývání železné rudy. Vyskytuje se zde (obr. 17b) 6 samostatných šachtic do velikosti 5×3 m a hloubky až 1,7 m. Nalézají se zde však i tři tvarově rozmanitější přípovrchová díla. První dílo je protáhlého tvaru, ve kterém jsou zřetelné dvě nejnižší místa což napovídá tomu, že se může jednat o šachtice, které byly propojeny obvaly. Druhé dílo je necelé tři metry nad prvním a je trojúhelníkovitého tvaru se dvěma prohlubněmi. Třetí a zároveň největší dílo je viditelné ihned u rozcestí dvou lesních cest (obr. 18). Jednou touto cestou je však přeřaté. Po pravé straně cesty (východně) se tak nalézá menší část se dvěma hlubšími místy a západně od

cesty je jeho větší část se šesti zřetelnými hlubšími místy. Průměrná jeho hloubka je 1,5 m a délka celého díla je kolem 25 m. Ve svahu pod třetím dílem je viditelná rýha s rozměry 10×2,5×0,5 m. Je možné, že se jedná o propadlou štolu.

Tab. 4 Rozměry a GPS souřadnice důlních v areálu „d“

rozměry	souřadnice	popis
6,5×6×1,5 m	N49°29,799' E15° 38,078'	Šachtice
6×4×1 m	N49°29,755' E15° 37,931'	Šachtice
5,5×7×1,1 m	N49°29,762' E15° 37,939'	Šachtice
5×3×1 m	N49°29,761' E15° 37,938'	Šachtice
4,5×4×0,5 m	N49°29,740' E15° 37,960'	Šachtice
6,5×6,5×1,5 m	N49°29,780' E15° 37,952'	Šachtice
6,5×10,5×1 m	N49°29,822' E15° 37,949'	Šachtice
4×5×0,7 m	N49°29,824' E15° 37,948'	Šachtice
4×4×0,5 m	N49°29,825' E15° 37,945'	Šachtice
7,7×7,5×1,5 m	N49°29,826' E15° 37,945'	Šachtice
8×8×2 m	N49°29,828' E15° 37,945'	Šachtice
9,5×8×0,75 m	N49°29,646' E15° 37,915'	Šachtice
6,5×7×1 m	N49°29,647' E15° 37,908'	Šachtice
7×7×0,75 m	N49°29,642' E15° 37,912'	Šachtice
10×7×0,5 m	N49°29,642' E15° 37,906'	Šachtice
5×5×1 m	N49°29,632' E15° 37,908'	Šachtice
6×6×1,2 m	N49°29,632' E15° 37,899'	Šachtice
9×8×1,2 m	N49°29,619' E15° 37,904'	Šachtice
4×3×0,75 m	N49°29,619' E15° 37,901'	Šachtice
5×4×0,5 m	N49°29,618' E15° 37,892'	Šachtice
5×5×0,5 m	N49°29,612' E15° 37,894'	Šachtice
3×4×0,5 m	N49°29,614' E15° 37,894'	Šachtice
	N49°29,681' E15° 37,908'	šachtice - porost
	N49°29,681' E15° 37,927'	oblast s rozvlečenou hlušinou
	N49°29,658' E15° 37,991'	
	N49°29,610' E15° 37,975'	
	N49°29,605' E15° 37,900'	



Obr. 17 a) místo těžby v areálu „e“ označené černým čtvercem; b) rozmístění těžebních pozůstatků v areálu „e“



Obr. 18 Největší připovrchové důlní dílo v areálu „e“

Tab. 5 GPS souřadnice areálu „e“ (kvůli hustému lesu nebylo možné zaměřit díla samostatně)

rozměry	souřadnice	popis
	N49°31,203' E15° 40,047'	Šachtice - porost

Celkově bylo v oblasti zmapováno 89 šachtic, 4 štoly a 7 uskupení šachtic.

## 5.2 Kopané sondy

Byly vyhotoveny za účelem získání lépe zachovalého mineralogického materiálu, zjištění kolik rudniny se v obvalech vyskytuje a eventuálně i získání archeologického materiálu, díky kterému by se časově podařilo zařadit období těžby.

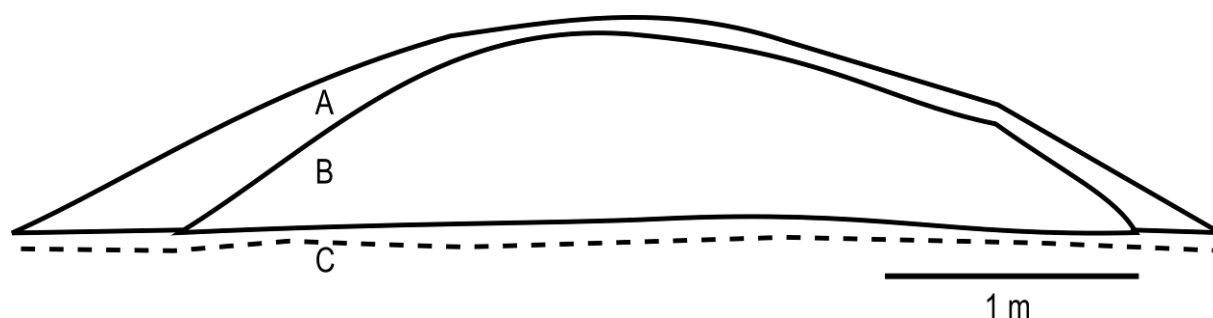
Sonda č. 1 (obr. 19): kopaná sonda na obvalu jedné ze šachtic v areálu „a“. Přesnou polohu neuvádím z důvodu ochrany lokality před sběrateli.

V sondě byly viditelné tři samostatné vrstvy.

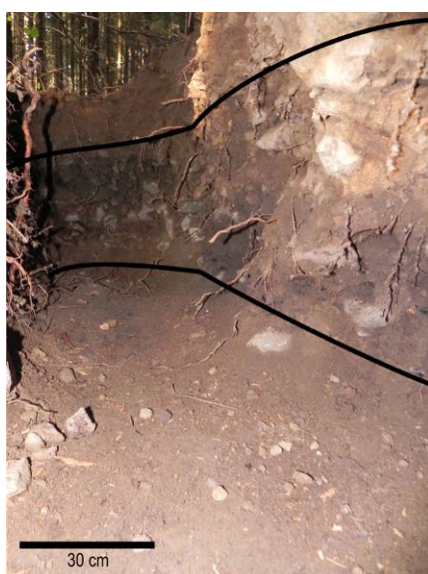
Vrstva A – tmavě hnědá lesní hrabanka bez nálezů

Vrstva B (obr. 20) – světle hnědá zemina s hlušinou. Úlomky dosahovaly velikosti do 35 cm a jednalo se především o ruly, migmatity, grafit a křemennou žilovinu se sulfidickým primárním zrudněním a s povlaky limonitu a jarositu. V této vrstvě byly také nalezeny fragmenty keramiky, strusek, kostí, uhlíků a kovových předmětů.

Vrstva C – jílovitohlinitá zemina s občasným výskytem úlomků hornin (ruly a migmatity)



Obr. 19 Profil sondy č. 1



Obr. 20 Fotografie profilu s vyznačenou vrstvou, kde byly nalezeny předměty archeologického rázu

Sonda č. 2 (obr. 21): byla zhotovena na obvalu šachtice v areálu „a“ u Kamenné v prostředním tahu v jeho spodní části.

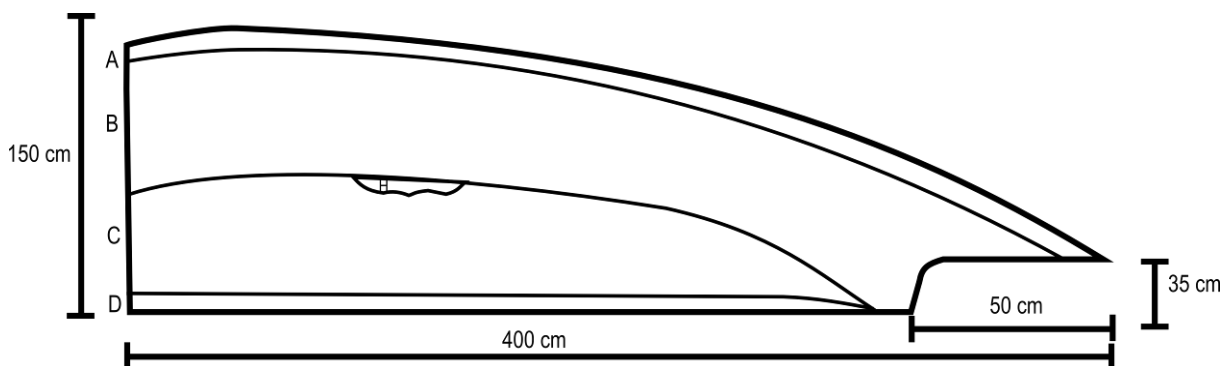
Vrstva A – tmavě hnědá lesní hrabanka bez nálezů

Vrstva B – hnědorezavá zemina s větším procentem jílovité komponenty. Vyskytovaly se v ní středně až silně navětralé migmatity, pararuly, muskoviticko-biotitické pararuly a několik úlomků kvarcitu do velikosti 5 cm. Křemen (bez zrudnění) se vyskytoval vzácně ve formě celistvých agregátů do velikosti 5 cm. Vyskytují se v ní i samostatně vyvětralé lupínky biotitu a muskovitu do velikosti 1 cm.

Vrstva C (obr. 22) – tmavě zbarvená zemina s hlušinou. Velice hojný výskyt migmatitů, pararul a grafitických hornin, či samostatných fragmentů grafitu do velikosti 10 cm. Křemenné žiloviny se sulfidickým, primárním zrudněním bylo nalezeno několik desítek úlomků do velikosti 15 cm. Častý zde byl výskyt hnědého limonitu, avšak práškového jarositu se ve vrstvě našlo minimum.

Vrstva D – odkopaná vrstva dorezava zbarveného jílovitého podloží (cca 15 cm)

Vložka H – vložka s šedou, jílovitou hmotou s úlomky hornin a křemene (fragmenty hornin dosahují až 2,5 cm)



Obr. 21 Profil sondy č. 2



Obr. 22 Fotografie profilu sondy č. 2 s došeda zbarvenou vrstvou hlušiny

Menší sondy byly také zhotoveny v pozůstatcích po těžbě v amfibolitovém tělese (oblast „e“). Těchto sond bylo vyhotoveno 5 s hloubkou 0,5 m a dosahující délky až 0,75 m. Vyskytovaly se v nich úlomky (do 15 cm) silně zvětralého amfibolitu, který býval občas povlečen hnědým limonitem. Mimo areál těžby v amfibolitu byly ve svahu nalezeny volné balvany amfibolitu do velikosti 1 m, které již nebyly příliš navětralé, s jasně bílými žilkami do mocnosti 2 cm.

### **5.3 Charakteristika odebraných vzorků**

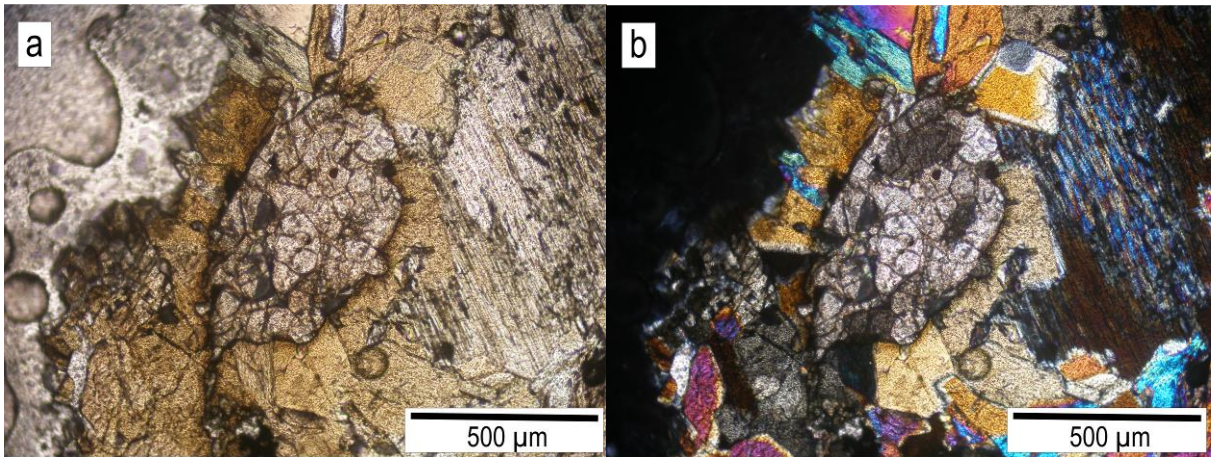
#### **5.3.1 Horninové vzorky**

Horninové podloží studované oblasti lze charakterizovat pomocí horninových úlomků nalézajících se na polích, v obvlech důlních děl a především podle několika výchozů. Území tvoří hlavně pararuly, které jsou v důsledku limonitizace v různých odstínech hnědé barvy. Makroskopicky je viditelný křemen, živce, biotit a muskovit. Místy mají tyto pararuly vyšší obsah biotitu a lze je tak označit jako biotitické pararuly. Lupínky biotitu lze nalézt i samostatně, občas jsou šestiúhelníkového tvaru do velikosti 1 cm. Druhým, častým horninovým typem je migmatit. Barva je variabilní a to od světle šedé přes narezlou až k černošedé, což je ovlivněno různým množstvím biotitu a také limonitem. Makroskopicky jsou viditelné pásy mocné od prvních milimetrů až do několika centimetrů. Světlé pásy jsou tvořeny křemenem a živci, tmavé pásy jsou zejména tvořeny biotitem a vzácněji se v nich vyskytuje muskovit.

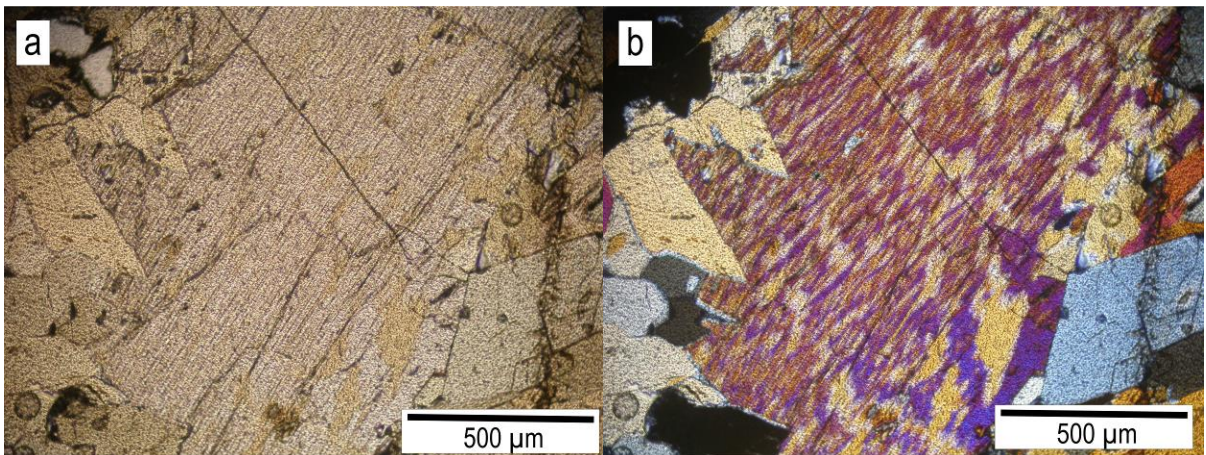
### **Pyroxen-amfibolová skalina s alpskou žilkou („amfibolit“)**

Vzorek byl odebrán z amfibolitového tělesa v areálu „e“. Struktura horniny je dlaždicovitá, granoblastická. Hlavní minerální fází v hornině jsou zrna amfibolu. Amfibol je v PPL pleochroický se světle žlutou až žlutozelenou barvou. Zrna jsou lištovitá, izometrická s hypautomorfním až xenomorfním omezením, s velikostí do 2,5 mm. V XPL mají zrna šedou, bílou, žlutou, oranžovou a červenou interferenční barvu prvního řádu a fialovou, modrou a zelenou interferenční barvu druhého řádu. Na příčných řezech jsou viditelné dva systémy štěpných trhlin svírající úhel 120°. Úhel zhášení je vůči protažení zrna mezi 10° a 23°. V jedné části výbrusu je viditelná talkizace amfibolu. Mastek tvoří drobné šupinkovité agregáty s xenomorfním omezením. V PPL je bezbarvý a bez pleochroismu. Interferenční barva je bílá, oranžová a růžová prvního řádu a fialová a modrá druhého řádu. Druhým minerálem, který tvoří horninu je pyroxen (pravděpodobně z řady diopsid-hedenbergit) (obr. 24). V PPL je bezbarvý a bez pleochroismu. V XPL má žlutou a oranžovou interferenční barvu prvního řádu a fialovou a modrou interferenční barvu druhého řádu. Zrna jsou izometrická s xenomorfním omezením. Velikost zrn dosahuje 2,2 mm. Je na nich viditelný jeden systém štěpnosti. Úhly zhášení jsou v rozmezí 30 až 40°. Klinopyroxen je silně postižen uralitizací. Vůči amfibolu má propadající reliéf. V hmotě horniny bylo ojediněle zjištěno i izometrické zrno titanitu (obr. 23) s xenomorfním omezením. Titanit je v PPL bezbarvý a bez pleochroismu, lemovaný pleochroickým dvůrkem (obr. 23). V XPL je viditelná bílá interferenční barva vyššího řádu. Velikost zrna je 0,75 mm.

Žilka protínající horninu je tvořena plagioklasem, který tvoří izometrická zrna s xenomorfním omezením. Velikost zrn je do 4,5 mm. Viditelné jsou ostře ohraničené polysyntetické lamely jdoucí přes celé zrno nebo vyklíňují. V některých zrnech na styku žilky s horninou je viditelná zonálnost. Viditelná je místy silná sericitizace, postihující části nebo celá zrna. Sericit tvoří šupinky s xenomorfním omezením. V XPL má žlutou a oranžovou interferenční barvu prvního řádu. Druhým minerálem v žilce je sloupcovitý amfibol s hypautomorfním až xenomorfním omezením. V PPL je bezbarvý a bez pleochroismu. V XPL je viditelná šedá, bílá, žlutá, oranžová a růžová interferenční barva prvního řádu a fialová a modrá interferenční barva druhého řádu. Na příčných zrnech jsou viditelné dva systémy štěpnosti svírající úhel 120°. Úhel zhášení je vůči protažení zrna v rozmezí 0° až 7°.



Obr. 23 Xenomorfně omezené zrno titanitu mezi zrna amfibolu a pyroxenu; a) mikrofotografie v PPL; b) mikrofotografie v XPL



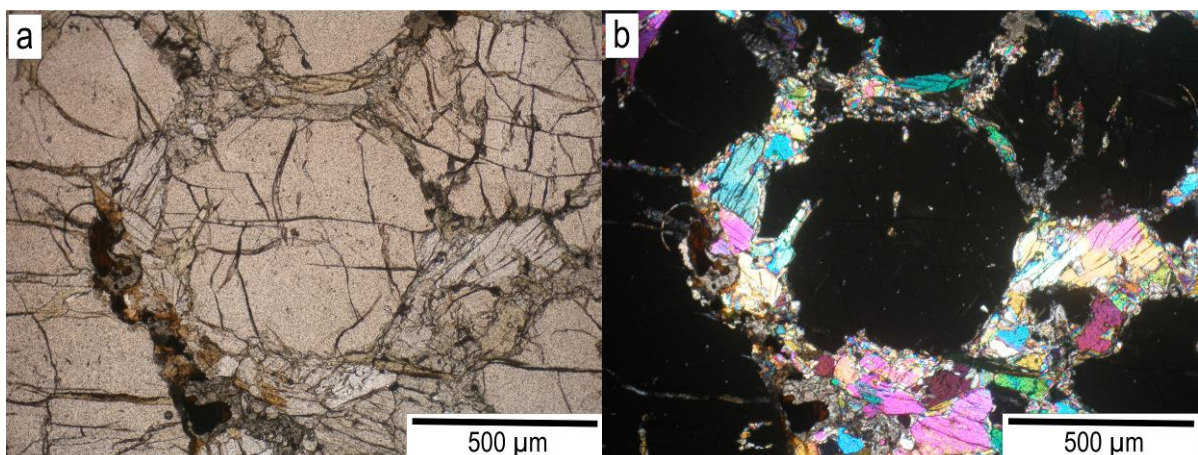
Obr. 24 Zrno pyroxenu s hojnými inkluzemi amfibolu; a) mikrofotografie v PPL; b) mikrofotografie v XPL

### Uralitizovaný eklogit (vz. č. 1)

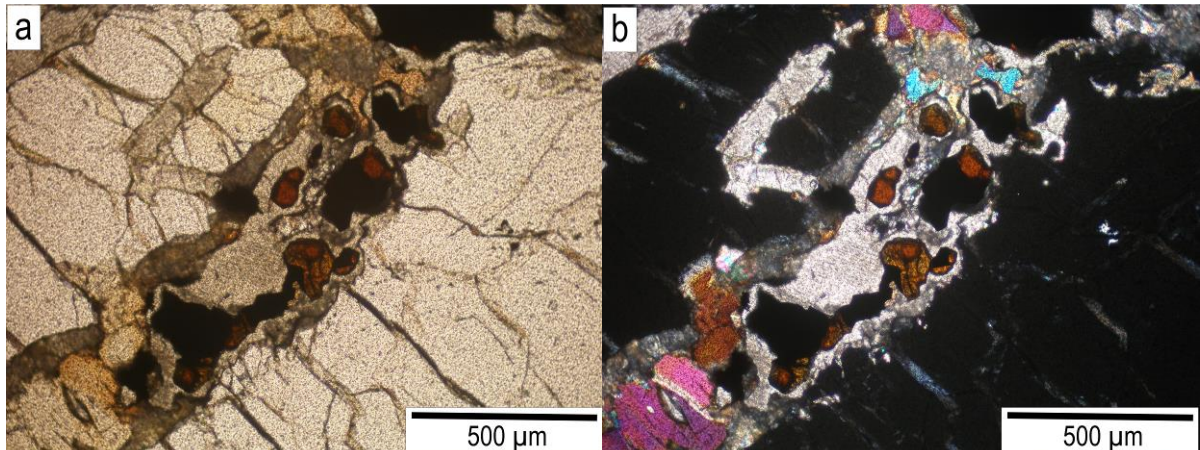
Vzorek byl odebrán z amfibolitového tělesa v areálu „e“. Struktura horniny je dlaždicovitá, granoblastická. Hlavní minerální fázi v hornině jsou nepravidelná až oválná zrna granátu s automorfním až xenomorfním omezením (obr. 25), do velikosti 3,75 mm. V PPL jsou zrna bezbarvá a bez pleochroismu, s viditelnými nepravidelnými prasklinami. Místy jsou v granátech uzavřena drobná zrna amfibolu a pyroxenu. Místy je pozorovatelné nahrazování granátu od okrajů amfibolem a pyroxenem. Dalším minerálem, tvořícím horninu, avšak v menším množství je amfibol. V PPL je pleochroický a to od světla žluté do žlutozelené barvy. V XPL má žlutou a oranžovou interferenční barvu prvního řádu; fialovou, modrou, zelenou a oranžovorůžovou interferenční barvu druhého řádu. Zrna jsou izometrická, lištovitá s hypautomorfním až xenomorfním omezením, dosahující velikosti až 1 mm. Na příčných řezech



jsou viditelné dva systémy štěpných trhlin svírající úhel  $120^\circ$ . Úhel zhášení je vůči prizmatické štěpnosti mezi  $6^\circ$  a  $25^\circ$ . Místy je viditelná talkizace amfibolu. Mastek je tvořen drobnými šupinkovitými agregáty s xenomorfním omezením. Pyroxen je v PPL bezbarvý a bez pleochroismu. V XPL má zelenožlutou, žlutou a oranžovou interferenční barvu druhého řádu. Zrna jsou izometrická s xenomorfním omezením s velikostí do 2,75 mm. Je na nich viditelný jeden systém štěpnosti. Úhly zhášení jsou v rozmezí  $32$  až  $47^\circ$ . Zirkon je pozorovatelný v podobě oválných až mírně protáhlých zrn do velikosti 0,1 mm, vyskytující se v zrnech amfibolu. V PPL je bezbarvý a bez pleochroismu. Místy jsou kolem zrn zirkonu slabě zřetelné pleochroické dvůrky. V hornině bylo zjištěno i izometrické zrno titanitu s hypautomorfním omezením. Titanit je v PPL bezbarvý a bez pleochroismu. V XPL je viditelná bílá interferenční barva vyššího řádu. Velikost zrn je do 1 mm. Místy je viditelný rutil (obr. 26), který má v PPL i XPL tmavě hnědou barvou. Zrna jsou izometrická s xenomorfním omezením. Zrna jsou izometrická s xenomorfním omezením do velikosti až 0,5 mm. Opakní minerály jsou zastoupeny několika protáhlými až izometrickými zrny s xenomorfním omezením.



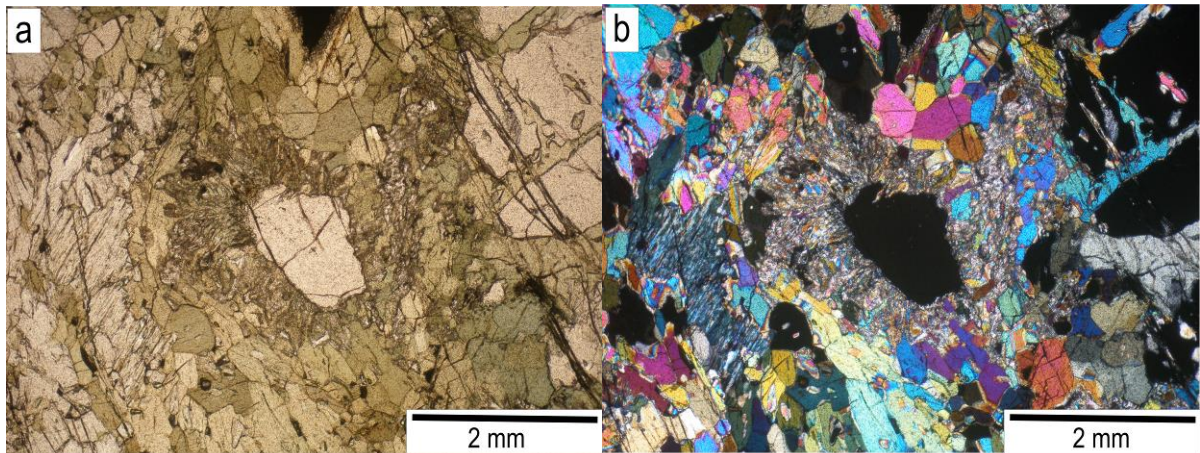
Obr. 25 Hypautomorfně omezený granát s amfiboly a pyroxeny; a) mikrofotografie v PPL; b) mikrofotografie v XPL



Obr. 26 Tmavě hnědá zrna rutilu uzavřená v titanitu; a) mikrofotografie v PPL; b) mikrofotografie v XPL

### Uralitizovaný eklogit (vz. č. 2)

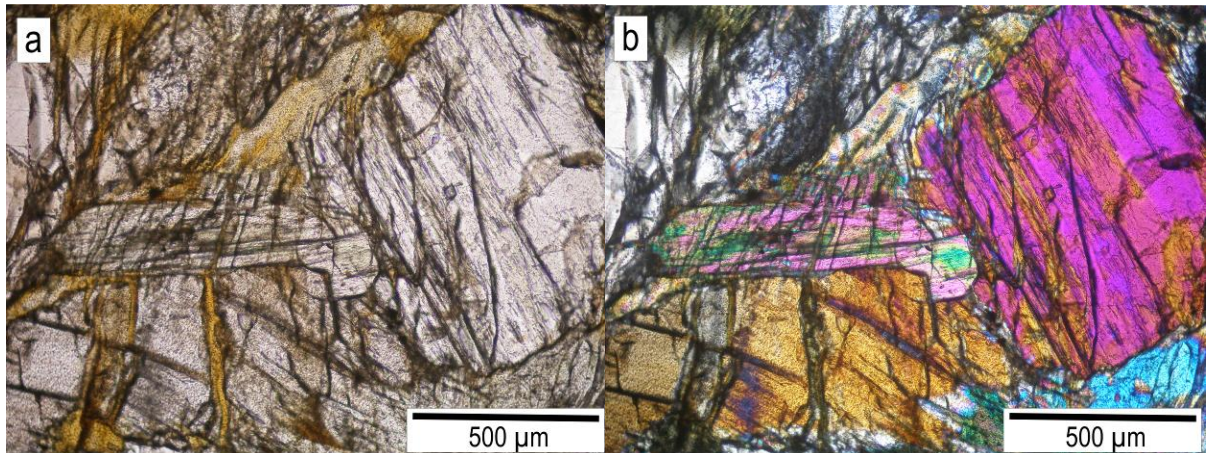
Vzorek získán z amfibolitového tělesa areálu „e“. Struktura horniny je dlaždicovitá, granoblastická. Hlavní minerální fázi v hornině jsou oválná až nepravidelná zrna granátu s automorfním až xenomorfním omezením, do velikosti 3,25 mm. V PPL jsou zrna bezbarvá a bez pleochroismu. Viditelné jsou v nich praskliny. Místy jsou v granátech uzavřena drobná zrna amfibolu a pyroxenu. V okolí některých zrn granátu lze pozorovat symplektity (obr. 27) tvořené amfibolem (méně pyroxenem) a plagioklasem. Amfibol je zastoupen ve větším množství než v předchozím vzorku. V PPL je pleochroický a to od světle žluté do trávově zelené barvy. V XPL má šedou, bílou, žlutou a oranžovou interferenční barvu prvního řádu a fialovou, modrou, modrozelenou a zelenožlutou interferenční barvu druhého řádu. Zrna jsou lištovitá, izometrická s hypautomorfním až xenomorfním omezením, dosahující velikosti 4,75 mm. Na příčných řezech jsou viditelné dva systémy štěpných trhlin svírající úhel  $120^\circ$ . Úhel zhášení je vůči protažení zrn mezi  $9^\circ$  a  $20^\circ$ . Místy je pozorovatelná talkizace amfibolu. Mastek je přítomen v podobě drobných šupinkovitých agregátů s xenomorfním omezením. Pyroxen je v PPL bezbarvý a bez pleochroismu. V XPL má fialovou, zelenomodrou a oranžovou interferenční barvu druhého řádu. Zrna jsou izometrická s xenomorfním omezením s velikostí do 2,25 mm. Je na nich viditelný jeden systém štěpnosti. Úhly zhášení jsou v rozmezí  $34$  až  $43^\circ$ . Zirkon je viditelný v podobě mírně protáhlých až oválných zrn do velikosti  $75 \mu\text{m}$ , vyskytující se v zrnech pyroxenu a amfibolu. V PPL je bezbarvý a nezonální. Opakní minerály jsou protáhlé až izometrické s xenomorfním omezením, dosahující velikosti až 1,9 mm. Okolo některých zrn jsou viditelné symplektity tvořené pyroxenem a amfibolem.



Obr. 27 Symplektity tvořené amfibolem a plagioklasem kolem granátu; a) mikrofotografie v PPL; b) mikrofotografie v XPL

### Serpentinit

Vzorek pochází z amfibolitového tělesa v areálu „e“. Již makroskopicky jsou ve vzorku viditelné pásy s rozdílným minerálním složením a strukturou. Mocnost pásků je rozdílná. Krajní pásy dosahují mocnosti 4–8 mm, druhý pásek dosahuje mocnosti 3–7 mm a střední část je mocná 3 mm. Některé pásy jsou tvořeny skoro výhradně serpentinovými minerály, které jsou šupinkovité s hypautomorfním a xenomorfním omezením. Struktura této části vzorku je mřížovitá. Dále jsou v jednom pásku patrné opakní minerály vytvářející žilky (průměrná mocnost je 75  $\mu\text{m}$ ) nebo samostatná izometrická zrna o velikosti 125–250  $\mu\text{m}$  s xenomorfním omezením. V téže oblasti se také vyskytuje několik lupenitých agregátů masku s xenomorfním omezením. Velikost agregátů je v rozmezí 75 – 250  $\mu\text{m}$ . Postupně k tomuto pásku přibývají olivíny, které jsou různou měrou postižené serpentinizací. Strukturu této partie horniny lze označit za smyčkovitou. Jiný pásek je tvořen především olivíny se šedou, bílou, žlutou a oranžovou interferenční barvou prvního řádu a fialovou, modrou a zelenou interferenční barvou druhého řádu. Tyto olivíny jsou postiženy serpentinizací v mnohem menším měřítku. Opakní minerály jsou v tomto pásku zastoupeny v malém množství, tvoří izometrická zrna s xenomorfním omezením do velikosti 75  $\mu\text{m}$ . Lištovitá zrna amfibolu (obr. 28) jsou v PPL bezbarvá a bez pleochroismu. Jsou hypautomorfně až xenomorfně omezena. Zrna dosahují velikosti 1,8 mm. Zrna mají fialovou, modrou, zelenou a růžovou interferenční barvu druhého řádu. Na některých zrnech jsou viditelné dva systémy štěpnosti svírající úhel 120°. Úhly zhášení jsou mezi 6 a 25°. Přeměny nejsou pozorovány. Střední část vzorku je budována serpentinovými minerály a opakními minerály, mezi nimiž se vzácně nacházejí drobné reliktolivínu.



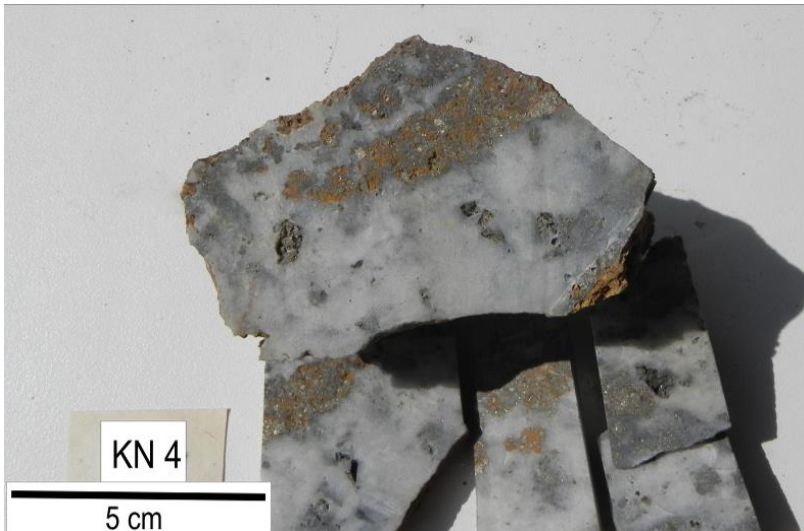
Obr. 28 Amfibol s jasně viditelnou štěpností a zelenorůžovou interferenční barvou, uložený mezi zrna olivínu; a) mikrofotografie v PPL; b) mikrofotografie v XPL

## Grafit

Černý grafit se v oblasti nachází ve větším množství zejména v areálech „a,b“. Vyskytuje se vzácně v celistvých agregátech do velikosti 8 cm. V sondě č. 2, v areálu „a“ bylo ve vrstvě C nalezeno množství hornin s vysokým obsahem grafitu.

### 5.3.2 Polymetalické zrudnění

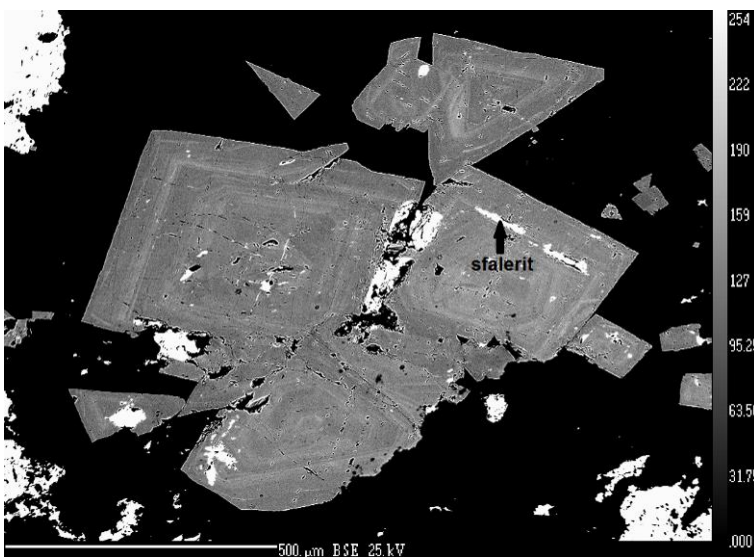
Hlavním předmětem těžby byla v oblasti křemenná žilovina (obr. 29) se stříbrnosným zrudněním, kterou lze najít v obvlech šachtic nebo rozvlečenou na polích. Největší kus křemenné žiloviny (50 cm) byl nalezen na poli v areálu „c“, avšak nebyly v něm viditelné žádné rudní minerály. Křemen tvořící žilovinu je barvy bílé až šedé, často bývá povlečen hnědým limonitem a žlutým jarositem, který vyplňuje i dutinky v žilovině. Většinou je křemen jemnozrný, avšak v oblasti se nachází vzácně i úlomky hrubozrnější žiloviny. Vyskytují se v ní často dutinky s krystaly křemene do velikosti 1 cm, vzácněji jsou v nich krystaly křišťálu do velikosti 0,5 cm. Dutiny mohou obsahovat také pyrit, vytvářející nepravidelné hexaedry velké až 2,5 mm. Kromě tohoto staršího křemene se v oblasti nachází i mladší generace, vytvářející ve starší generaci mléčně bílé až šedé žilky. V areálu „a“ se v hlušině vzácně vyskytují i karbonáty. Především se jedná o dolomit-ankeritovou řadu (ověřeno EDX analýzou). Agregáty jsou jemnozrné, bílošedé barvy a často již limonitizované. V této oblasti byl nalezen také siderit (ověřen EDX analýzou) tvořící tenké žilky v karbonátu, nebo malé agregáty, které jsou postiženy velice silnou limonitizací.



Obr. 29 Fragment křemenné žiloviny se sulfidickým zrudněním (viditelný je žlutý pyrit postižený limonitizací). Areál „a“

## Pyrit

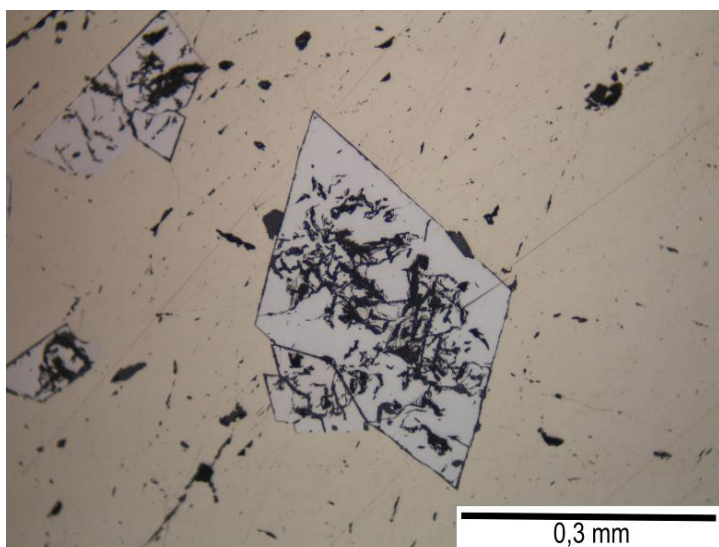
Nejhojněji zastoupený rudní minerál, vyskytující se v areálech „a,b,c,d“. V žilovině vytváří shluky zrn žluté barvy do velikosti 1 cm nebo žilky do mocnosti 1,5 cm. Jednotlivá zrna se čtvercovým průřezem jsou omezena automorfně až xenomorfně. V dutinách křemenné žiloviny vytváří i samostatné krychličky do velikosti 2,5 mm. Na BSE snímku je viditelná zonálnost (obr. 30). Pyrit obsahuje xenomorfní inkluze nebo žilky tetraedritu, galenitu a sfaleritu. Dále pyritem žilkovitě proniká chalkopyrit a tetraedrit. Místy je viditelná limonitizace pyritu. V analyzovaných pyritech je zvýšené množství As (0,008-0,036 apfu; tab. 8). Často bývá postižen limonitizací.



Obr. 30 BSE snímek zonálního pyritu s inkluzemi sfaleritu (foto: P. Gadas). Vzorek z areálu „a“

## Arsenopyrit

Vyskytuje se v areálech „a,b,c,d“ a je druhým nejčastějším rudním minerálem a je patrný hlavně mikroskopicky. Tvoří zrna o velikosti do prvních milimetrů, která bývají často automorfně omezena. Vyskytuje se v přítomnosti pyritu, v němž bývá částečně nebo zcela zarostlý (obr. 31). V arsenopyritu jsou inkluze sfaleritu, chalkopyritu a tetraedritu. Z výsledků WDX analýzy vyplynulo, že arsenopyrit je bez jakýchkoli příměsí.



Obr. 31 Automorfní arsenopyrit uzavřený v pyritu (mikrofotografie v odraženém světle). Vzorek z areálu „a“

## Sfalerit

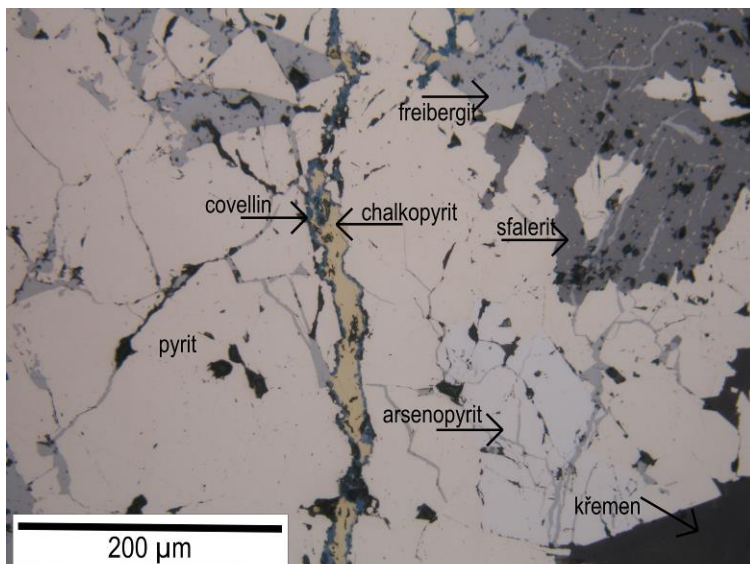
Nalézá se v areálech „a,b,c,d“. Tvoří ho tmavě šedé až černé agregáty do velikosti 5 mm. Zrna jsou izometrická s xenomorfním omezením (obr. 32). Ve vzorku K2 vytváří kosočtverečné průřezy, které jsou omezeny hypautomorfně. Bývá v asociaci s ostatními rudními minerály. Mikroskopicky jsou ve sfaleritu patrné inkluze chalkopyritu, pyritu, galenitu a tetraedritu, tvořící v něm místy také žilky. Ve sfaleritu jsou zvýšené obsahy Fe (0,06–0,118 apfu), Cu (0,004–0,06 apfu), Mn (0,001–0,002 apfu) a Cd (0,003 apfu). Příměs stříbra je ve sfaleritu velice nízká, nepřesahující 0,001 apfu. (tab.6).

Tab. 6 Analýzy sfaleritu (hm. %), WDX (K1, K2); EDX (Ka)

č. an. vzorek	17 / 1 K2	22 / 1 K1	29 / 1 K2	10 Ka	12 Ka
<b>S</b>	33,59	34,31	33,96	50,35	49,74
<b>Ag</b>	0,07	0,05	0,02	0,00	0,00
<b>Zn</b>	56,35	60,76	58,53	42,60	46,40
<b>Fe</b>	5,86	3,62	6,90	4,10	2,80
<b>Cu</b>	1,37	0,62	0,24	2,95	1,60
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,07	0,02	0,10	0,00	0,00
<b>As</b>	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
<b>In</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cd</b>	0,32	0,39	0,38	0,00	0,00
<b>Total</b>	97,64	99,80	100,13	100,00	100,54
<b>Ag</b>	0,001				
<b>Zn</b>	0,845	0,894	0,858	0,556	0,608
<b>Fe</b>	0,103	0,062	0,118	0,063	0,043
<b>Cu</b>	0,021	0,009	0,004	0,040	0,022
<b>Mn</b>	0,001		0,002		
<b>Cd</b>	0,003	0,003	0,003		
<b>Catsum</b>	0,974	0,968	0,985	0,659	0,673
<b>S</b>	1,027	1,030	1,015	1,341	1,328
<b>Ansum</b>	1,027	1,030	1,015	1,341	1,328
<b>Apfu</b>	2,001	1,998	2,000	2,000	2,001

### Chalkopyrit

Výskyt je v areálu „a“. Vytváří nepravidelná izometrická zrna (xenomorfně omezena) a žilky v mocnosti prvních milimetrů (obr. 32). Barva je mosazně žlutá. Ve vzorku Ka v sobě uzavírá inkluze pyritu, sfaleritu, galenitu a tetraedritu. Místy se na okrajích zrn i žilek vyskytuje modrý covellin. Vyskytuje se ve sfaleritu v podobě izometrických, xenomorfně omezených inkluzí.



Obr. 32 Chalkopyritová žilka v pyritu lemovaná modrým covellinem, světle šedý freibergit a tmavě šedý sfalerit s inkluzemi chalkopyritu (mikrofotografie v odraženém světle). Vzorek z areálu „a“

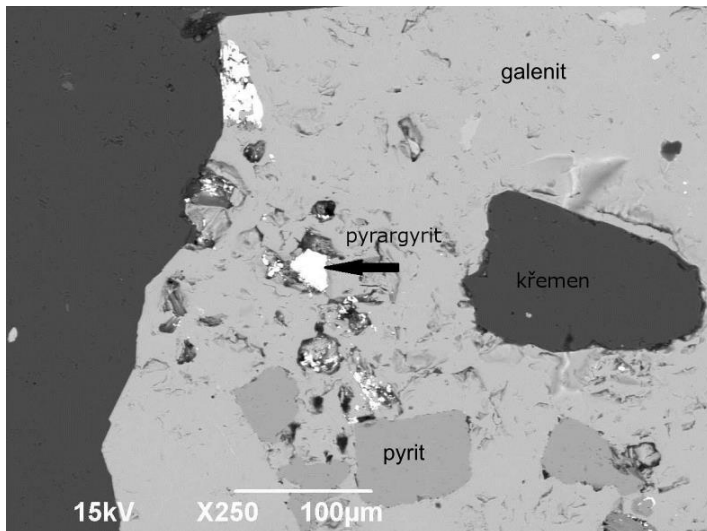
### Galenit

Vyskytuje se v areálu „a“. Vytváří olověně šedá, izometrická zrna do velikosti 5 mm s xenomorfním omezením. Makroskopicky viditelný galenit byl nalezen pouze ve dvou vzorcích. Vyskytují se v něm mikroskopické inkluze sfaleritu a stříbrnosných minerálů (pyrargyritu, freibergitu a miargyritu). Místy se galenit nachází v pyritu v podobě izometrických inkluzí. Mikrosonda potvrdila místy zvýšené množství Ag (0,001-0,035 apfu) a Zn (0,020-0,037 apfu) (tab. 8).

### Pyrargyrit

Nalezen EDX analýzou v podobě xenomorfně omezených, izometrických inkluzí v galenitu (obr. 33). Obsah Ag je 1,849-1,914 apfu (tab. 8).





Obr. 33 BSE snímek inkluze pyrargyritu v galenitu (foto: J Štelcl). Vzorek z areálu „a“.

### Freibergit

Nachází se v galenitu, sfaleritu a pyritu v podobě mikroskopických inkluzí nebo tvoří samostatná izometrická zrna (obr. 32), která jsou většinou xenomorfně omezena. Ve vzorku K1 tvoří žilky prorážející pyrit. Tvoří také izometrické inkluze ve sfaleritu, galenitu, pyritu, chalkopyritu a arsenopyritu. Obsahy Ag jsou 4,678-5,966 apfu. Z provedených analýz vyplynulo, že vedle Ag a Cu (3,801-5,460 apfu), obsahuje příměs Zn (0,386-1,319 apfu), Fe (1,364-2,468 apfu), Hg (0,004 apfu), Cl (0,010-0,016 apfu) a As (0,028-0,056 apfu) (tab. 7).

Tab. 7 WDX analýzy freibergitu (hm. %, přepočten empírického vzorce proveden na bázi 29 atomů na vzorcovou jednotku).

č. an. vzorek	15 / 1 . K1	16 / 1 . K1	18 / 1 . K1	24 / 1 . K2	25 / 1 . K2	31 / 1 . K1	32 / 1 . K1
<b>Ag</b>	33,82	27,76	31,89	32,76	31,22	31,07	27,36
<b>S</b>	20,68	21,61	20,73	22,69	21,25	20,95	22,06
<b>Hg</b>	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04
<b>Pb</b>	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Bi</b>	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,04
<b>Sn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cl</b>	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
<b>Cd</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Cu</b>	14,57	18,69	14,96	13,33	15,91	16,17	18,51
<b>Fe</b>	4,05	4,10	4,79	7,61	4,37	4,09	5,21
<b>Zn</b>	2,61	2,34	1,94	1,76	4,69	2,44	1,37
<b>Ni</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Co</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>Mn</b>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>As</b>	0,22	0,12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
<b>Se</b>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
<b>Sb</b>	26,76	27,38	26,83	25,95	25,98	26,90	27,13
<b>Total</b>	102,78	102,06	101,29	104,36	103,56	101,80	101,90
<b>Ag</b>	5,966	4,778	5,657	5,502	5,328	5,460	4,678
<b>Hg</b>		0,004		0,004			
<b>Pb</b>	0,004					0,001	
<b>Bi</b>				0,003			
<b>Cu</b>	4,363	5,460	4,505	3,801	4,608	4,824	5,373
<b>Fe</b>	1,381	1,364	1,641	2,468	1,439	1,388	1,722
<b>Zn</b>	0,759	0,663	0,566	0,486	1,319	0,708	0,386
<b>Ni</b>						0,003	
<b>Co</b>							0,002
<b>Mn</b>	0,002				0,001		0,001
<b>Catsum</b>	12,475	12,270	12,369	12,264	12,696	12,383	12,161
<b>S</b>	12,274	12,514	12,368	12,820	12,197	12,385	12,691
<b>Cl</b>	0,013	0,013	0,012	0,016	0,011	0,013	0,010
<b>As</b>	0,056	0,028	0,034	0,032	0,031	0,031	0,028
<b>Se</b>				0,006			
<b>Sb</b>	4,182	4,175	4,216	3,862	4,064	4,189	4,110
<b>Ansum</b>	16,525	16,730	16,631	16,736	16,304	16,617	16,839
<b>Apfu</b>	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000

## **Miargyrit**

Nalezen WDX analýzou. Tvoří izometrické inkluze v galenitu s xenomorfním omezením. Obsah Ag je 0,904 apfu. Obsahuje příměs Pb (0,119 apfu), Fe (0,044 apfu), Zn (0,050 apfu), Cu (0,010 apfu) a As (0,004 apfu) (tab. 6).

## **Boulangerit**

Nalezen pomocí WDX analýzy v podobě xenomorfně omezeného, izometrického zrna. Obsahuje příměs Fe (0,667 apfu) a Zn (0,071 apfu) (tab. 8).

## **Limonit**

Nejhojněji zastoupený sekundární minerál v oblasti. Vyplňuje dutiny v křemenné žilovině, ale především povléká úlomky hornin i fragmenty křemenných a karbonátových žil (obr. 34). Lze ho nalézt v různých odstínech hnědé barvy. Je často doprovázen šedočernými až černými hydroxooxidy manganu.

## **Jarosit**

Lze ho nalézt v areálech „a,b,c,d“. Tvoří práškovité povlaky v různých odstínech žluté barvy, které místy obalují celé kusy hlušiny. V kavernózní žilovině vyplňuje i dutiny (obr. 34). Tento minerál byl ověřen práškovou rentgenovou difrakční analýzou.



Obr. 34 Křemenná žilovina povlečená hnědým limonitem a dutina vyplněná žlutým jarositem

### **Covellin**

Jasně modrý covellin vzniká v důsledku přeměny minerálu obsahující měď. Viditelný je pouze mikroskopicky. Nachází se podél chalkopyritových žilek nebo na okrajích zrn chalkopyritu (obr. 32).

### **Malachit (?)**

Nalezen v areálu „a“ na třech vzorcích. Byl určen pouze makroskopicky. Vytváří kulovité agregáty do velikosti 2 mm v dutinách křemenné žiloviny nebo v křemenné žilovině tvoří místy povlaky do velikosti 5 mm.

### **Cerisit a anglesit**

Vyskytují se v areálu „a“. Byly mikroskopicky určeny podél trhlin a na okrajích galenitu. Cerisit byl na puklině galenitu ověřen WDX analýzou.

### **Skorodit**

Nalezen v areálu „a“. Byl potvrzen pomocí EDX analýzy v puklině arsenopyritu.

Tab. 8 WDX analýzy dalších rudních minerálů (hm. %).

č. an. vzorek minerál	20 / 1 K2 galenit	28 / 1 K2 galenit	30 / 1 K2 galenit	21 / 1 K2 boulangerit	23 / 1 K2 miargyrit	26 / 1 K2 pyrit	27 / 1 K2 pyrit	19 / 1 K1 arsenopyrit
Ag	0,03	0,00	0,02	0,00	32,96	0,01	0,00	0,00
S	13,40	13,68	13,65	19,92	20,99	53,22	51,69	22,10
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	86,02	86,41	86,33	53,88	8,33	0,00	0,00	0,00
Bi	0,04	0,13	0,12	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Sn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,01	0,00	0,02	0,00	0,21	0,01	0,00	0,00
Fe	0,10	0,03	0,03	2,12	0,84	46,04	45,77	35,16
Zn	0,92	0,56	1,05	0,26	1,11	0,00	0,01	0,00
Ni	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Co	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
As	0,05	0,09	0,05	0,00	0,09	0,49	2,19	42,00
Se	0,04	0,07	0,05	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00
Sb	0,04	0,07	0,11	25,98	38,19	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	100,65	101,03	101,47	102,16	102,82	99,79	99,68	99,28
Ag	0,001				0,904			
Pb	0,976	0,974	0,966	4,575	0,119			
Bi		0,001	0,001					
Cu			0,001		0,010			
Fe	0,004	0,001	0,001	0,667	0,044	0,993	0,999	1,005
Zn	0,033	0,020	0,037	0,071	0,050			
Ni			0,001					
<b>Catsum</b>	1,014	0,997	1,007	5,313	1,128	0,993	0,999	1,005
S	0,982	0,997	0,987	10,931	1,937	1,999	1,965	1,100
Cl					0,002			
As	0,002	0,003	0,001		0,004	0,008	0,036	0,895
Se	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002			
Sb	0,001	0,001	0,002	3,754	0,928			
<b>Ansum</b>	0,985	1,003	0,992	14,686	2,872	2,007	2,000	1,995
<b>Apfu</b>	1,999	2,000	1,999	19,999	4,000	3,000	3,000	3,000

### 5.3.3 Strusky

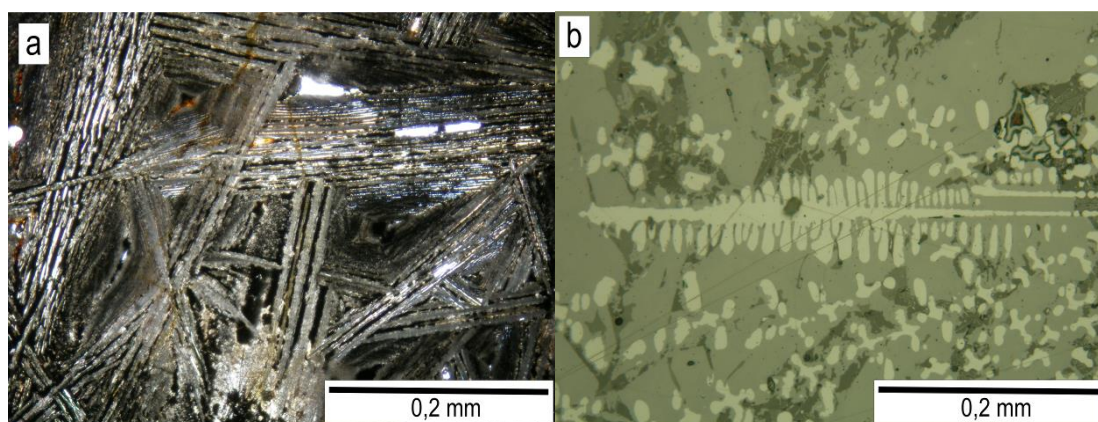
Zkoumané strusky se nacházejí velice vzácně ve Zlatém potoce a na polích u areálu „a, d“. Dalším místem nálezů byla sonda č. 1. Tyto strusky jsou silně porézní. Dosahují velikosti do 10 cm a jde o celotvary, úlomky byly nalezeny pouze v jednom místě ve Zlatém potoce u areálu

„e“. Jejich barva je proměnlivá. Bývají matné i lesklé a jsou šedočerné, šedé, šedohnědé, hnědočerné, červenočerné a přecházejí až do šedobílé. Na jednom vzorku se může vyskytovat i více barev. Některé jsou na povrchu zbarveny limonitem do hnědých odstínů. Strusky byly rozděleny podle složení do dvou skupin.

**S1, S3, S7** – strusky tvořené lištami fayalitu, keříčky wüstitu a zrna křemene

**S2, S4, S5, S6** – strusky budované skelnou fází, zrna křemene a na několika místech wüstitem

Olivín (obr. 35a) se ve struskách vyskytuje v podobě lišt o různé velikosti (až 2,5 mm) a izometrických zrn s xenomorfním omezením, které se nacházejí v okrajových částech vzorků. Lišty i zrna mají žlutou a fialovou interferenční barvu prvního řádu a modrou, zelenou a žlutou interferenční barvu druhého řádu. Analyzované olivíny jsou tvořeny převážně fayalitovou komponentou (96,9–97,1 mol. %), forsteritová komponenta (2,1–2,5 mol. %) a larnitová komponenta (0,7–0,8 mol. %) jsou zastoupeny v malém množství, jde tedy o relativně velmi čisté fayality. Wüstit (obr. 35b) je v odraženém světle šedý, v procházejícím světle je opakní. Ve vzorcích tvoří různé kostrovité útvary a samostatná zrna. Křemen je tvořen izometrickými zrny s xenomorfním omezením. Ve struskách budovaných sklem je zastoupení křemenných zrn mnohem větší a jsou přítomna v celém objemu strusky. Ve vzorcích budovaných fayalitem a wüstitem se vyskytuje podstatně méně zrn křemene a nacházejí se spíše na okrajích. Sklo vzniká při rychlém ochlazení. Většinou je světležluté, tmavě hnědé až černohnědé. V některých místech je skelná fáze neprůhledná, avšak v některých místech je zcela průhledná. Devitrifikace nebyla pozorována. Z mikrosondových analýz vyplynulo (tab. 9), že složení skla je variabilní, díky odnímání prvků olivíny v průběhu krystalizace. Sklo s nižším obsahem  $\text{SiO}_2$  (38,62 hm. %) se vyskytuje v okolí zrn křemene. Ve skle jsou vyšší obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (až 20,40 hm.%) a  $\text{K}_2\text{O}$  (až 8,16 hm. %).



Obr. 35 Lišty fayalitu v procházejícím světle (PPL) a kostrovitý wüstit mezi lištami fayalitu v odraženém světle. Vzorky z lokality „a,d“

Tab. 9 WDX analýzy olivínů a skla ze vzorku S7 (hm. %)

vz. č. an. fáze	S7 4 olivín	S7 5 olivín	S7 3 sklo	S7 6 sklo	S7 7 sklo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,02	0,54	1,25	1,10
SiO <sub>2</sub>	29,58	29,81	49,40	38,62	41,38
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,03	0,82	0,15	0,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,16	11,64	20,40	18,98
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,01	0,03	0,00	0,03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
MgO	1,73	1,48	1,46	0,07	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03
FeO	67,53	67,39	24,77	21,85	19,21
MnO	0,17	0,18	0,28	0,04	0,00
CaO	0,45	0,53	4,20	7,36	8,06
BaO	0,15	0,00	0,00	0,00	0,30
NiO	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,03	1,03	2,15	2,11
K <sub>2</sub> O	0,00	0,03	4,88	7,28	8,16
F	0,00	0,00	0,04	0,06	0,06
Cl	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00
<b>Total</b>	<b>99,94</b>	<b>99,72</b>	<b>99,72</b>	<b>99,72</b>	<b>99,72</b>
Si <sup>4+</sup>	0,992	1,000			
Al <sup>3+</sup>	0,007	0,006			
V <sup>3+</sup>	0,001				
Cr <sup>3+</sup>	0,001				
Mg <sup>2+</sup>	0,086	0,074			
Ca <sup>2+</sup>	0,016	0,019			
Mn <sup>2+</sup>	0,005	0,005			
Fe <sup>2+</sup>	1,892	1,888			
Ba <sup>2+</sup>	0,002				
Ni <sup>2+</sup>		0,001			
Na <sup>+</sup>	0,001	0,002			
K <sup>+</sup>		0,001			
<b>catsum</b>	<b>3,003</b>	<b>2,997</b>			
Cl	0,001				
O	4,000	4,000			
<b>ansum</b>	<b>4,001</b>	<b>4,000</b>			
<b>apfu</b>	<b>7,003</b>	<b>6,997</b>			

### 5.3.4 Šlichová prospekce

Prospekce proběhla především na Zlatém potoce. Odběrová místa jsou na obr. 5 vyznačeny červenými body. První místo se nalézá v areálu „b“, několik metrů východně od šachtic, u drobného pramene. Další bod prospekce byl na místě, kde se do Zlatého potoka vlévá menší tok pramenící u „Včelína“ (obr. 5). Přibližně 300 m proti proudu od tohoto soutoku je další místo rýžování. Třetím místo se nachází v areálu „a“ u mostu přes Zlatý potok, v naplavených sedimentech uprostřed toku. Zbývající tři místa se nalézají poblíž sebe u areálu „e“. První z nich je hned pod zmíněným areálem, kde byla v kamenitých náplavech Zlatého potoka vyhloubena sonda o rozměrech 0,5×0,7×1 m, kdy kusy hornin nad velikost 2 cm byly ručně vytríděny, a zbylá frakce se přesála na sítu o velikosti oka 5 mm. Frakce, které propadla sítím se odkalila a přerýžovala. Další místo prospekce bylo v zachycených naplaveninách splavu „Lutrián“, kde se stéká Zlatý potok s řekou Šlapankou. Poslední místo bylo 50 m pod „Lutriánem“ v naplavených sedimentech prvního meandru řeky Šlapanky.

Pokusně bylo také odebráno 10 l zeminy z obvalu šachtic v areálu „e“, ohledně zjištění minerálů, které zde mohly být těženy.

Prvním krokem v laboratoři bylo oddělení magnetických částic (obr. 36b). Ve šlichu z amfibolitového tělesa se vyskytoval magnetit (různě nepravidelná zrna až oktaedry, některá postižena limonitizací), který tvořil přibližně 30% celkového objemu vzorku. Ze vzorků ze Zlatého potoka byl oddělen taktéž magnetit a s ním antropogenní částice (okuje a sférulky).

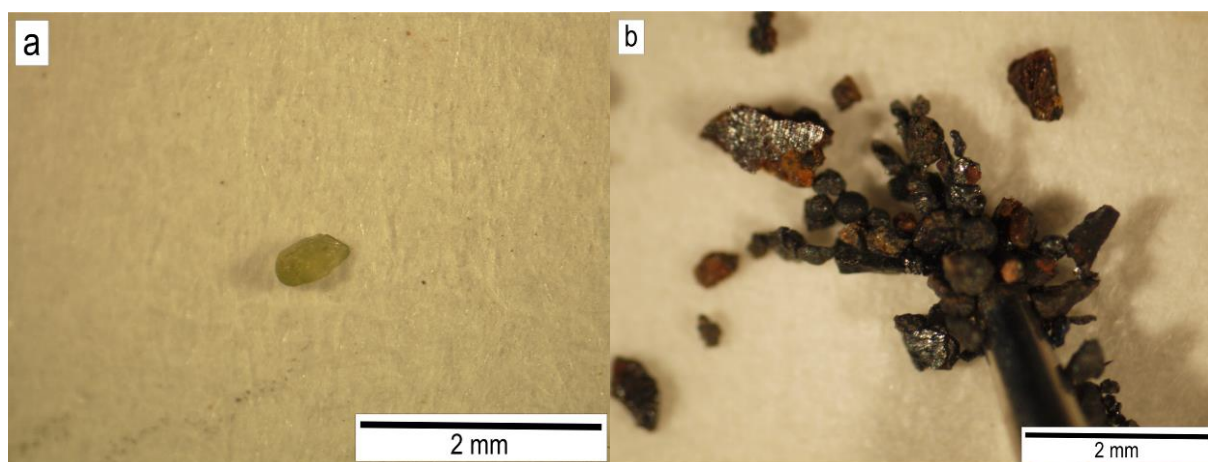
Po oddělení se ve vzorcích vyskytovala především červená a narůžovělá zrna granátu a to jak v koncentrátech těžkých minerálů z vodních toků tak i ve šlichu z areálu „e“. Ve vzorku z tohoto areálu byly zjištěny také zrna zelených amfibolitů (pleochroický od tmavě zelené po žlutohnědou barvu; místy viditelná štěpnost podle jednoho systému štěpných trhlin), béžový sillimanit, černý ilmenit (místy na zrnech jsou viditelné namodralé odlesky) a několik tenkých, průhledných jehliček a zrn wollastonitu (nepleochroický s viditelnou štěpností podle jednoho systému štěpných trhlin). Ve šlichových vzorcích z vodních toků byly dále patrné různé odrůdy křemene (obecný křemen, křišťál, záhněda a růženín), černohnědé agregáty biotitu, zelená zrna amfibolu s místy patrnou štěpností podle jednoho systému štěpných trhlin a s pleochroismem od tmavě zelené po hnědožlutou barvu, černohnědý rutíl, černý ilmenit s namodralými odlesky, zelený a hnědý turmalín (místy patrné podélné rýhování), béžový sillimanit, bezbarvý zirkon, průhledné jehličky a zrna wollastonitu (bez pleochroismu a patrnou štěpností podle jednoho systému štěpných trhlin a naředlé až šedo zelené safíry (obr. 36a), které byly určeny pomocí



WDX analýzy. Tyto safíry jsou bez příměsí (tab. 8). Strusky byly nalezeny pouze v několika fragmentech.

Tab. 10 WDX analýza zelenošedých a nazelenalých zrn safíru

č. an. zrno	27 1	28 2
SiO <sub>2</sub>	0,00	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	97,16	98,39
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00
FeO	0,00	0,02
MnO	0,00	0,02
MgO	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00
ZnO	0,03	0,00
<b>Total</b>	<b>97,20</b>	<b>98,48</b>
Al <sup>3+</sup>	2,000	1,999
catsum	<b>2,000</b>	<b>1,999</b>
O	3,000	3,000
ansum	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
apfu	<b>5,000</b>	<b>4,999</b>



Obr. 36 Nazelenalé zrno safíru vyseparované ze šlichu ze Zlatého potoka a magnetické částice ze šlichu (magnetit, okuje a sférulky) přichycené k preparační jehle

## 5.4 Archeologické nálezy

Oblast byla podrobena prvotnímu archeologickému průzkumu, který byl odborně zdokumentován. Soubor archeologických artefaktů, jenž byl nalezen v sondě č.1, se nacházel v černě zbarvené vrstvě, mezi vrchní vrstvou hrabanky a jílovitým podložím. Nejhojněji se vyskytujícími předměty byly keramické střepy nádob, pohybující se velikostí mezi 0,5–10 cm, které jsou vyrobeny z jílovité hlíny s hrubě zrnitým ostřivem a s přídavkem grafitu. Okraje nádob jsou střechovité (některé zdobeny žlábkováním) (obr. 37). Větší množství těchto artefaktů je zdobeno žlábkováním, které je po celém obvodu nádoby, avšak několik kusů je zdobeno i zelenožlutou glazurou. Na jednom keramickém střepu byla nalezena i značka v podobě hvězdy. V sondě se také našly silně korodované, železné předměty. Jednalo se o hřeby, stavební kování a také artefakt z výstroje jezdce (Zimola 2010). Dále zde byly kosti hospodářských zvířat, uhlíky a několik strusek.

Po archeologické stránce byl prozkoumán i Zlatý potok. V recentních sedimentech se vzácně našly keramické střepy užitkových nádob, přičemž na některých je patrná zelená a hnědá glazura.



Obr. 37 Keramika ze sondy č. 1 (typické střechovité okraje nádob charakteristické pro období 13.-14. století) (Zimola 2010)

## 6 Diskuze

Oblast Kamenné patří k jednomu ze tří míst (Kamenná, Jihlava a Jezdovice), kde je soustředěn větší počet těžebních lokalit (Pluskal, Vosáhlo 1998).

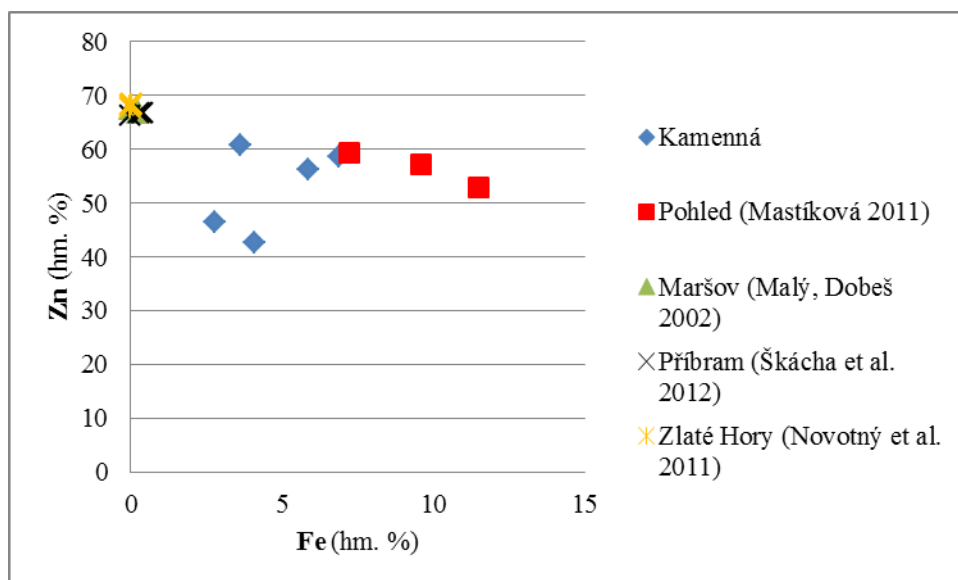
Nejčastějším směrem, v němž jsou uspořádány pozůstatky po těžbě, je směr ve zkoumané oblasti je SSV–JJZ, který je zastoupen v areálech „a, b, c, d“. K tomuto směru je podle Koutkovy (1952 in Pluskal, Vosáhlo 1998) klasifikace jihlavských rudních žil, přiřazen i směr SSZ–JJV (tah areálu „a“). Tyto směry se shodují se směry mineralizovaných dislokačních zón, označené jako menší mineralizované poruchy, hydrotermální žíly a žilníky, které jsou pro svou orientaci odvozené od směru příbyslavského hlubinného zlomu a jeho větví. Směr SZ–JV (areál „c“) odpovídá menším mineralizovaným poruchám a hydrotermálním žilám a žilníkům, které jsou odvozeny od komárovické tektonické zóny. Posledním směrem v oblasti je SV–JZ (areál „d“) jenž by odpovídal menším mineralizovaným poruchám a hydrotermálním žilám a žilníkům, které jsou spjaté s disjunktivní tektonikou osní části antiklinoria Českomoravské vrchoviny. Pluskal a Vosáhlo (1998) uvádějí, že ekonomicky nejvýhodnější struktury byly směru severojižního (a příbuzné směry SSV–JJZ a SSZ–JJV) a některé dislokační zóny východozápadního směru. Menší mineralizované poruchy, rudní žíly a žilníky byly dobývány podružně. Celkově se v jihlavském rudním revíru dobývalo 116 struktur s celkovou délkou 21 100 m (Pluskal, Vosáhlo 1998), přičemž Kamenná s okolím se na tomto podílejí 9 dobývanými strukturami s celkovou délkou šachticových tahů 900 m.

V areálu „e“ není zcela jasné, za jakým účelem vznikly dobývací struktury. Ve šlichovém vzorku ze zeminy odebrané z odvalu děl bylo získáno několika násobně větší množství magnetické frakce než ze sedimentů Zlatého potoka, která se patrně nahromadila zvětráváním horninového podloží. V několika vyhloubených sondách nebyl nalezen jakýkoliv fragment žiloviny, a tudíž je možné, že se jedná o povrchová díla k získávání kameniva či hlíny. Podobná díla sloužící k těžbě kameniva se nachází v pararulách, přibližně 800 m severozápadně od areálu „e“.

Hlušina je ve vzorcích se zrudněním tvořena především křemenem (v areálu „a“ vzácně i karbonáty), ale na některých lokalitách jihlavského rudního revíru je významně zastoupen i baryt s karbonáty (Malý 2009). Podle analýz od Malého (2009) se v jihlavském rudním revíru vyskytují karbonáty tří typů: především kalcit a méně pak siderit (Mn-siderit) a karbonáty dolomitové skupiny (Mn–ankerit a Fe-kutnohorit). Pro mineralizaci od Kamenné

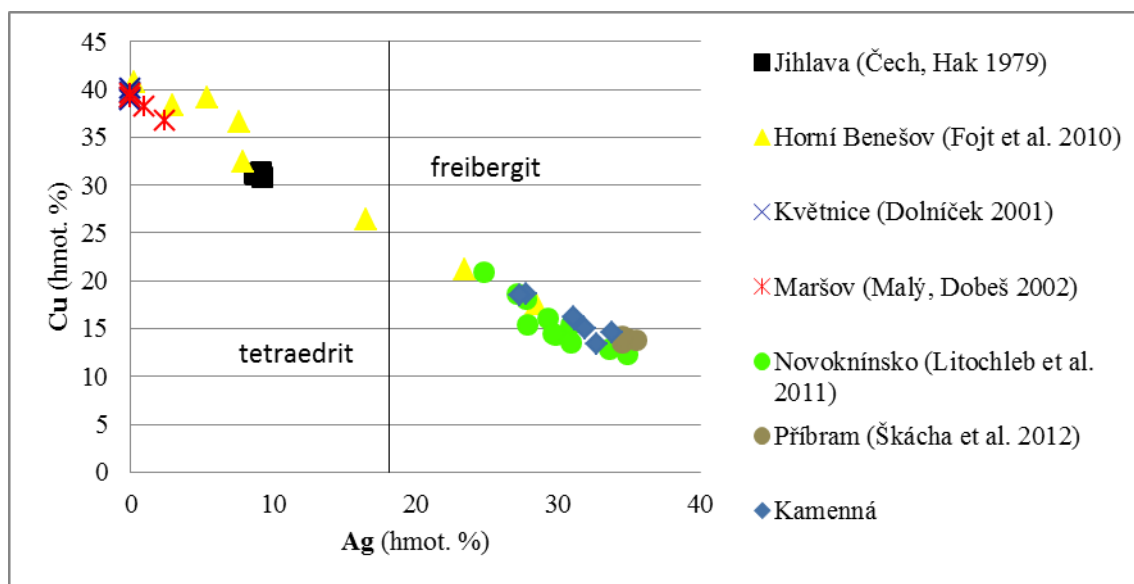
(sfalerit+kyzy+karbonáty) je typický siderit a karbonáty dolomitové skupiny se zvýšeným obsahem Mn (Malý 2009).

Mineralizaci z Kamenné lze podle Bernarda et al. (1986) zařadit k mladovariské kyzové asociaci *k-pol*. Podle Vosáhla (1988) lze zkoumanou oblast zařadit do asociace černý sfalerit + kyzy + karbonáty. Tato asociace je v jihlavském rudním revíru nejhojněji zastoupena a vyskytuje se v západní a severní části rudního revíru, kde se nalézá i oblast Kamenné (Pluskal, Vosáhlo 1998). Minerál, který je typický pro tuto asociaci je sfalerit se zvýšeným obsahem Fe, které mu dává černé zbarvení. Pluskal s Vosáhlem (1998) uvádějí pro takto zbarvený sfalerit obsahy Fe do „X0 %“. Dále by měl mít také zvýšené obsahy Mn, In a Sn. Ve studované oblasti je sfalerit šedočerný až černý s obsahem Fe 3,61–6,9 hm. %. Z příměsí dále sfalerit obsahuje Cd (0,32–0,39 hm. %), Cu (0,24–1,37 hm. %) a Mn (0,02–0,10 hm. %). In není v minerálu přítomno a Sn nebyl analyzován. K asociaci *k-pol* náleží také hojný výskyt pyritu a arsenopyritu (Bernard et al. 1986), což potvrzuje jejich velice častý výskyt ve studované oblasti. Němec (1964) uvádí červenohnědý sfalerit (0,43 hm. % Fe) z Rančičrova, tmavě hnědý sfalerit (2,05 hm. % Fe) z Malého Beranova a černohnědý sfalerit (10,87 hm. % Fe) z Pfaffenhofské žíly. Litochleb et al. (2011) uvádí ve sfaleritech z Příbrami vysoké obsahy Fe (9,86–10,29 hm. %), s četnými inkluzemi arsenopyritu, chalkopyritu a pyrhotinu. Podle výsledků chemických analýz sfaleritu, z Kamenné nelze zcela jednoznačně přiřadit danou mineralizaci k mineralizaci typu *k-pol*, díky nižším obsahům Fe (srov. obr. 38), Mn a absenci In.



Obr. 38 Zastupování Zn a Fe ve sfaleritu a porovnání nových analýz z Kamenné s publikovanými údaji

Tetraedrit (označen jako freibergit) se v oblasti Kamenné nachází pouze jako mikroskopický. Tvoří samostatná izometrická zrna, žilky nebo tvoří inkluze v ostatních rudních minerálech (galenitu, pyritu a arsenopyritu). Malý (1999) uvádí, že freibergit se vyskytuje jako mikroskopické inkluze v galenitu v Pfaffenhofském couku, Rančířově, Starých Horách a Jezdovicích. První označení tetraedritu za freibergit v jihlavském rudním revíru učinili Bouška a Čech (1956 in Čech a Hak 1979) podle vysokého mřížkového parametru ( $a=10,53 \pm 0,01 \text{ \AA}$ ), avšak kvůli malému množství materiálu, získaného ze Starohorského couku, nemohli provést klasickou analýzu. Mikrosondovou analýzu tetraedritu provedli Čech a Hak v roce 1979. Tito autoři označili minerál za tetraedrit bohatý stříbrem, zinkem a kadmíem. Litochleb et al. (2011) uvádí, že Ag a Cu vykazují negativní korelaci a dle několika autorů (Sack a Loucks 1985; Johnson et al. 1986; Lynch 1989; Foit a Loucks 2001 in Litochleb et al. 2011) lze vyjádřit chemické složení stříbrem bohatých tetraedritů a freibergitu podle obecného vzorce  $(\text{Ag}, \text{Cu})_6[(\text{Cu}, \text{Ag})_4(\text{Fe}, \text{Zn})_2]_6(\text{Sb}, \text{As}, \text{Bi})_4(\text{S}, \text{Se})_{13}$ . Hranici mezi freibergitem a stříbrem bohatým tetraedritem navrhuje Riley (1974 in Litochleb et al. 2011) cca 20 hm. % Ag, avšak podle zmiňovaného vzorce lze hranici odvodit na minimálním obsahu Ag 18,14 hm. % (obr. 39). Na základě toho lze minerál z Kamenné označit jako freibergit (27,4 - 33,8 hm. % Ag). Foit a Ulbricht (2001 in Litochleb et al. 2011) uvádějí, že Ag může zastoupit veškerou Cu.



Obr. 39 Zastupování Cu a Ag v minerálech ze skupiny tetraedritu a porovnání nových analýz z Kamenné s publikovanými údaji

Galenit je ve zkoumané oblasti velice vzácný (makroskopicky viditelný byl nalezen pouze ve dvou fragmentech křemenné žiloviny). Podle Malého (1999) je jedním z nejdůležitějších rudních minerálů, uzavírající v sobě inkluze ostatních stříbronosných minerálů

(freibergitu, tetraedritu a pyrargyritu). Analýzami bylo zjištěno, že oblasti Kamenné obsahuje inkluze freibergitu, pyrargyritu a miargyritu. Samotný galenit má příměs Ag do 0,03 hm. %.

O ostatních rudních minerálech vyskytující se u Kamenné a v jihlavském rudním revíru není známo příliš informací. Malý (1999) uvádí za běžné minerály na lokalitách pyrit a chalkopyrit. Avšak chalkopyrit bývá zastoupen v malém množství. U Kamenné byl makroskopicky viditelný nalezen v několika fragmentech křemenné žiloviny. V jihlavském rudním revíru je pyrargyrit důležitým nositelem Ag. (znám z Jezdovic a Pfaffenhofského couku) (Malý 1999). Ve zkoumané oblasti se vykytuje v podobě mikroskopických inkluzí v galenitu. K výskytu miargyritu a boulangeritu v jihlavském rudním revíru se nepodařilo získat žádné informace.

Nejběžnějším sekundárním minerálem je limonit, jak u Kamenné tak i ve zbylých částech jihlavského rudního revíru, kde povléká fragmenty hlušiny a je často doprovázen hydroxooxidy manganu. Druhým hojným sekundárním minerálem v oblasti jsou žluté, práškovité povlaky jarositu, které Malý (1999) zmiňuje ve Starých Horách, Rančířově, Hosově a Popicích. V práci zmiňovaný anglesit a cerusit jsou vázány na okraje zrn galenitu nebo pukliny v něm. V rudním revíru jsou známy z mnoha lokalit, např.: Pfaffenhofský couk, Staré Hory, Rančířov a Komárovice, přičemž cerusit je nejčastějším sekundárním minerálem Pb (Malý 1999). Předběžně, makroskopicky určený malachit je na Jihlavsku vzácně zastoupen. Uváděn je např. na Pfaffenhofském couku, Helenínu, Starých Horách a Popicích (Malý 1999).

Celkově je možné mineralizaci Kamenné přiřadit podle Bernarda et al. (1986) k typu *k-pol*, podle hojného výskytu pyritu, arsenopyritu a hlušinou, která je zastoupena zejména křemenem a méně karbonáty. Avšak nejtypičtější je obsah Fe, díky němuž má sfalerit z Kamenné šedočernou barvu. Podle mikrosondových analýz je jeho obsah menší (3,61–6,9 hm. % Fe), stejně jako obsah Mn (0,02–0,10 hm. %), nedosahujících takových hodnot jako uvádí Mastíková (2011) v žilné polymetalické mineralizaci typu *k-pol* v lomu Pohled (7,24–11,48 hm. % Fe; 0,32–0,71 hm. % Mn). In není ve sfaleritu z Kamenné přítomno. Tyto údaje mohou částečně nasvědčovat příslušnosti mineralizace k typu *pol*, která je charakterizována menšími obsahy Fe, Mn, In a Sn, přičemž žilovina má být tvořena křemenem, karbonáty a barytem, který se nevyskytuje v mineralizaci *k-pol* (Bernard et al. 1986). Miargyrit, který byl z Kamenné zanalyzován, obsahuje 32,92 hm. % Ag, což je méně než uvádí Škácha et al. (2012) z Příbrami, kde průměrný obsah Ag v miargyritu je 37,05 hm. %. Společně s ním Škácha et al. (2012) uvádí přítomnost sfaleritu s obsahy Fe do 0,42 hm. %, čímž by tyto minerály z Příbrami měly spadat podle Bernarda et al. (1986) k asociaci *pol*. Z těchto údajů lze usoudit, že se ve studované oblasti

pravděpodobně vyskytuje přechodný typ mineralizace, jenž nelze jednoznačně přiřadit k jednomu ze dvou zmiňovaných typů mineralizace.

Úkolem šlichové prospekce bylo zjistit, zda-li jsou v sedimentech Zlatého potoka přítomny strusky a v případě jejich přítomnosti postupnou prospekci proti proudu potoka dojít k místu odkud se do sedimentu dostaly. V průběhu laboratorního prohlížení získaných vzorků bylo vyseparováno pouze několik samostatných fragmentů strusek. K porovnání byl vyhotoven šlich v Borovském potoce u Stříbrných Hor na Havlíčkobrodsku, kde se ruda zpracovávala. Ve výsledném srovnání šlich z Borovského potoka jasně obsahoval velké množství strusek a díky tomu lze říci, že v oblasti Kamenné se ruda nezpracovávala.

Strusky nalezené v okolí Kamenné jsou tvořeny pouze skelnou fází se zrny křemene nebo olivínem a wüstitem (zrna křemene a sklo se vyskytují méně). Ve druhé skupině strusek je wüstit zastoupen mnohem více než například ve struskách vzniklých během zpracovávání stříbrných rud, jak se ve své práci zmiňuje Janíčková (2013). Podle Ettera et al. (2001 in Janíčková 2013) wüstit ve struskách po tavbě stříbrných rud může i často chybět, avšak bývá běžný ve struskách železářských (Zmeškalová 2010). Analýzy olivínu ve struskách z Kamenné určily, že se jedná o olivíny tvořené především fayalitovou komponentou. Tyto informace vyvrátily předpoklad, že strusky vznikly během hutnického zpracování dobývané rudy a byly označeny za strusky železářské, vzniklé při výrobě či opravách nástrojů a pomůcek využívaných k těžbě.

Archeologický průzkum, který byl v oblasti proveden, patří k prvnímu, jenž byl odborně zdokumentován a díky kterému se podařilo časově zařadit období těžby rud v okolí Kamenné. Fragmenty keramických nádob ze sondy č. 1 byly archeology Muzea Vysočiny označeny jako části užitkové keramiky (jeden keramický artefakt byl označen i jako možný díl hračky). Okraje nádob jsou střechovité, což je typický znak pro keramiku 13. – 1. pol. 14. století (Zimola 2010). S tímto poznatkem lze dobývání rud zařadit do prvního, nejslavnějšího období těžby stříbrných rud v jihlavském rudním revíru. Zajímavostí je několik kusů keramických fragmentů se žlutozelenou až zelenou glazurou, a to z toho důvodu, že takto zdobená keramika byla používána majetnějšími osobami žijícími ve větších městech, jako je nedaleká Jihlava (Zimola 2010). Stáří keramiky ze Zlatého potoka spadá do 16. – 18. století (Zimola 2010)

## 7 Závěr

Pozůstatky po těžbě se v okolí Kamenné nacházejí v pěti dílčích areálech (pracovně označených „a, b, c, d, e“). Veškeré nalezené pozůstatky po těžbě byly popsány, změřeny a jejich poloha upřesněna GPS souřadnicemi. Celkově bylo v areálech těžby zaznamenáno 89 šachtic, 4 zasypané štoly a 7 uskupení šachtic. Tato díla jsou uspořádána do linií, jak sledovaly zrudnělé struktury. Celková délka šachticových tahů dosahuje v areálech „a, b, c, d“ 900 m a v areálu „e“ 100 m. Nejčastějším směrem šachticových tahů je SSV–JJZ, do kterého spadá 6 tahů. Ve směrech SSZ–JJV a SZ–JV se vyskytuje vždy jen jeden šachticový tah. Do směru SV–JZ patří dva tahy (areál „d“ a „e“)

Studované území je budováno především pararulami a migmatity. V těchto horninách jsou tělesa a čočky granitů, ortorul a amfibolitů. V amfibolitovém tělese areálu „e“ se nacházejí nevymapovatelné čočky serpentinitu a pyroxen-amfibolické skaliny (amfibolu). V obvalech šachtic jsou místy hojně zastoupeny grafitické horniny až samostatné agregáty grafitu (areál „a“ a „b“). Zmíněné horniny v areálech prorážejí „a, b, c, d“ žilné struktury budované především křemenem. V areálu „a“ byly nalezeny i karbonáty. Jemně až hrubě zrnitý křemen budující žíly je bílé až šedé barvy. Největší nalezený fragment křemenné žiloviny (areál „c“) dosahoval velikosti 50 cm. Žilovina často obsahuje dutinky, ve kterých se občas vyskytují krystalky křemene do velikosti 1 cm. Tyto dutinky jsou vyplněny i primárními (pyrit) a sekundárními minerály (limonit, jarosit a malachit(?)). Nejhojnějším rudním minerálem je pyrit se zvýšeným obsahem As (0,008-0,036 apfu), tvořící shluky zrn do velikosti 1 cm. Druhým častým minerálem je arsenopyrit, který je viditelný mikroskopicky a často s pyritem srůstá. Sfalerit je díky příměsi Fe (0,001-0,035 apfu) zbarven do šedočerna. Další minerály jsou zastoupeny pouze v malém množství nebo byly zjištěny až pomocí mikroskopických metod. Makroskopicky viditelný chalkopyrit a galenit byly pouze v několika fragmentech žiloviny. Galenit obsahuje mikroskopické inkluze stříbrnosných minerálů (pyrargyritu, freibergitu a miargyritu). Freibergit je nejčastějším nositelem Ag. Tvoří samostatná izometrická zrna nebo žilky. Vyskytuje se také v podobě inkluzí v galenitu, pyritu, sfaleritu, chalkopyritu a arsenopyritu. Obsah Ag je 4,7-6,0 apfu a Cu 3,8-5,5 apfu. Boulangerit byl ojediněle nalezen v podobě samostatného zrna. Sekundární minerály jsou zastoupeny nejhojněji hnědými povlaky limonitu a práškovými, žlutými povlaky jarositu, který i místy vyplňuje dutiny v žilovině. Covellin (vznikající na úkor chalkopyritu), cerusit, skorodit a malachit (?) jsou zastoupeny akcesoricky.



Nálezová situace v areálu „e“ nasvědčuje tomu, že se v tomto místě těžilo nejspíše kamenivo, protože nebyl nalezen materiál, který mohl být v zájmu dobývání rud.

Ze šlichové prospekce na Zlatém potoce vyplynulo, že v říčních sedimentech nejsou ve větší míře přítomny strusky, které by indikovaly hutnické zpracování rudy přímo v oblasti těžby. Zajímavý je nález několika šedo zelených zrn safíru ve šlichu.

Nález keramiky ze sondy č. 1 (areál „a“) byl velice důležitý z hlediska určení doby těžby. Podle střechovitých okrajů nádob bylo období těžby zařazeno do 13. – 1. pol. 14. století. Zajímavostí je glazovaná keramika, typická pro větší město s majetnějšími občany než pro menší hornickou osadu.

## 8 Literatura

- Bernard J.H., Pouba Z., Čadek J., Čadková Z., Havelka J., Hettler J., Chrt J., Klomínský J., Koutek J., Legierski J., Lomozová V., Morávek P., Mrázek P., Mrňa F., Pertold Z., Petránek J., Pokorný J., Reichmann F., Rus V., Sattran V., Skácel J., Šmejkal V., Šorf F., Tenčík I., Vaněček M. (1986): Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masívu. Vyd. 1., Academia Praha, 320 s.
- Bouček B., Kodym O. (1963): Geologie II. díl. Historická geologie. Geologie Československa. 1. vyd., Nakladatelství Československé akademie věd Praha, 729 s.
- Buday T., Kodym O., Mahel' M., Máška M., Matějka A., Svoboda J., Zoubek V. (1961): Tektonický vývoj Československa: sborník prací a tektonická mapa 1:1 000 000. 1. vyd., Nakladatelství Československé akademie věd Praha, 249 s.
- Čech F., Hak J. (1979): Tetrahedrite high in silver, zinc and cadmium from Jihlava, Czechoslovakia – Čas. Mineral. Geol., 24, 1, 83-87.
- Dolníček Z. (2001): Mineralogie barytových žil na Květnici u Tišnova – Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 86, 59–73.
- Dudek A. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200000, 33-28, Jindřichův Hradec. Praha.
- Fojt B., Dolníček Z., Hladíková J., Škoda R., Zeman J. (2010): Paragenetická charakteristika ložisek Zn-Pb a Fe rud u Horního Benešova v nízkém Jeseníku – část I: Ložisko Zn-Pb rud – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 59, 1-59.
- Foley S. F., Venturelli G., Green D. H., Toscani L. (1987): The ultrapotassic rocks: Characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. – Earth-Science Reviews, 24, 81–134.
- Cháb J., Suk M. (1977): Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy. 1. vyd., Ústřední ústav geologický Praha, 156 s.
- 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. Vyd. 1., Česká geologická služba Praha, 283 s.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia. Praha.

- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2011): Geologická minulost České republiky. Vyd. 1., Academia Praha, 436 s.
- Janičková, K. (2013): Mineralogie a chemismus strusek po tavbě stříbrných rud z vybraných lokalit v havlíčkobrodském rudním revíru. – MS, diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc.
- Kříbek B., Hájek A., Dobeš P., Filip J., Holeczy D., Jehlička., Leichmann., Ondruš P., Pašava J., Pudilová M., René M., Scharm B., Scharmová M., Sulovský P., Urban O., Veselovský F., Zimák J., Žák K. (2005): Uranové ložisko Rožná, Model pozdně variských a povariských mineralizací. – Česká geologická služba. Praha. 98.
- Litochleb J., Sejkora J., Šrein V., Šreinová B. (2011): Historie dolování, ložisková geologie a mineralogie některých lokalit v novoknínské zlatonosné oblasti (střední Čechy) – Bull. Mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. Praha, 19,2, 101-129.
- Malý K. (1999): Jihlavský rudní revír – přehled geologie a mineralogie. – Sborník Dolování stříbra a mincování v Jihlavě, 15–27.
- Malý K. (2009): Chemismus karbonátů Jihlavského rudního revíru. – Acta rer. Nat., 7, 57–62.
- Malý K., Vávra V. (1998): Ryzí stříbro z Jihlavského rudního revíru. – Acta. Mus. Moraviae, Sci. Geol., 83, 49–52.
- Malý K., Dobeš P. (2002): Mineralogie polymetalických rudních výskytů u Maršova a Javůrku (svratecká klenba moravika) – Acta. Mus. Moraviae, Sci geol., 87, 75–85.
- Malý K., Dolníček Z. (2005): Pb-Zn-Ag vein mineralization of central part of the Českomoravská vrchovina Upland (Czech Republic): S, C and O stable isotope study. – Bull. Geosci., 80, 4, 307–319.
- Majer J. (1999): Báňská a hutní praxe 13.–18. století. – Dolování stříbra a mincování v Jihlavě, 40–51.
- Mastíková E. (2009): Geologická dokumentace lomu Pohled (moldanubikum). – MS, bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J. (1983): Regionální geologie ČSSR I. Český masív SPN. Praha.
- Nance R. D., Alonso G. G., Keppie J. D., Linnemann U., Murphy J. B., Quesada C., Strachan R. A., Woodcock N. H. (2010): Evolution of the Rheic Ocean – Gondw. Res., 17, 194–222.

- Němec D. (1964): Geologische und paragenetische Verhältnisse der Erzgänge des Jihlava – Jezdovicer Reviers – Mineral. Petrogr. Mitt., 9, 42-85.
- Novotný P., Zimák J., Sejkora J. (2011): Sfalerit z ložiska Zlaté Hory - Východ (Česká republika) se zřetelnou UV luminiscencí jeho minerální asociace – Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 19/1, 47-51.
- Petrakakis K. (1997): Evolution of Moldanubian rocks in Austria: review and synthesis – J. Metam. Geol., 15, 203–222.
- Pluskal O., Vosáhlo J. (1998): Jihlavský rudní revír. – Vlast. Sbor. Vysoč., sect natur., 30, 157-191.
- Sláma J. (1996): Těžba stříbra v okolí města Jihlavy. – Jihlavský netopýr. Jihlava.
- Stöhr P. (2011): Dolování u Kamenné – MS práce středoškolské odborné činnosti, <http://soc.nidm.cz/archiv/rocnik33/obor/5>, 32 s.
- 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 I. Český masív. Svazek 1. Krystalinikum. 1. vyd., Nakladatelství Československé akademie věd Praha., 377 s.
- Škácha P., Sejkora J., Knížek F., Slepíčka V., Litochleb J., Jebavá I. (2012): Výskyty unikátního monometalického stříbrnéhozrudnění na žíle H14F3 mezi 7. a 9. patrem šachty č. 21 Háje, příbramský uran-polymetalický revír (Česká republika) – Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha), 20, 2, 230-254.
- Škoda R., Novák M. (2007): Y,REE,Nb,Ta,Ti-oxide (AB<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) minerals from REL–REE euxenite-subtype pegmatites of the Třebíč Pluton, Czech Republic; substitutions and fractionation trends – Lithos, 95, 43–57.
- Vosáhlo J. (1988): Příspěvek k řešení strukturní pozice a minerogeneze hydrotermální polymetalické mineralizace na území rudních revírů Kamenná, Jihlava a Jezdovice. – MS dipl. práce Přírodověd. fak. UK. Praha.
- Vosáhlo J. (1999): Přehled historie jihlavského hornictví. – Dolování stříbra a mincování v Jihlavě, 52–65.
- Zajíček P. (1982): Jihlavský rudní revír a jeho mineralogie. – Národní muzeum v Praze a Společnost přátel Národního muzea. Praha.

Zajíček P. (1983): Ocenění zásob Ag v jihlavském rudním revíru. – Čas. Mineral. Geol., 28, 197–207.

Zmeškalová B. (2010): Mineralogické studium artefaktů po železářské výrobě v okolí Bystřice pod Hostýnem – MS, diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Žák J., Verner K., Finger F., Faryad S. W., Chlupáčová M., Veselovský F. (2011): The generation of voluminous S-type granites in the Moldanubium unit, Bohemian Massif, by rapid isothermal exhumation of the metapelitic middle crust. – Lithos, 121, 25–40.

Zimola, D. (2010): Zpráva o archeologické akci – Kamenná. – MS, závěrečná zpráva, Muzeum Vysočiny Jihlava.

URL: <http://www.geologicke-mapy.cz/mapy-internet/mapa/> (adresa platná k 3.4.2014)