

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



**MINERALOGIE KŘEMENNÝCH ŽIL SE  
ZLATONOSNÝM ZRUDNĚNÍM  
V HORÁCH U PŘEDÍNA (ZÁPADNÍ  
MORAVA)**

**Bakalářská práce**

**Tereza POTOČKOVÁ  
Environmentální geologie (B1201)  
Prezenční studium  
Vedoucí práce: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.  
Konzultant práce: RNDr. Stanislav Houzar, Ph.D.  
Olomouc 2010**

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechna použitá literatura je řádně citována.

V Olomouci dne 13. května 2010

.....

podpis

Ráda bych věnovala poděkování všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na řešení této bakalářské práce. Mé poděkování patří především vedoucímu práce RNDr. Zdeňku Dolníčkovi, Ph.D. za konzultace, odborné vedení, cenné rady, pomoc při terénním a laboratorním výzkumu a v neposlední řadě také za trpělivost, kterou projevil při řešení různých problémů této práce. Dále bych ráda poděkovala mému konzultantovi RNDr. Stanislavu Houzarovi, Ph.D. za cenné rady, pomoc v terénu i laboratorní části a také za poskytnutí řady materiálů k vypracování této práce.

## **Bibliografická identifikace:**

**Jméno a příjmení autora:** Tereza Potočková

**Název práce:** Mineralogie křemenných žil se zlatonosným zrudněním v Horách u Předína (západní Morava)

**Typ práce:** bakalářská práce

**Pracoviště:** Katedra geologie PřF UP

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

**Rok obhajoby:** 2010

**Abstrakt:** Bakalářská práce se zaměřuje na mineralogii křemenných zlatonosných žil v Horách u Předína. Žíly jsou situovány v kvarcitech a rulách moldanubika. Hory jsou charakteristické poměrně jednoduchou minerální asociací. Kromě zlata je jediným relativně hojně se vyskytujícím rudním minerálem pyrit. Z dalších rudních minerálů je to akantit, galenit a blíže neurčená NiAsS fáze. Ze supergenních minerálů je nejběžnějším limonit, méně se vyskytuje baryt. Zlato vyplňuje drobné dutinky v křemenu (někdy spolu s pyritem). Obsahuje inkluze pyritu. Z hlediska chemismu se jedná převážně o elektrum (17-34 hm. % Ag). Vyskytují se však i inkluze nebo žilky ryzejšího zlata v elektru (1-5 hm. % Ag). Nerudní minerály jsou zastoupeny illitem, muskovitem, dravitem, monazitem, xenotimem, zirkonem a rutilem. V křemenu byly studovány fluidní inkluze. Byly zjištěny inkluze typu L+V a L. Rozsah teplot homogenizací primárních inkluzí je 130-260 °C. Jedná se o systém H<sub>2</sub>O+MgCl<sub>2</sub>+NaCl se salinitou v rozmezí 2,4-9,9 hm. % NaCl ekv. Původ fluid je pravděpodobně magmatický nebo metamorfní.

**Klíčová slova:** moldanubikum, Hory u Předína, zlato, mineralogie, fluidní inkluze, gamaspektrometrie

**Počet stran:** 59

**Počet příloh:** 0

**Jazyk:** Český jazyk

## **Bibliographical identification:**

**Author's first name and surname:** Tereza Potočková

**Title:** Mineralogy of auriferous quartz veins at Hory near Předín (western Moravia)

**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:** 2010

**Abstract:** This thesis deals with mineralogy of auriferous quartz veins at Hory near Předín. Quartz veins penetrate quartzites and gneisses of Moldanubicum. The mineralization in Hory represents simple mineral assemblage. Besides gold, the only common ore mineral is pyrite. Others less occurring are acanthite, galena and unidentified Ni, As, S bearing phase. Barite and limonite are supergene minerals. Gold fills small vugs in quartz (sometimes with pyrite). It contains inclusions of pyrite. It mainly contains 17-34 wt. % Ag (electrum). Rarely inclusions or veinlets of gold depleted in silver (15 wt. % Ag) occur in electrum. Others minerals are represented by illite, muscovite, dravite, monazite, xenotime, zircon and rutile. Fluid inclusions were studied in quartz. Two types of FI were identified (L+V, L). The range of homogenization temperatures of primary inclusions is 130-260 °C. The fluid system is H<sub>2</sub>O+MgCl<sub>2</sub>+NaCl with bulk salinity 2.4-9.9 wt. % NaCl eq. The origin of fluids which form Hory's mineralization is probably magmatic or metamorphic.

**Key words:** Moldanubicum, Hory near Předín, gold, mineralogy, fluid inclusions, gamma-ray spectrometry

**Number of pages:** 59

**Number of appendices:** 0

**Language:** Czech

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Geologická charakteristika .....</b>	<b>8</b>
2.1	Geologická stavba širšího okolí.....	8
2.2	Geologická pozice Au zrudnění .....	10
<b>3</b>	<b>Přehled žilných rudních mineralizací v širším okolí Hor .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Přehled dosavadních mineralogických a ložiskově geologických výzkumů .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Terénní etapa.....</b>	<b>20</b>
6.1	Hory – Štůlně.....	21
6.2	Hory – Malý Štítek .....	22
6.3	Hory – Zákopy.....	22
<b>7</b>	<b>Laboratorní část.....</b>	<b>24</b>
7.1	Charakteristika okolních hornin .....	24
7.2	Charakteristika žiloviny.....	24
7.3	Charakteristika minerálů .....	25
7.3.1	Křemen .....	25
7.3.2	Zlato .....	27
7.3.3	Pyrit.....	29
7.3.4	Ostatní rudní minerály .....	30
7.3.5	Turmalín .....	31
7.3.6	Slídy.....	32
7.3.7	Monazit, xenotim, zirkon.....	36
7.3.8	Supergenní minerály .....	38
7.4	Chemické složení žiloviny .....	39
7.5	Fluidní inkluze.....	42
7.5.1	Petrografie inkluzí .....	42
7.5.2	Optická mikrotermometrie.....	43
7.6	Gamaspektrometrie.....	46
<b>8</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>54</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>56</b>

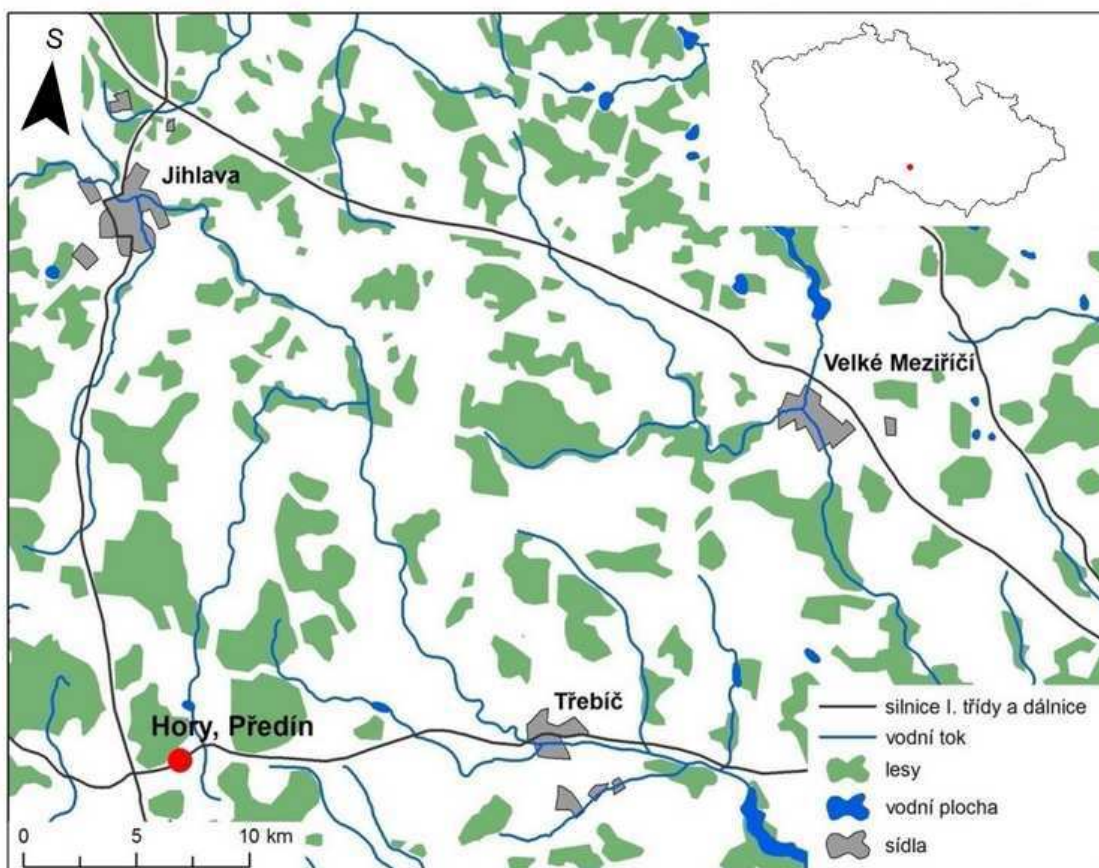
# 1 ÚVOD

Mezi Opatovem a Želetavou na západní Moravě se rozkládá území zlatonosného revíru. K této oblasti se vztahuje množství pověstí, mezi nimiž lze nalézt i ty o vzniku a zániku dolů v Horách. Podle jedné z nich objevil pocestný, který se ubíral z Telče do Třebíče, v místě Hor zlatý kvítek. A tak byly objeveny místní doly (Dokulil 1936). Podle Vokáče et al. (2008) spadá počátek těžby nejpravděpodobněji do 13. století - archeologicky je těžba zlata doložena v 13. až 16. století. V období vrcholného středověku se v severní části dnešních Hor nacházelo intenzivně těžené důlní pole, které souviselo s nedalekou osadou Malý Štítek. Středověké dolování zaniklo ve 14.-15. století. V polovině 16. století byla na okraji starého důlního pole založena nová hornická osada Hory. Úpadek a následný zánik dolování nastal nejpozději do 1. třetiny 17. století.

Dodnes jsou na několika lokalitách patrné stopy po středověkém rýžování a dolování zlata. Jedná se například o Jámy a Štule (k. ú. Svojkovice), lesíky Kuklčip a Boroví (k. ú. Markvartice), dále Hory – Zákopy (k. ú. Předín a Želetava), Hory – Štůlně (k. ú. Předín) a Vlčí jámy (k. ú. Opatov). U všech výše uvedených lokalit se jedná o primární výskyty. Mimo ně zde lze najít také sekundární ložiska (rýžoviště), jako jsou Hory – Horský potok (k. ú. Předín, Sedlatice u Opatova), Předín – Brtnička (Zejfy, k. ú. Předín a okrajově i Želetava), Brtnička okolo Opatova (k. ú. Opatov) a další.

Tato bakalářská práce se soustřeďuje na lokality v Horách u Předína – Zákopy, Štůlně a Malý Štítek, které patří mezi primární výskyty. Obec Hory se nachází přibližně 15 km na západ od Třebíče (okr. Třebíč) v nadmořské výšce cca 670 m n. m (obr. 1). Z hlediska geomorfologického členění ČR patří tato obec k Markvartické pahorkatině (součást Brtnické vrchoviny). Z hlediska regionálně-geologického dělení ČR spadá tato oblast do moldanubika západní Moravy.

Cílem této práce je přinést bližší informace o povaze primární zlatonosné mineralizace. Spojuje v sobě jak rešerši literatury, tak i terénní průzkum a laboratorní zpracování vzorků. Rešeršní část zahrnuje geologickou charakteristiku širší oblasti a přehled dosavadních literárních údajů o výskytech zlata v zájmové oblasti. Část terénní je zaměřena na vyhledání lokalit v terénu, jejich podrobnou dokumentaci a odběr reprezentativních vzorků hornin či rudnin. Odebrané vzorky jsou poté zpracovány dostupnými laboratorními metodami.



**Obr. 1** Situační mapa Hor u Předína (vytvořeno pomocí programu ArcGIS, podkladová data ArcČR 2.0).

## 2 GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

### 2.1 Geologická stavba širšího okolí

Z hlediska regionálně-geologické klasifikace patří zájmové území k moldanubiku západní Moravy (Chlupáč a Štorch 1992).

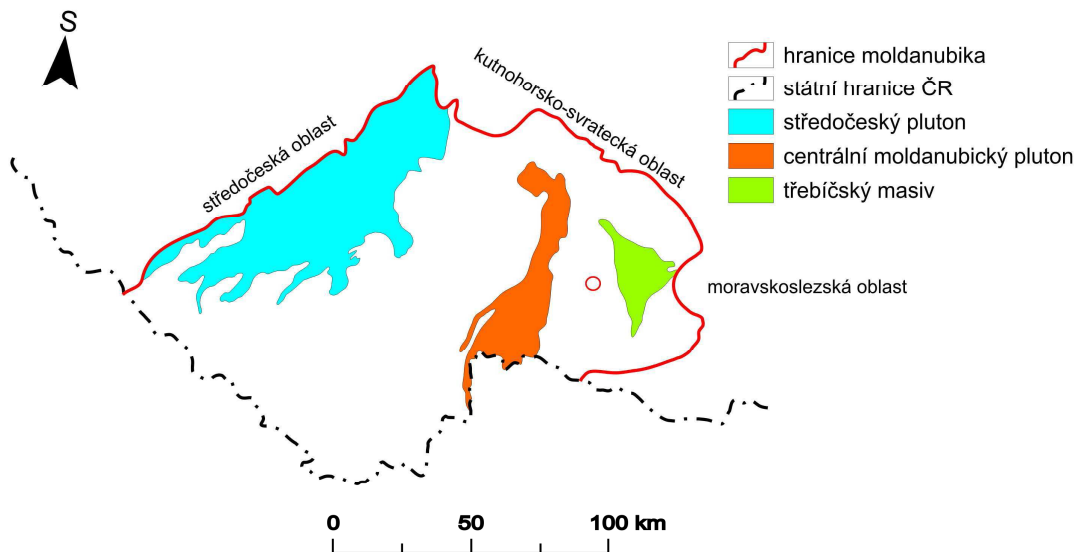
Moldanubická oblast se rozkládá v j. a jz. části Českého masivu a je od okolních oblastí Českého masivu oddělena převážně tektonicky (Mísař et al. 1983).

Moldanubická oblast je budována převážně katazonálně metamorfovanými horninami prekambriického až spodnopaleozoického (?) stáří (Mísař et al. 1983, Dudek et al. 1992). Je proniknuta intruzivními tělesy hlubinných granitoidních hornin a téměř zde chybí sedimentární pokryv. Mísař et al. (1983) vyčleňuje v metamorfitech moldanubika dvě série (skupiny) hornin, a to jednotvárnou skupinu a pestrou skupinu. Chlupáč et al. (2002) zde vyčleňuje mimo dvě již uvedené jednotky ještě jednotku třetí – gföhlskou. Jednotvárná skupina zaujímá převážnou část moldanubika a je budována biotiticko-muskovitickými, biotitickými, sillimaniticko-biotitickými a někdy i cordieriticko-biotitickými pararulami. V rozsáhlých oblastech lze pozorovat migmatitizaci pararul. Pestrá skupina je charakterizována přítomností četných poloh dalších hornin. Převládající horninou jsou plagioklasové pararuly podobající se pararulám jednotvárné skupiny (od pararul jednotvárné skupiny se liší výskytem draselného živce a vyšším obsahem granátu). Pararuly obsahují vložky kvarcitických rul, kvarcitů, grafitických kvarcitů, erlanů a skarnů, mramorů, dolomitických mramorů až dolomitů, grafitických rul a grafitů, dále amfibolitů a ortorul (Mísař et al. 1983). Gföhlskou jednotku představují podle Chlupáče et al. (2002) granulity a leukokratní migmatity.

Oblast Hor u Předína spadá do moldanubika západní Moravy (podle členění Dudka et al. 1992). Jedná se o území mezi třebíčským masivem a centrálním moldanubickým plutonem (obr. 2). Stanovením stáří intruzí durbachitů jihlavského batolitu a třebíčského masivu se zabývá Kotková et al. (2003). Stáří 338 Ma (U-Pb zirkon) je považováno za stáří krystalizace durbachitů třebíčského masivu. Dále je uvedeno stáří zirkonů z jihlavského batolitu ( $335,2 \pm 0,54$  Ma). Taktéž Holub et al. (1997) uvádí výsledky radiometrického datování durbachitů třebíčského masivu, kde je stáří těchto hornin stanoveno na  $340 \pm 8$  Ma (Pb-Pb zirkon). Významné tektonické linie v zájmové oblasti představuje přibyslavský hlubinný zlom (západně od zájmového území) a brtnická



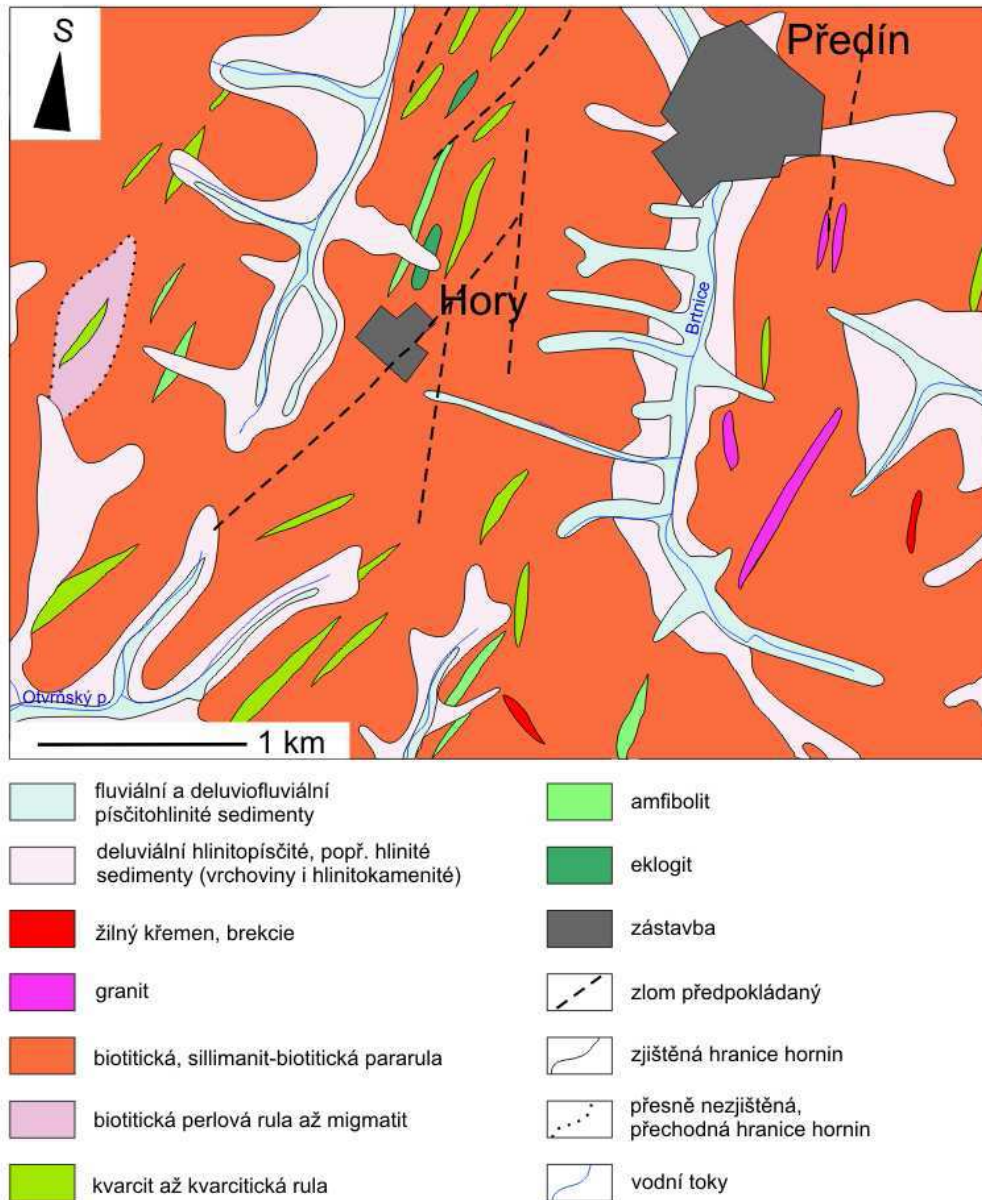
mylonitová zóna probíhající napříč opatovsko-svojkovickým revírem ve směru S-J (Veselý et al. 1988). Zájmové území se nachází na styku pestré a monotónní skupiny.



**Obr. 2** Pozice zájmové lokality v rámci moldanubika (vyznačeno červeným kroužkem). Převzato a upraveno podle Dudka et al. (1992).

Základními horninami jsou v zájmové oblasti biotitické a sillimaniticko-biotitické pararuly s pestrými vložkami hornin, které jsou různě intenzivně migmatitizované (obr. 3). Směr foliace hornin je S-J až SSV-JJZ s úklonem k V, resp. k VJV (Koutek 1924, Veselý et al. 1988, Vokáč et al. 2008). Podle Dudka et al. (1962) byla protolitem pararul série sedimentárních hornin, v níž se střídaly jílové břidlice a droby. Pararuly obsahují četné polohy a čočky kvarcitů, eklogitů, amfibolitů, mramorů a grafitických rul. Metamorfované horniny jsou protínány nepravidelnými žilami a tělesy aplitu, pegmatitu a turmalinicko-muskovitické žuly (směr SZ-JV, SV-JZ a V-Z). Stáří lepidolitových pegmatitů z Dobré Vody je stanoveno na  $306 \pm 9$  Ma (Černý et al. (1995) in Novák (2005)).

Kvartérní sedimenty představují především pleistocénní až holocénní kamenito-hlinitá eluvia a deluvia. Písčité šterky a jíly, popř. lokálně rašeliny, se nacházejí v okolí vodních toků. Severně od Opatova lemují nesouvisle potok Brtničku relikty pleistocénních šterkových teras (Vokáč et al. 2008).

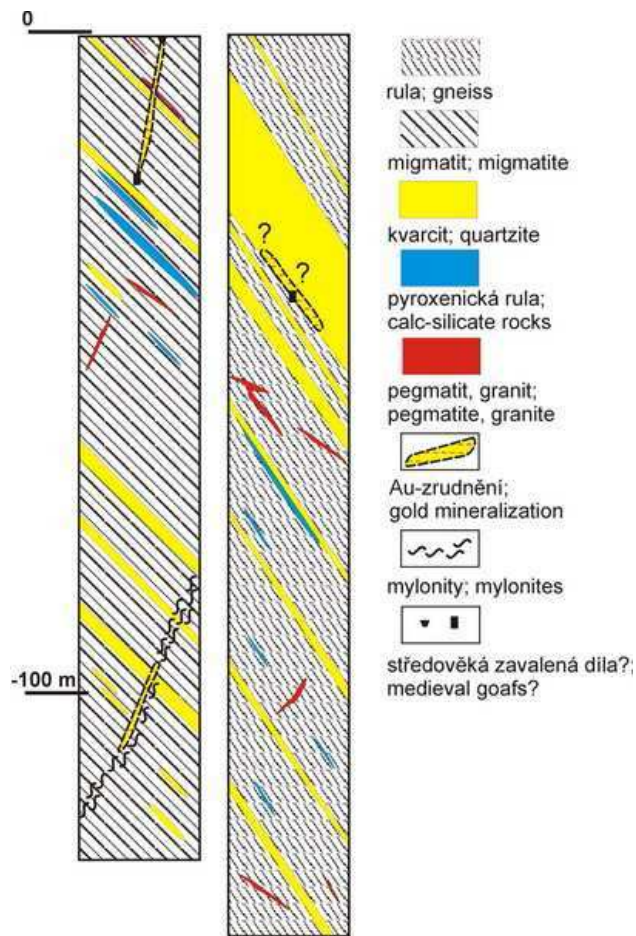


**Obr. 3** Geologická mapa okolí Hor u Předína (jako podklad byla použita geologická mapa ČR 1:50 000, mapový list č. 23-41, 23-42, 23-43, 23-44).

## 2.2 Geologická pozice Au zrudnění

Primární zlatonosné zrudnění je vázáno na pravé křemenné žíly ve světlém kvarcitu a v sillimaniticko-biotitických rulách (Veselý et al. 1988). Vložky kvarcitu tvoří několik samostatných sekvencí. V nejmocnějších sekvencích se vyskytují zlatonosné křemenné žíly, které mají nejčastěji směr VJV-ZSZ a JV-SZ, popř. V-Z, s příkrým až kolmým úklonem (Veselý et al. 1988, Vokáč et al. 2008). V rámci posledního ložiskově-geologického průzkumu, jehož výsledky shrnul Veselý et al. (1988), byly provedeny dva vrty (Štůlně, Zákopy). Pouze jeden z vrtů (Zákopy) zachytil pravděpodobně

Au-zrudnění vázané na kvarcit. Na základě vrtů byly sestaveny dva profily (obr. 4).



**Obr. 4** Profily sestavené na základě údajů podle Veselého et al. (1988). Vlevo Štůlně, vpravo Zákopy.

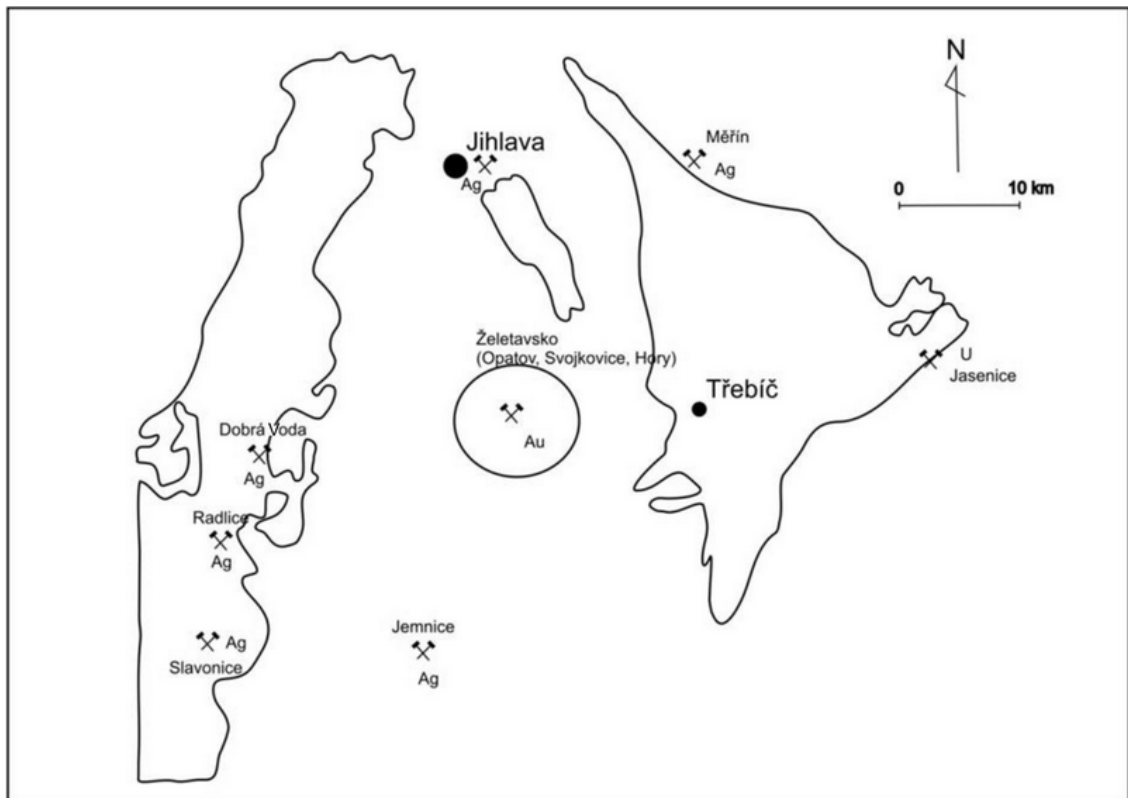
### 3 PŘEHLED ŽILNÝCH RUDNÍCH MINERALIZACÍ V ŠIRŠÍM OKOLÍ HOR

Mimo výskytu zlata v Horách se na jihozápadní Moravě nacházejí i další žilné rudní výskyty, zejména zlata a polymetalických rud Ag-Pb-Zn, příp. uranu (obr. 5; Houzar 1997).

V okolí Želetavy (do této oblasti patří i lokality v Horách) je do dnešní doby zachováno množství dokladů po dolování zlata ve středověku. Naleziště zlata se rozprostírají zhruba mezi Želetavou, Novou Říší a Opatovem. Zlato je zde vázáno na křemenné žilníky/žíly, jejichž směr je V-Z a VJV-ZSZ (Houzar 1997, Veselý et al. 1988). Zlato je doprovázeno pyritem, místy i arzenopyritem.

Mezi lokality s výskytem polymetalických rud Ag-Pb-Zn na jihozápadní Moravě patří Jemnice, Jihlava, Radlice u Dačic, doly u Slavonic a Dobré Vody a v neposlední řadě také doly u Měřína (Houzar 1997). Rudy těchto ložisek či výskytů jsou vázány na křemenné a barytové žíly, příp. křemenné žíly s železnatým dolomitem a kalcitem (Jemnice). V Jihlavě je hlušina křemenná, křemen-karbonátová nebo křemen-baryt-fluoritová (Němec 1963). Rudními minerály jsou zde nejčastěji sfalerit a galenit, dále chalkopyrit, tetradrit, argentit, arzenopyrit a pyrit. Vyskytuje se zde také ryzí stříbro (Jemnice, Jihlava, Radlice u Dačic). V Jihlavě bylo Němcem (1963) také zjištěno ryzí zlato ascendentního původu na žíle Malého Díla probíhající ve směru ZSZ-VJV.

V obci Jasenice byl po určitou dobu v provozu uranový důl (Houzar 1997). Toto zrudnění je hydrotermálního původu. Minerály uranu, reprezentované uraninitem, coffinitem a uranovými slídkami (torbernit, autunit) jsou vázány na karbonátové žíly (dolomit, kalcit). Z dalších minerálů se vyskytuje pyrit, grafit, markazit, arzenopyrit, sfalerit, chalkopyrit, chalkozín, bornit, vzácně i montroseit a roscoelit.



**Obr. 5** Přehled žilných rudních mineralizací v širším okolí Hor u Předína (převzato a upraveno podle Houzara (1997)).

## 4 PŘEHLED DOSAVADNÍCH MINERALOGICKÝCH A LOŽISKOVĚ GEOLOGICKÝCH VÝZKUMŮ

První autoři zmiňující ve svých dílech Hory popisují spíše topografii pozůstatků po dolování, než geologickou situaci. D'Elvert (1866) uvádí, že v potoku Brtnička (na mapě Brtnice) se rýžovalo zlato už před husitskými válkami. Tři paralelní řady odvalů na SZ od Hor a rýžoviště zlata na potoce Brtnička u Opatova popsal Wolfskron (1889). Spekuluje o tom, jaký kov zde byl dobýván. Uvažuje o možnosti těžby železa, stejně tak i zlata. Uvádí, že železem bohaté horniny mohou být jak železnou rudou, tak i železným kloboukem ušlechtlejšího kovu (zlata). V blízkém lomu byly nalezeny stopy sulfidů. Pošepný (1895) potvrdil výskyt řady odvalů s pinkami na SZ od Hor. Dále se zmiňuje o haldách po šachtách v lese východně od silnice do Předína, z čehož usuzuje na existenci dvou důlních komplexů v okolí Hor. Navštívil i Zákopy ležící v lese přibližně 2 km jižně od Hor, které popsal jako klínovitou plochu se špicí orientovanou k jihu hustě vyplněnou malými pinkami a většími haldami od šachet (Pošepný 1895).

Prvním autorem popisujícím geologickou situaci v okolí Hor je Koutek (1924), jenž uvádí, že okolí Hor je tvořeno „hlubinně metamorfovanými horninami“ (krystalické břidlice Suessova dunajsko-vltavského pásma). Nepříliš mocné lavice a vložky velmi kompaktního celistvého křemene se místy střídají s biotitickými pararulami, jež se nacházejí v podloží kvarcitů. Ruly jsou hojně prostoupeny žilami aplitu, turmalinického pegmatitu a žilného křemene. Horská ložiska jsou v sillimanitických rulách. Domnívá se, že je zde zlato vázáno v kyzových (sulfidických) impregnacích na pyrit, v němž bylo mechanicky přimíseno. Stejně jako Wolfskron uvádí možnou těžbu Fe-rud k výrobě železa. Fe-rudou zde měl být zvětralý pyrit (limonit) v železném klobouku (nejsvrchnější, oxidační části ložiska). Jako důkaz této domněnky uvádí strusky nalezené v okolí propadlé šachtice v Horách. Autor se ovšem nevěnuje pouze primárnímu výskytu zlata, ale i sekundárním nalezištím (rýžovištím) při potoce Předínském, Horském a Brtničce. Materiál hald je v horní části toků ostrohranný, níže po proudu (u Opatova) pak více zaoblený. Je tvořen rulami, žilným křemenem a pegmatitem. Velmi hojná jsou zrna rutilu.

V roce 1934 až 1935 proběhlo znovuotevření stařin v této oblasti R. Müllerem a proběhl taktéž jejich ložiskově-geologický výzkum, jenž je popsán Koutkem (1937). Podrobněji se rozepisuje pouze o stařinách ze Svojkovic. V Předínském lese „Ve Štůlnách“ byly práce zastaveny pro problémy s vodou. V biotiticko-sillimanitické

rule zde bylo zjištěno 0,2 g/t Au. V lese Zákopy na jihu od Hor byly taktéž provedeny sondy v kvarcitech a kvarciticých rulách s negativním výsledkem. Jako zlatonosné jsou uvedeny nejen křemenné žíly (až 6 g/t Au - Svojkovice), ale i sousední horniny (bez žiloviny pouze stopy Au - Svojkovice).

Genetickým typům primárních ložisek zlata na Českomoravské vrchovině se věnoval Němec (1963), který uvádí 3 typy ložisek: skarnová ložiska, zlatonosné křemenné žíly a polymetalické žíly formace Pb-Zn-Ag. Horské ložisko řadí k zlatonosným křemenným žílám. V nábrusech studoval vzorky žilného křemene z okolí Hor, ovšem s negativním výsledkem, pokud jde o přítomnost zlata.

V rámci paragenetické klasifikace hydrotermálních mineralizací zařadil Bernard et al. (1981) ložisko v Horách k starovariské zlatonosné asociaci (s-au). Jedná se o křemenné žíly, žilníky a impregnace žilných hornin se sulfidy Fe, zlatem vysoké ryzosti a akcesorickými minerály Bi, Te a W a také s molybdenitem.

V roce 1988 byla Malcem vypracována zpráva o mineralogickém výzkumu zlatonosné mineralizace, která se zabývá mimo jiné i lokalitou Hory-jih (Zákopy?) a rýžovišti na Horském potoce a potoce Brtnička. Z chemických analýz vyplývá, že složení zlata z odvalů (Zákopy) a rozsypů (potok Brtnička) je velmi podobné a jedná se o stříbrnaté zlato bez významnějších příměsí (obsah Ag od 8,2 do 24,5 hm. %). Složení zlatinek je v zásadě homogenní. Některé jsou na povrchu ojedinele pokryty tenkými povlaky druhotného ryzího zlata (počátek supergenních přeměn). Místy se ve zlatě vyskytují inkluze pyritu (Zákopy).

Dosud nejpodrobněji a nejkomplexněji se opatovsko-svojkovickým revírem zabývá závěrečná zpráva vypracovaná Veselým et al. (1988), která shrnuje výsledky posledního ložiskově-geologického průzkumu na zlato v této oblasti. U Hor a Svojkovic bylo zjištěno makroskopicky viditelné zlato. Z prací vyplývá, že se zde nachází zlato nízké až střední ryzosti (obsah Ag 8-40 hm. %), které je doprovázeno chudou asociací doprovodných rudních minerálů (hlavně pyrit, vzácně arzenopyrit, galenit, markazit, akantit a scheelit). Pertoldová (1988) vypracovala v rámci této zprávy podrobnou petrografickou charakteristiku hornin a popsala také žilný doprovod hornin s pyritovou a Au mineralizací.

Houzar a Škrdla (1990) předložili práci zaměřenou na výskyt zlata na sekundárních nalezištích (Želetavka, Horský potok). Z popisu geologické situace je patrné, že největší koncentrace zlata a těžkých minerálů je na bázi písčitých štěrků. Nejběžnějším těžkým

minerálem je rutil, dále je zlato doprovázeno scheelitem, granáty, monazitem, zirkonem a dalšími méně se vyskytujícími minerály.

Kolektiv autorů Morávek et al. (1992) sestavili na počátku 90. let minulého století monografii Zlato v Českém masívu, která se komplexně zabývá zlatem a ložisky zlata v České republice od historie výzkumů a těžby zlata, přes geologii a mineralogii, klasifikaci ložisek, metody prospekce a průzkumu atd. V rámci této práce se Opatovsko-svojkovickým revírem zabývá Veselý (1992), který zde na základě látkového složení a texturních znaků rozlišuje 4 typy žil (od nejstarších k nejmladším): křemenné žíly se zlatem a pyritem, méně s arsenopyritem; mladší křemen-karbonátové žíly; karbonátové žíly s křemenem a pyritem a vlasové karbonátové žilky s pyritem. Z hlediska geneze je toto zrudnění představitelem Au-Ag zrudnění v moldanubickém krystaliniku spjatého s regionálními tektonickými zónami.

Dva odlišné typy zlata ze sekundárních nalezišť v okolí Hor uvádí Malec (1993), který zde vyčleňuje zlato střední ryzosti (893-774) a zlato velmi vysoké ryzosti (941-1000). První typ obsahuje inkluze pyritu a dalších rudních minerálů (např. pyrhotin, chalkopyrit, galenit a další). Časté jsou srůsty s křemenem, popř. s dalšími nerudními minerály (muskovit, biotit a ankerit). Některé zlatinky mají sekundární povlaky ryzího zlata. Zlato velmi vysoké ryzosti srůstá s křemenem, muskovitem, biotitem a popř. s K-živcem nebo albitem. Zlato obsahuje inkluze bismutu nebo maldonitu (?). Může mít houbovitou strukturu, což je pozůstatkem myrmekitových srůstů Au a Bi.

Mineralogii zlata z aluviálních sedimentů v oblasti mezi Želetavou a Opatovem se podrobněji zabývá Houzar et al. (2007). Morfologie zlata je poměrně variabilní (drátky a plíšky, nepravidelná zrna, různě zaoblené). Vedle Ag je ve zlatě dále obsažena Hg (0-0,3 hm. %). Obsahy ostatních prvků jsou velmi nízké (pod 0,3 hm. % nebo pod mezí detekce). Na základě chemického složení bylo vyčleněno zlato tří základních paragenetických typů: elektrum s obsahem 30-50 at. % Ag, zlato s vysokou ryzostí s 1-5 at. % Ag (inkluze bismutu a výjimečně maldonitu, tento typ vyčleněn už Malcem (1993)) a čisté zlato (povlaky na povrchu zlatinek nebo žilky). Z těžkých minerálů je zlato doprovázeno převážně rutilem. Mimo rutil se zde hojně vyskytuje také monazit, ilmenit, granát, zirkon, scheelit a kasiterit.

Práce Vokáče et al. (2008) shrnuje výzkumy autorů probíhající v okolí Hor u Předína v letech 1990-2007. Autoři zde předkládají velmi podrobný přehled historie výzkumů a vlastní archeologický výzkum, podle něhož lze zasadit objev zlata, příp. i počátek



těžby, do počátku 13. století. Jsou zde také shrnuty poznatky o geologické situaci oblasti a o pozici a mineralogii primární zlatonosné mineralizace. Zlatonosné křemenné žíly jsou tvořeny jemnozrnným až celistvým, okrově zbarveným křemenem s mastným leskem (Štůlně). Kromě zlata je v křemeni místy obsažen čerstvý i limonitizovaný pyrit, dále ojediněle lupínky muskovitu, sericitizovaný K-živce, rutil, zirkon, monazit, chalkopyrit a baryt, popř. i uzavřeniny alterovaných rul. Na lokalitě Zákopy tvoří žilovinu bílý průsvitný křemen, v němž byl zjištěn pouze muskovit a povlaky Fe-oxidů. Primární zlato je světle žluté barvy a tvoří zaoblená zrna a drátky. V rámci této práce byl analyzován pouze jeden vzorek primárního zlata z lokality Štůlně, jenž obsahuje 29,5-30,4 hm. % Ag. Jedná se o elektrum s relativně vyšším obsahem Hg (1,8 hm. %), která by mohla být dle autorů antropogenního původu. Celkové chemické analýz byl podroben vzorek zlatonosného křemene z lokality Štůlně. Z analýzy vyplývá, že se jedná o křemen s obsahem pyritu a s nepatrným podílem muskovitu, K-živce či Al-silikátů. Z hlediska vzácných prvků lze v žilovině pozorovat vyšší podíl HREE než LREE. Z výzkumů je patrné, že výskyt zlata v žilách je silně kontrastní a nekoreluje s výskytem jiného minerálu. Zlato v sedimentech je doprovázeno převážně šedými valounky rutilu, dále krystalky monazitu a místy i valounky zirkonu.

## 5 METODIKA

Průzkum primárních výskytů zlata v blízkém okolí Hor byl proveden v letech 2008 – 2010. Nejdříve byl proveden terénní výzkum, během něhož byla popsána celková situace stop po středověkém dolování. Jednotlivé pinky byly detailně zaměřeny pomocí Garmin GPSMAP 60 CSx a následně byla vytvořena mapa dané oblasti pomocí programu ArcGIS 9.3. Jako podkladová data byla využita data z geoportálu Cenia. Dále byl proveden popis lokalit a jejich fotodokumentace. Zároveň proběhla i terénní gamaspektrometrie (měření K, U a Th) pomocí gamaspektrometru GRM 260/B (výrobce GF Instruments, Brno). Celková doba měření byla 3 minuty. Nakonec byly odebrány vhodné vzorky žiloviny a popřípadě i okolní horniny pro laboratorní výzkum.

Následovala laboratorní část, ve které byly vyhotoveny výbrusy z žiloviny (příp. i z horniny), nábrusy a oboustranně leštěné destičky. Výbrusy žiloviny i horniny byly vyhodnoceny v optické laboratoři Katedry geologie PřF UP Olomouc na polarizačním mikroskopu Olympus v procházejícím i odraženém světle.

Dále byly zhotoveny nábrusy žiloviny s makroskopicky viditelným (příp. mikroskopicky potvrzeným) zlatem a zalévané preparáty samotného zlata. Samotné zlato bylo z žiloviny získáno jejím rozdrčením a následným vyrýžováním. Vzorek získaný rýžováním byl následně rozdělen v těžké kapalině (nasycený vodný roztok polywolframanu sodného). Zlato bylo poté vybráno z těžkého podílu pod binokulární lupou.

Vybrané minerální fáze byly analyzovány pomocí elektronové mikrosondy. Před samotnou analýzou byly vzorky potaženy grafitem. Vlnově disperzní (WDX) bodové analýzy byly provedeny P. Gadasem a R. Škodou v Ústavu geologických věd PřF MU Brno na přístroji Cameca SX 100. Analýzy zlata a pyritu probíhaly při napětí 25 kV, proudu 20 nA a průměru elektronového svazku 1  $\mu\text{m}$  pro zlato a 1  $\mu\text{m}$  pro pyrit. Pro zirkon, slídy, monazit, baryt a xenotim bylo použito napětí 15 kV, proud 20 nA a průměr elektronového svazku 4  $\mu\text{m}$  pro slídy a 1  $\mu\text{m}$  pro ostatní minerály. Turmalín byl analyzován při napětí 15 kV, proudu 10 nA a průměru elektronového svazku 2  $\mu\text{m}$ . Při analýze byly využity tyto standardy: albit (Na), almandin (Al, Fe), andradit (Ca, Fe, Si), apatit (Ca, P), baryt (Ba, S), benitoit (Ba), brabantit (Ca, Th), columbit Ivigtut (Nb), fluorapatit (Ca, P), gahnit (Zn), hornblend (Ti), chalkopyrit (Cu), chromit (Cr), pararammelsbergit (Ni, As), rodonit (Mn), sanidin (Al, K, Si), spessartin (Mn, Si), sulf1\_CdTe (Cd), titanit (Si, Ti), topaz (F), vanadinit (Cl), zirkon (Zr), CeAl<sub>2</sub> (Ce),

DyPO<sub>4</sub> (Dy), EuPO<sub>4</sub> (Eu), FeS<sub>2</sub> (S), GdF<sub>3</sub> (Gd), HgTe (Hg), HoPO<sub>4</sub> (Ho), InAs (As, In), LaB<sub>6</sub> (La), LuPO<sub>4</sub> (Lu), MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Mg), NaCl (Cl), NdF<sub>3</sub> (Nd), PbS (Pb), PbSe (Se), PrF<sub>3</sub> (Pr), ScVO<sub>4</sub> (Sc), SmF<sub>3</sub> (Sm), SrSO<sub>4</sub> (Sr), ThO<sub>2</sub> (Th), YAG (Y), YbPO<sub>4</sub> (Yb), YbP<sub>5</sub>O<sub>14</sub> (Yb), YErAG (Er), ZnS (Zn), elementární stříbro (Ag), elementární zlato (Au), elementární bismut (Bi), elementární kobalt (Co), elementární měď (Cu), elementární hafnium (Hf), elementární mangan (Mn), elementární nikl (Ni), elementární antimon (Sb), elementární uran (U), elementární vanad (V) a elementární wolfram (W).

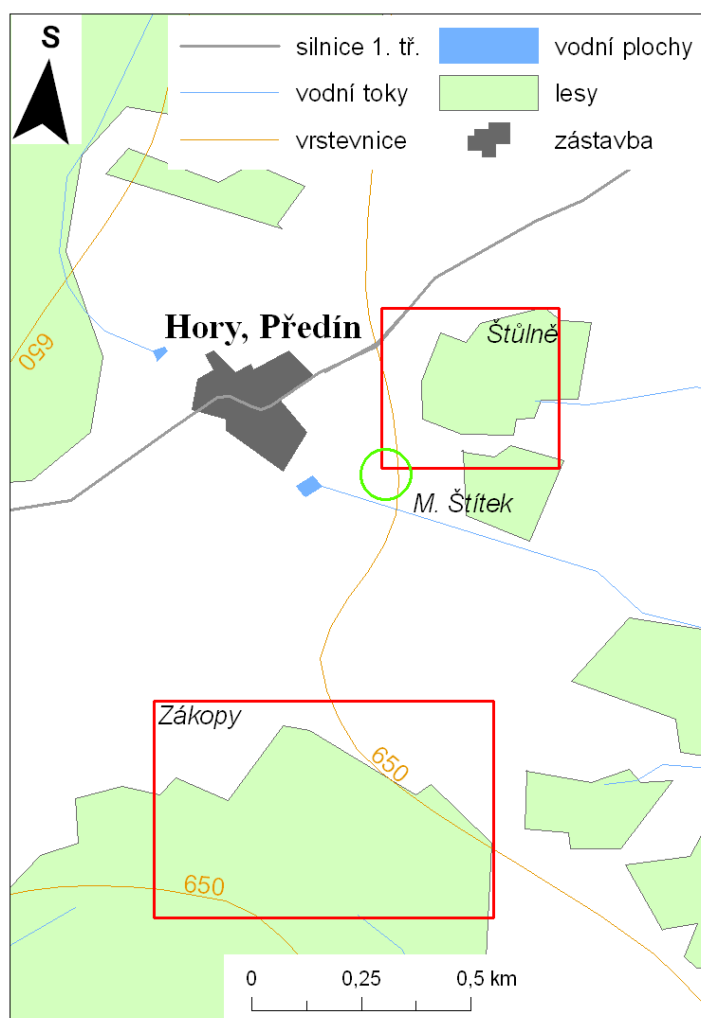
Část odebraných vzorků žiloviny byla rozemleta v mlýnku z chromniklové oceli. Následně byly vzorky poslány do Kanady k celkové chemické analýze, kterou provedla laboratoř ACME Vancouver. Vzorek pro analýzu těžkých kovů (0,5 g) byl vyloučen v horké (95 °C) lučavce královské a samotná analýza proběhla metodou ICP-MS. Ostatní stopové prvky a včetně prvků vzácných zemin (REE) byly stanoveny taktéž metodou ICP-MS. Před samotnou analýzou byla navážka (0,2 g) smíchána a tavena s LiBO<sub>2</sub> a následně vyloužena ve zředěné HNO<sub>3</sub> (5 %).

Oboustranně leštěné destičky byly využity pro studium fluidních inkluzí metodou optické mikrotermometrie, která byla provedena na Katedře geologie PřF UP Olomouc v termokomoře Linkam THMSG 600. Před samotným měřením, byly inkluze podrobně popsány a klasifikovány, popř. i fotograficky zdokumentovány. Měřena byla teplota homogenizace (Th), teplota zamrznutí (Tf), teplota eutektika (Te) a teplota tání poslední pevné fáze (Tm).

Laboratorně byly změřeny i obsahy K, U a Th v sypkých vzorcích odebraných přímo z pinok na lokalitách Štůlně a Zákopy, v případě lokality Štůlně i z přilehlého pole. Měření proběhlo na laboratorním gamaspektrometru GS-320 (výrobce Exploranium Inc., Kanada) na Katedře geologie PřF UP v Olomouci. Neupravené vzorky rubaniny byly vloženy do plastových kelímků s víčkem o objemu 250 ml a ponechány uzavřené 14 dnů pro ustavení radioaktivní rovnováhy. Samotné měření jednoho vzorku trvalo 30 minut (analytik doc. J. Zimák). Detekční limity jsou pro K – 0,5 %, pro U – 1,5 ppm a pro Th – 1,5 ppm.

## 6 TERÉNNÍ ETAPA

Během terénní etapy byly vyhledány a zkoumány jednotlivé zájmové lokality (obr. 6). Nejdříve byla popsána celková terénní situace a spolu s tím vytvořena fotodokumentace lokalit. Dále byly jednotlivé pínky na lokalitách detailně zaměřeny pomocí GPS a z takto získaných dat byly vytvořeny mapy pomocí programu ArcGIS 9.3. V rámci terénního výzkumu proběhla i terénní gamaspektrometrie. Byly měřeny jednotlivé pínky na lokalitě Zákopy a Štůlně. Na lokalitě Štůlně byl ještě změřen profil pole podél lesa (body po 10 m). Výsledky terénní gamaspektrometrie jsou pro přehlednost diskutovány společně s výsledky laboratorních měření v kapitole 7.6. Nakonec byly odebrány vhodné vzorky žiloviny, popř. i horniny pro studium v laboratoři.



**Obr. 6** Bližší lokalizace dílčích zájmových lokalit v okolí Hor. Červeně je vyznačen výřez map zaměřených piněk uvedených v následujících podkapitolách. Zeleně je vyznačena přibližná poloha lokality Malý Štítek (vytvořeno pomocí programu ArcGIS, podkladová data převzata z geoportálu Cenia).

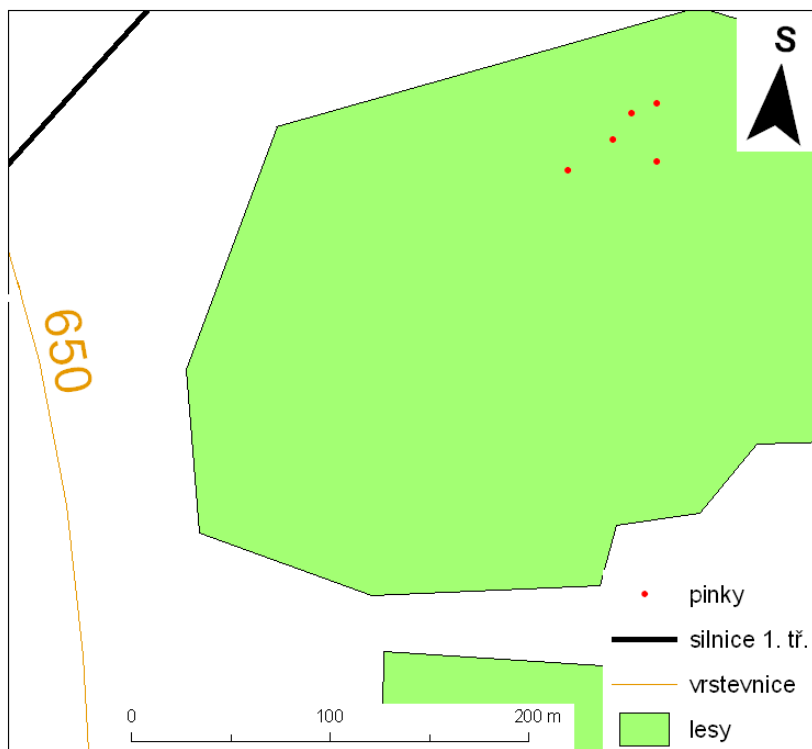
## 6.1 Hory – Štůlně

Jedná se o komplex piněk nacházejících se přibližně 0,5 km na V od Hor (vpravo od cesty do Předína). Tento komplex leží v lese patřícím do katastru obce Předín a součástí lokality je i přilehlé pole mezi silnicí Hory-Předín a předínským lesem.

Pinky jsou značně zarostlé a porostlé kořenovým systémem stromů, což ztěžuje odběr vzorků. Jsou kruhové s odvalem po obou nebo jedné straně (obr. 7). Průměrná hloubka piněk je 2 m a průměr 8 m. Pouze jedna pinka byla výrazně větší (průměr 10 m, hloubka 3 m). Na poli se nachází kusy zlatonosného okrově zbarveného křemene (žiloviny) vzácně s makroskopicky viditelným zlatem. Bylo zaměřeno celkem 5 piněk (obr. 8). Z pole bylo odebráno množství vzorků křemenné žiloviny.



**Obr. 7** Kruhové pinky v lese (Štůlně).



**Obr. 8** Mapa zaměřených pinek z lokality Štůlně (vytvoreno pomocí programu ArcGIS, podkladová data převzata z geoportálu Cenia).

## 6.2 Hory – Malý Štítek

Tato lokalita se nachází přibližně 350 m na VJV od okraje Hor (u předínského lesa). Jedná se o pole bez dnes rozpoznatelných stop po dolování. Na okraji lesa byl odebrán pouze jeden vzorek křemenné žiloviny s kvarcitem a s makroskopicky pozorovatelným pyritem.

## 6.3 Hory – Zákopy

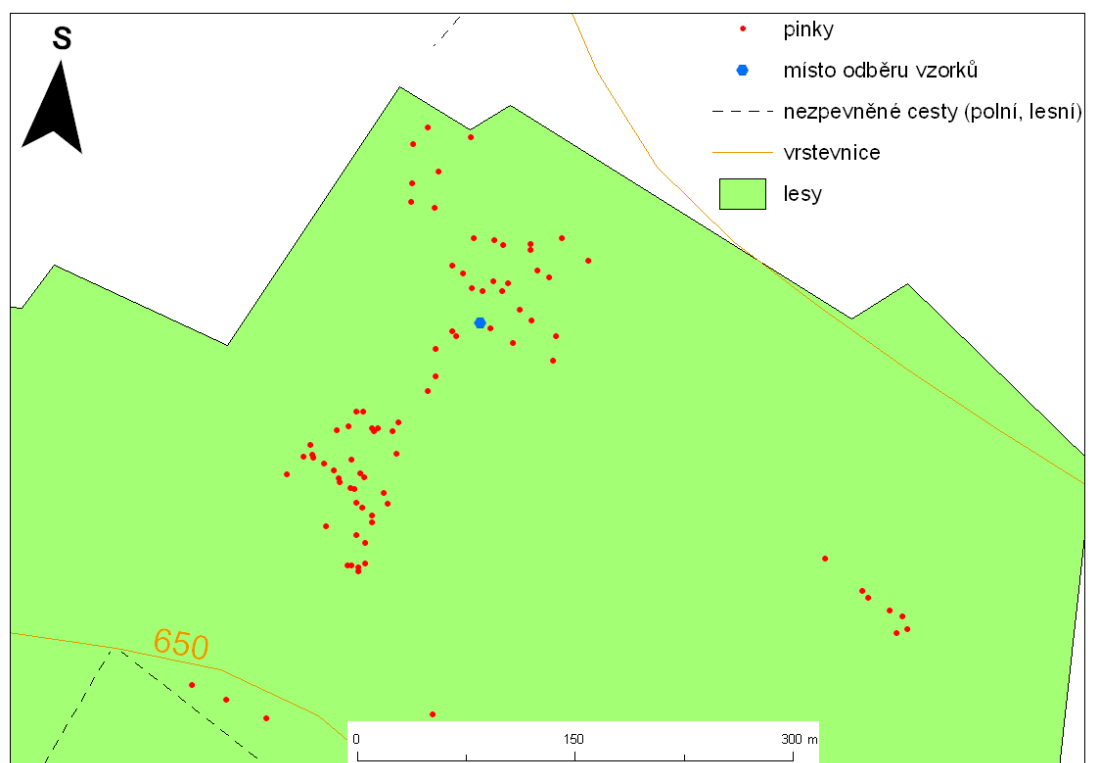
Zákopy se nacházejí v lese jižně od Hor vzdáleném přibližně 1 km od obce. Jedná se o plochu pokrytou pinkami ležící v katastru obce Předín a Želetava.

Hloubka pinek se pohybuje v rozmezí 0,5-2 m a průměr v rozsahu 2-8 m (nejčastěji kolem 4,5 m). Pinky jsou zaneseny dřevem a hrabankou, některé jsou téměř zcela zavezeny opadem. Jsou kruhové a odval se nachází okolo celé pinky (obr. 9). Celkem bylo zaměřeno přibližně 80 pinek. Z následně sestavené mapy (obr. 10) je dobře patrný hlavní směr tahů pinek a to směr SZ-JV, což je ve shodě se směrem křemenných žil, které byly předmětem těžby. Z odvalu jedné pinky při okraji lesa nalevo od cesty byl odebrán sypký vzorek s obsahem přepálené křemenné žiloviny. Dále byly odebrány

kusy šedého jemnozrnného kvarcitu s žilkami bílého průhledného křemene z pinek na opačné straně cesty.



**Obr. 9** Pozůstatky po těžbě zlata na lokalitě Zákopy (pinky).



**Obr. 10** Mapa zaměřených pinek z lokality Zákopy (vytvořeno pomocí programu ArcGIS, podkladová data převzata z geoportálu Cenia).



## 7 LABORATORNÍ ČÁST

### 7.1 Charakteristika okolních hornin

V prostoru všech lokalit nebyl nalezen žádný výchoz okolních hornin. Lze zde pouze nalézt kusy silně alterované horniny (pravděpodobně rula) a na Zákopech také hojně kvarcit. Kvarcit je světle šedý, jemnozrný a má granoblastickou strukturu. Makroskopicky lze pozorovat puklinky vyplněné limonitem, žilky bílého křemene (mocnost až 1 cm) a dutinky s drúzami průhledného bezbarvého křemene. Ve výbrusu je dobře patrná granulace křemene, jenž vlivem tlakového postižení zháší undulózně. Křemen je xenomorfně omezen. Místy lze v kvarcitu pozorovat lupínky nebo šupínky muskovitu i velmi jemnozrný muskovit, tzv. sericit, s limonitem. Oválná nebo sloupečkovitá nezonální zrna tvoří zirkon, jenž je omezen xenomorfně. Bylo pozorováno i narůstání mladšího zirkonu na starší zrno (zonálnost).

### 7.2 Charakteristika žiloviny

Byla studována žilovina z lokality Štůlně a Zákopy, která je tvořena převážně křemenem (obr. 11).



**Obr. 11** Makrofotografie křemenné žiloviny ze Štůlní (vlevo); makrofotografie křemenných žilek v kvarcitu ze Zákopů (vpravo).

Typický žilný křemen ze Štůlní je oranžově až okrově zbarvený, místy přechází do bílého křemene. Je celistvý a má mastný lesk. Jsou na něm místy makroskopicky pozorovatelné žilky limonitu, popř. žilky bílého až bezbarvého křemene. Dále lze v žilovině najít poměrně časté útržky hornin.



Na lokalitě Zákopy je žilný křemen bílý až bezbarvý a průhledný. Tvoří v okolním kvarcitu žilky o mocnosti řádově X mm až 1 cm.

### **7.3 Charakteristika minerálů**

Při mikroskopickém studiu výbrusů a při studiu na elektronové mikrosondě byly v žilovině objeveny kromě zlata také další minerály. Z rudních minerálů se nejhojněji vyskytuje pyrit, dále zde byl stanoven i akantit (pro nepatrnou velikost nebyl ovšem analyzován), galenit a blíže neurčená fáze NiAsS. Ze supergenních minerálů se zde vyskytují baryt a limonit. Z dalších minerálů byly objeveny a analyzovány monazit, xenotim a zirkon. Součástí poměrně častých útržků alterovaných hornin jsou také slídy. Ve slídách se místy vyskytuje jemně jehlicovitý (díky tomu na mikrosondě neanalyzovatelný) rutil (sagenit). Dalším minerálem, který byl popsán a analyzován, je turmalín. Byly také objeveny drobné jehličky v muskovitu různého uspořádání. Mohlo by se pravděpodobně jednat o sillimanit (nebyl analyzován na mikrosondě). Dále byl charakterizovaný šupinkovitý fylosilikát, jenž je na štěpných trhlinách a okrajích zrn povlečen limonitem. Mohlo by se jednat o baueritizovaný biotit. Podle analýzy daná fáze ovšem odpovídá spíše muskovitu pigmentovanému limonitem.

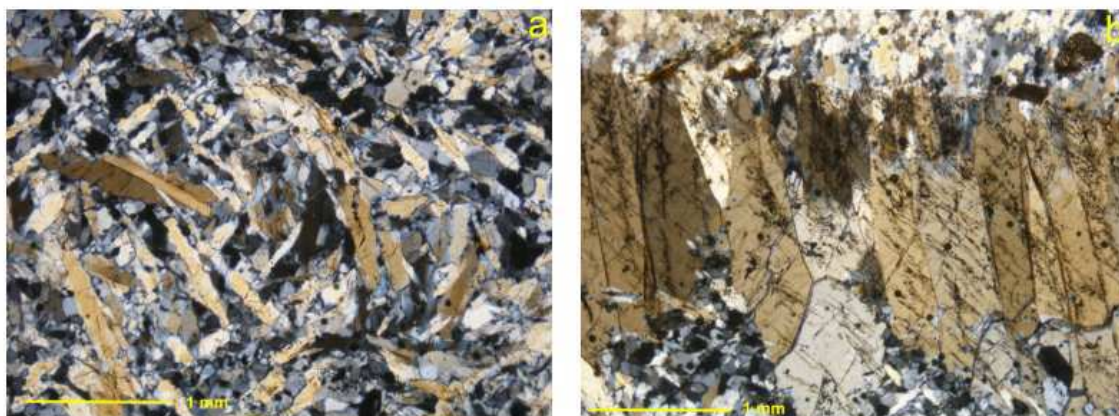
#### **7.3.1 Křemen**

Ve výbrusu je žilný křemen ze Štůlní jemnozrnný, občas se však vyskytují i hrubozrnnější domény (obr. 12). Křemen je omezen hypautomorfně až xenomorfně a tvoří převážně izometrická zrna. Místy lze pozorovat domény se zrny výrazně protaženými jedním směrem. Zrna zháší jednotně. Křemenná žilovina někdy obsahuje útržky okolní alterované horniny. Zřídka se vyskytující dutinky v žilovině (lemované automorfně ukončenými krystaly křemene) jsou někdy zcela vyplněny mladším zlatem, popř. s pyritem, jindy jsou prázdné.



**Obr. 12** Žilný křemen ze Štůlní ve výbruse (XPL) – hrubozrnnější i jemnozrnnější partie.

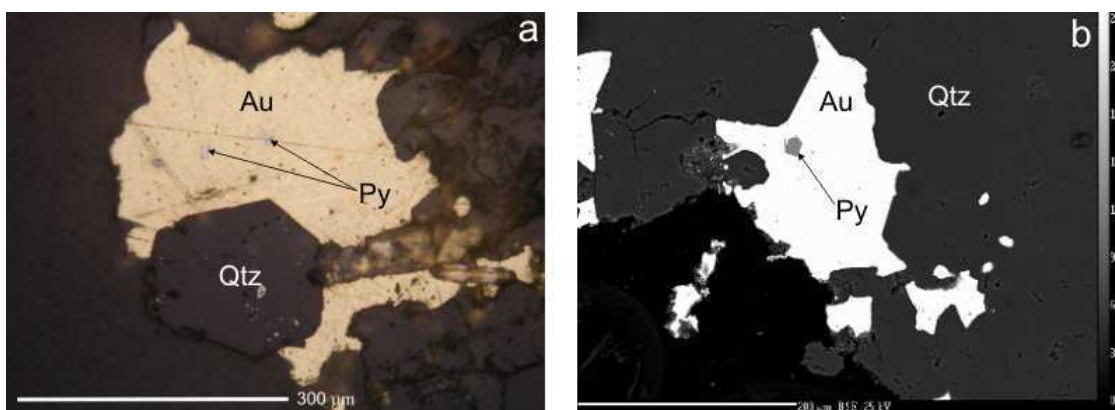
Na Zákopech je okraj žilky tvořen protáhlými zrny křemene, která jsou paralelně uspořádána. Střed žilky je vyplněn jemnozrnným izometrickým křemenem (obr. 13). Křemen má hypautomorfní omezení a většina zrn zháší jednotně. Vzácně lze pozorovat undulózní zhášení, které je jinak typické pro křemen okolního kvarcitu. V jemnozrnném křemeni jsou nepravidelně rozmístěna prizmatická zrna křemene, jež jsou různě orientována (nejeví žádné přednostní uspořádání).



**Obr. 13** Křemenná žilovina ze Zákopů ve výbruse. a – střed žilky tvořený jemnozrnným křemenem s nepravidelně rozmístěnými protáhlými zrny křemene (XPL). b – okraj žilky tvořený protaženými zrny křemene (XPL).

### 7.3.2 Zlato

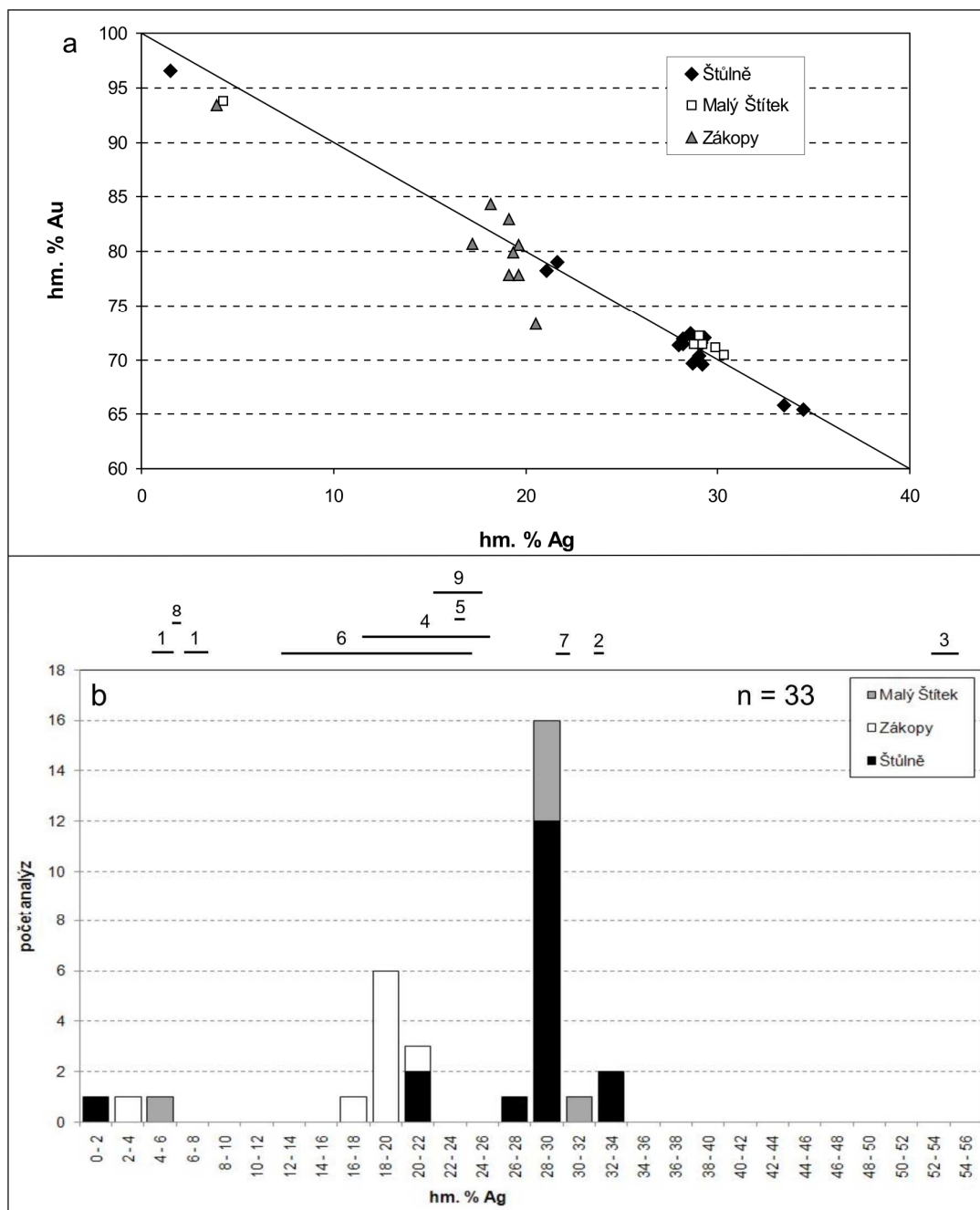
Primární zlato je světle žluté barvy. Je nezonální a značně porézni. Jedná se o mladší minerál vyplňující zřídka se vyskytující dutinky v křemenu, o čemž svědčí automorfní omezení křemene vůči zlatu (obr 14). Místy je křemen korodován zlatem. Průměrná velikost zlata na Zákopech je 0,5 mm, výjimečně až 1,5 mm. Na lokalitě Štůlně je průměrná velikost zlata menší (okolo 0,2 mm). Velmi vzácně se nachází i zlato o velikosti větší než 2 mm. Zlato obsahuje inkluze pyritu (obr. 14), místy i inkluze ryzějšího zlata (Štůlně) nebo žilky čistého zlata (Malý Štítek). Inkluze pyritu se ve větším množství vyskytují ve zlatě ze Zákopů.



**Obr. 14** Zlato. a – zlato s inkluzemi pyritu v asociaci s automorfně omezeným křemem (Zákopy; v odraženém světle). b – zlato vyplňující dutinku v křemenu, inkluze pyritu (Štůlně, BSE).

Chemické složení primárního zlata z námi studované oblasti nebylo doposud podrobněji zkoumáno. V rámci této práce byly analyzovány vzorky ze všech dílčích lokalit (zlato z žilného křemene ze Štůlní a Malého Štítku a zlato z přepáleného žilného křemene z odvalu pinky ze Zákopů). Z analýz jednoznačně vyplývá, že zlato z Hor obsahuje 17,3–34,4 hm. % Ag (obr. 15). Zlato ze Štůlní obsahuje 21,1–34,4 hm. % Ag. Na této lokalitě se dále ojediněle vyskytuje ryzější zlato v podobě inkluzí (1,5 hm. % Ag; tab. 1). Na lokalitě Malý Štítek je obsah Ag 28,8–30,3 hm. %. Stejně jako na předchozí lokalitě se vyskytuje i zde zlato s vyšší ryzostí, tentokrát však v podobě žilek (4,2 hm. % Ag; tab. 1). Na poslední lokalitě Zákopy obsahuje zlato 17,3–20,5 hm. % Ag. Jediný vzorek z této lokality měl obsah stříbra výrazně nižší (3,9 hm. %; tab. 1).

Byly analyzovány i další prvky (Cu, Ni, Zn, Hg, Sb, Bi), jejichž obsahy jsou buď pod 0,1 hm. %, nebo pod mezí stanovitelnosti. Pouze jedna zlatinka měla zvýšený obsah Hg, a to 0,12 hm. % Hg (Štůlně; tab. 1).



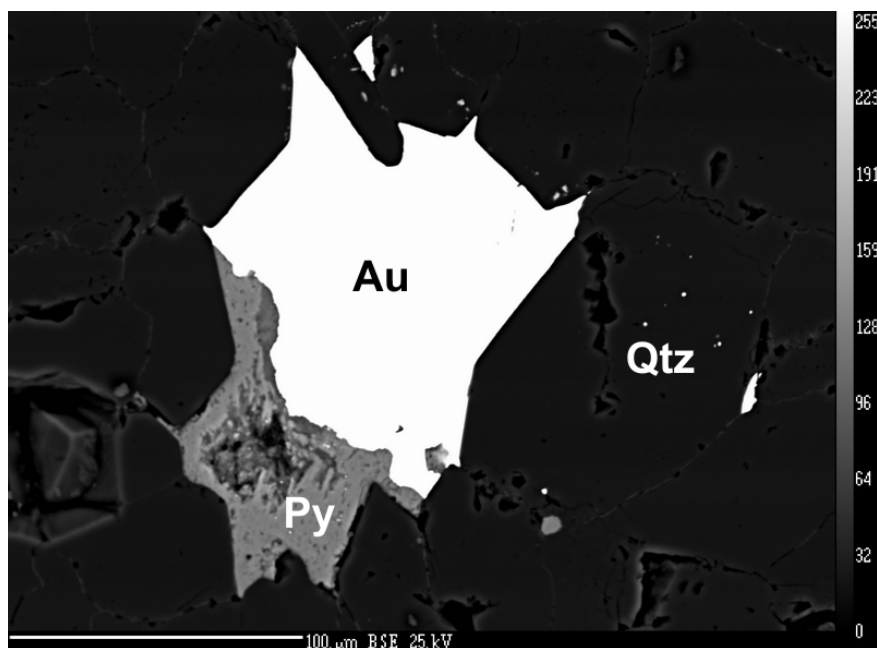
**Obr. 15** Chemismus zlata. a – graf korelace obsahu Au-Ag; linie vyjadřuje ideální zastupování Au a Ag. b – histogram obsahu Ag; úsečky vyjadřují srovnávací data z lokalit v širším okolí Hor převzatá z literatury: 1. Orlík u Humpolce (Morávek et al. 1992), 2. Roudný (Morávek et al. 1992), 3. Dobrá Voda u Rudolfova (Morávek et al. 1992), 4. Rozsypové zlato u Zlaténky (Morávek et al. 1992), 5. Hory – Štůlně (Pertoldová 1988), 6. Hory – Zákopy (Malec 1988), 7. Hory – Štůlně (Houzar et al. 2007), 8. Zlaténka (Litochleb et al. 2004), 9. Písecko (Morávek et al. 1992).

Lokalita	Štůlně			Zákopy			Malý Štítek	
	5/1.	7/1.	9/1.	18/1.	14/1.	15/1.	1/1.	4/1.
Ag	34,44	27,95	21,67	1,53	3,91	19,15	4,23	29,04
Au	65,42	71,30	78,99	96,51	93,42	77,78	93,80	72,26
Bi	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,09	0,02	0,08
Cu	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00
Hg	0,00	0,12	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04
Celkem	99,87	99,37	100,72	98,09	97,34	97,05	98,06	101,42

**Tabulka 1** Chemismus zlata (WDX analýzy v hm. %).

### 7.3.3 Pyrit

Jediným relativně hojným rudním minerálem mimo zlato je pyrit, který se nachází jako inkluze ve zlatě nebo vyplňuje dutinky v křemenu spolu se zlatem (obr. 16). Jako inkluze ve zlatě tvoří nepravidelná zrna nebo je omezen vlastními krystalovými plochami. Neobsahuje inkluze jiných minerálů. Je nezonální a bývá zatlačován limonitem. Větší množství inkluzí pyritu je charakteristické pro zlato ze Zákopů.



**Obr. 16** Limonitizovaný pyrit vyplňující dutinku křemene spolu se zlatem (Štůlně, BSE).

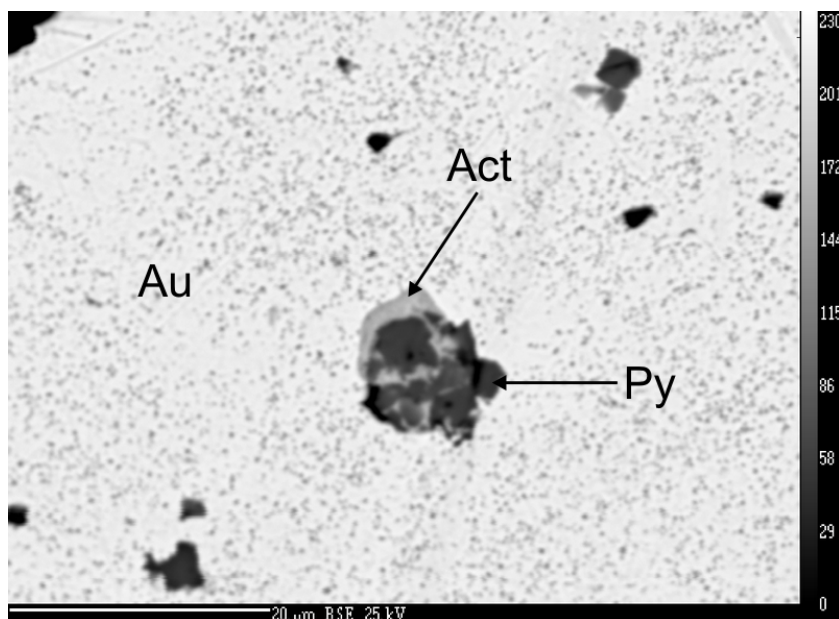
Chemické složení pyritu je na všech lokalitách stejné bez významnějších příměsí. Obsah As je pod 0,53 hm. % nebo pod mezí stanovitelnosti. Nejvíce As je v pyritu z lokality Zákopy (tab. 2). Další analyzované prvky (Ni, Co, In, Mn, Zn, Cd) jsou na hranici nebo pod mezí stanovitelnosti mikrosondy.

Lokalita	Štůlně	Malý Štítek		Zákopy		
		8/1.	10/1.	11/1.	12/1.	13/1.
Fe		46,22	46,83	46,81	46,46	45,87
Cu		0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
Ag		0,08	0,02	0,00	0,00	0,02
Se		0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
As		0,00	0,19	0,35	0,15	0,53
S		53,09	52,60	52,30	52,71	52,31
Celkem		99,42	99,64	99,48	99,33	98,75
Fe		0,999	1,021	1,025	1,011	1,002
Cu		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag		0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Catsum		1,000	1,021	1,025	1,011	1,003
Se		0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
As		0,000	0,003	0,006	0,002	0,009
S		1,999	1,997	1,994	1,998	1,991
Ansum		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000

**Tabulka 2** Chemismus pyritu (WDX analýzy v hm. %, koeficienty empirického vzorce přepočteny na 2 anionty).

#### 7.3.4 Ostatní rudní minerály

Dalším rudním minerálem, který byl stanoven na lokalitě Zákopy, je akantit vyskytující se v asociaci s pyritem ve zlatě. Obrůstá pyrit a proniká jím po puklinách (obr. 17). Na lokalitě Malý Štítek zlato obsahuje drobné inkluze blíže neurčené fáze NiAsS a inkluze galenitu. Galenit byl také nalezen na lokalitě Zákopy.



**Obr. 17** Akantit obrůstající pyrit a pronikající jím po puklinách (Zákopy, BSE).



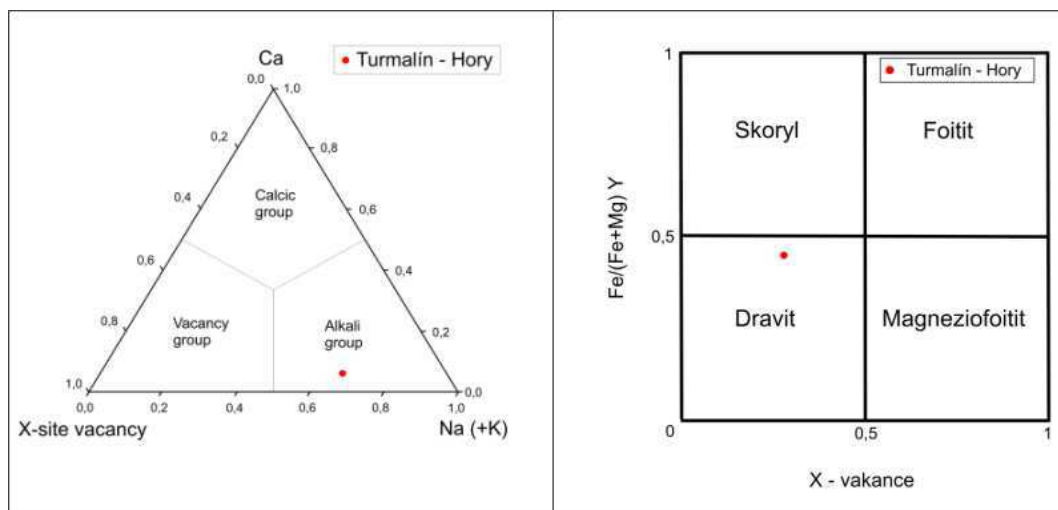
### 7.3.5 Turmalín

Ve výbrusu žíloviny ze Štůlní byl ojediněle nalezen turmalín, který je zonální, světle žlutý až zelenožlutý a hypautomorfně omezený. V těžkém podílu získaném vyryžováním materiálu z odvalu pinky (Zákopy) bylo objeveno neznámé zrno, které bylo později analyzováno na mikrosondě a stanoveno jako turmalín.

Při přepočtu analýzy (tab. 4) na mol. % koncových členů je patrné, že daný turmalín obsahuje dravit (42 mol. %), buergerit (29 mol. %), olenit (24 mol. %) a skoryl (5 mol. %). Dle klasifikace Hawthorna a Henryho (1999) se jedná o alkalický turmalín (obr. 19). Z výše uvedených mol. % a z klasifikačního diagramu (Uher et al. 2006; obr. 19) vyplývá, že se konkrétně jedná o dravit.

Lokalita	Zákopy (pinka) 29/1.		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	P <sup>5+</sup>	0,002
SiO <sub>2</sub>	35,98	Si <sup>4+</sup>	5,905
TiO <sub>2</sub>	0,95	Ti <sup>4+</sup>	0,118
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,99	Al <sup>3+</sup>	6,768
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	V <sup>3+</sup>	0,006
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	Cr <sup>3+</sup>	0,001
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,68	Fe <sup>3+</sup>	0,825
MgO	4,85	Mg <sup>2+</sup>	1,186
CaO	0,36	Ca <sup>2+</sup>	0,063
MnO	0,15	Mn <sup>2+</sup>	0,021
FeO	1,14	Fe <sup>2+</sup>	0,157
CuO	0,03	Cu <sup>2+</sup>	0,004
ZnO	0,07	Zn <sup>2+</sup>	0,008
Na <sub>2</sub> O	2,03	Na <sup>+</sup>	0,645
K <sub>2</sub> O	0,04	K <sup>+</sup>	0,009
F	0,10	Catsum	15,718
Cl	0,00	F	0,052
Celkem	87,44	Cl	0,000
		O	24,448
		Ansum	24,500

**Tabulka 3** Chemismus turmalínu (WDX analýza v hm. %; vzorce přepočteny na 24,5 atomů F+Cl+O; Fe rozpočítáno za předpokladu, že se suma kationtů bez Ca, Na a K rovná 15).



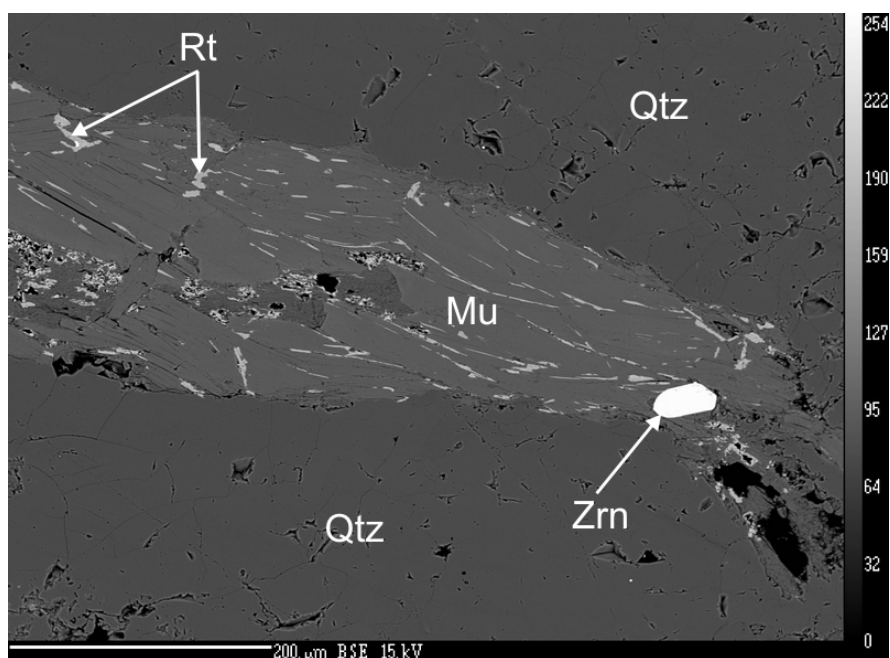
**Obr. 18** Klasifikační diagramy turmalínu (vlevo dle Hawthorna a Henryho 1999, vpravo dle Uhera et al. 2006).

### 7.3.6 Slídy

V křemeni jsou poměrně časté útržky alterované horniny s lištami nebo šupinkami slídy (obr. 20). Slída obsahuje jehlicovité agregáty rutilu, monazit (Štůlně) a zirkon (Malý Štítek).

Slídy mají ve všech případech relativně nižší obsah K (8,2-10,3 hm. %  $K_2O$ ). Obsah  $MgO$  je v rozsahu 0,6-1,6 hm. %, přičemž vyšších hodnot dosahuje na lokalitě Štůlně (tab. 5). Dále bylo na všech lokalitách ve významnějším množství stanoveno Fe (0,5-2,9 hm. %). Na lokalitě Malý Štítek se navíc vyskytují Ti (1,5-2,1 hm. %  $TiO_2$ ) a Na (0,4-0,5 hm. %  $Na_2O$ ). Bylo analyzováno celkem 9 vzorků slíd. Dle klasifikace Riedera et al. (1998) bylo 7 z nich stanoveno jako illit, pouze 2 jako muskovit (analýzy č. 39/1. a 41/1.; obr. 21).



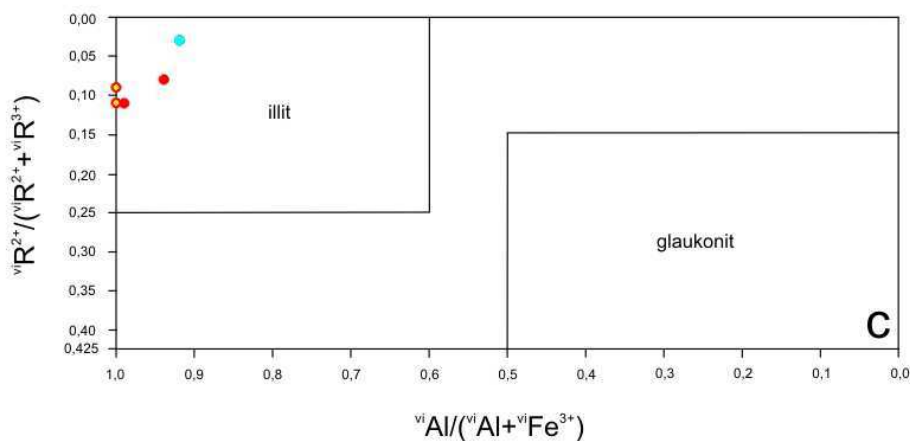
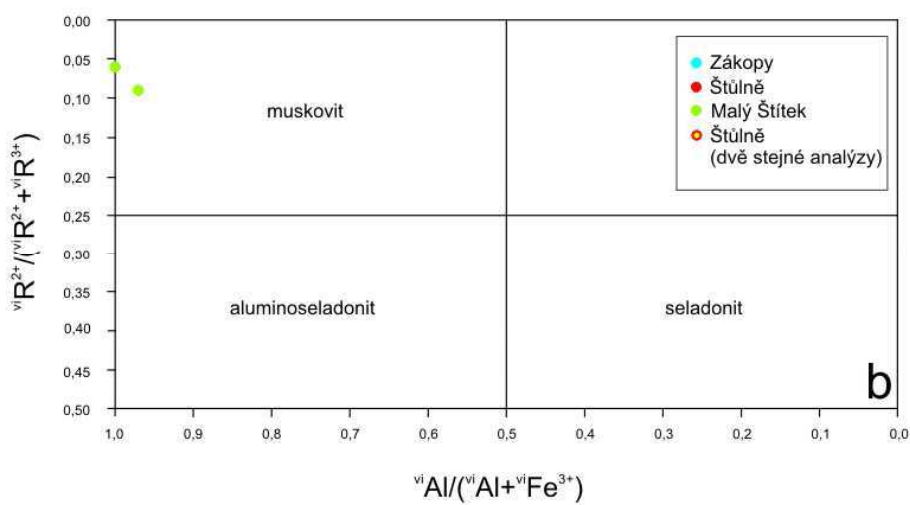
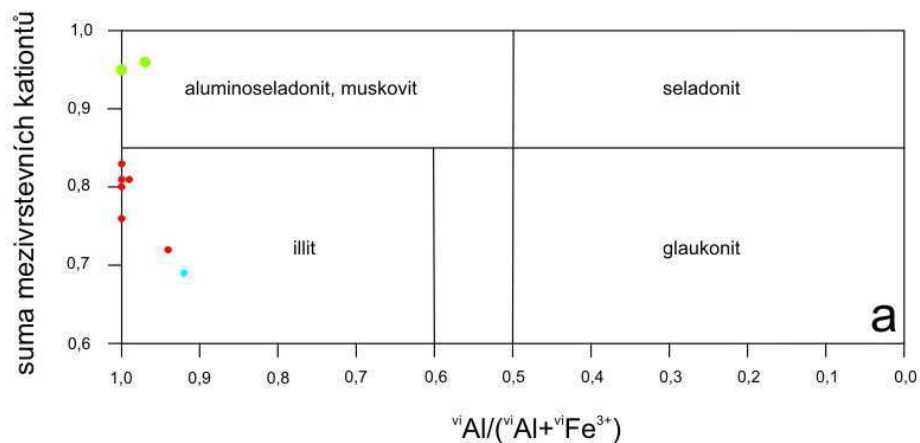


**Obr. 19** Jemně šupinkovitý muskovit s jehlicovitým rutilem a zrnem zirkonu v křemeni (Malý Štítek, BSE).

Lokalita	Štůlně					Zákopy		Malý Štítek		Štůlně
	22/1.	23/1.	25/1.	26/1.	27/1.	32/1.	39/1.	41/1.	42/1.	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,27	0,03	0,00	0,05	
SiO <sub>2</sub>	49,68	50,33	50,44	49,91	50,33	50,27	40,47	45,46	50,22	
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,11	0,05	0,13	0,14	0,00	1,49	2,05	0,07	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,37	32,64	32,84	32,23	32,49	34,42	30,58	34,41	31,97	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,05	0,03	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,52	0,00	0,00	0,00	0,10	3,21	0,84	0,00	2,40	
MgO	1,42	1,41	1,38	1,61	1,60	0,71	0,69	0,62	1,35	
CaO	0,07	0,11	0,12	0,12	0,13	0,23	0,07	0,00	0,08	
MnO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	
FeO	1,30	0,54	0,89	1,22	1,21	0,00	1,41	0,80	0,61	
NiO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	
ZnO	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	
BaO	0,05	0,05	0,02	0,06	0,07	0,03	0,32	0,24	0,06	
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08	0,37	0,50	0,03	
K <sub>2</sub> O	9,51	9,48	9,46	9,72	8,95	8,15	9,42	10,31	8,55	
F	0,32	0,36	0,33	0,37	0,39	0,19	0,17	0,12	0,39	
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	
Celkem	95,37	95,18	95,60	95,44	95,54	97,59	85,95	94,57	95,85	
P <sup>5+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,015	0,002	0,000	0,003	
Si <sup>4+</sup>	3,259	3,285	3,281	3,268	3,273	3,199	3,014	3,048	3,262	
Ti <sup>4+</sup>	0,002	0,005	0,002	0,006	0,007	0,000	0,084	0,104	0,003	
Al <sup>3+</sup>	2,502	2,511	2,518	2,487	2,491	2,582	2,685	2,719	2,448	
Cr <sup>3+</sup>	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	
Fe <sup>3+</sup>	0,026	0,000	0,000	0,000	0,005	0,154	0,047	0,000	0,117	

Mg <sup>2+</sup>	0,139	0,137	0,134	0,158	0,155	0,067	0,077	0,062	0,131
Ca <sup>2+</sup>	0,005	0,008	0,008	0,008	0,009	0,016	0,006	0,000	0,006
Mn <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,071	0,029	0,048	0,067	0,066	0,000	0,088	0,045	0,033
Ni <sup>2+</sup>	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002
Ba <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,009	0,006	0,001
Na <sup>+</sup>	0,009	0,010	0,009	0,007	0,007	0,009	0,053	0,065	0,004
K <sup>+</sup>	0,796	0,789	0,785	0,812	0,743	0,662	0,895	0,882	0,709
Catsum	6,811	6,780	6,786	6,814	6,761	6,705	6,963	6,935	6,720
F	0,067	0,073	0,069	0,077	0,081	0,038	0,041	0,025	0,080
Cl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,003	0,001	0,004
O	10,933	10,927	10,931	10,923	10,919	10,958	10,956	10,974	10,916
Ansum	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000

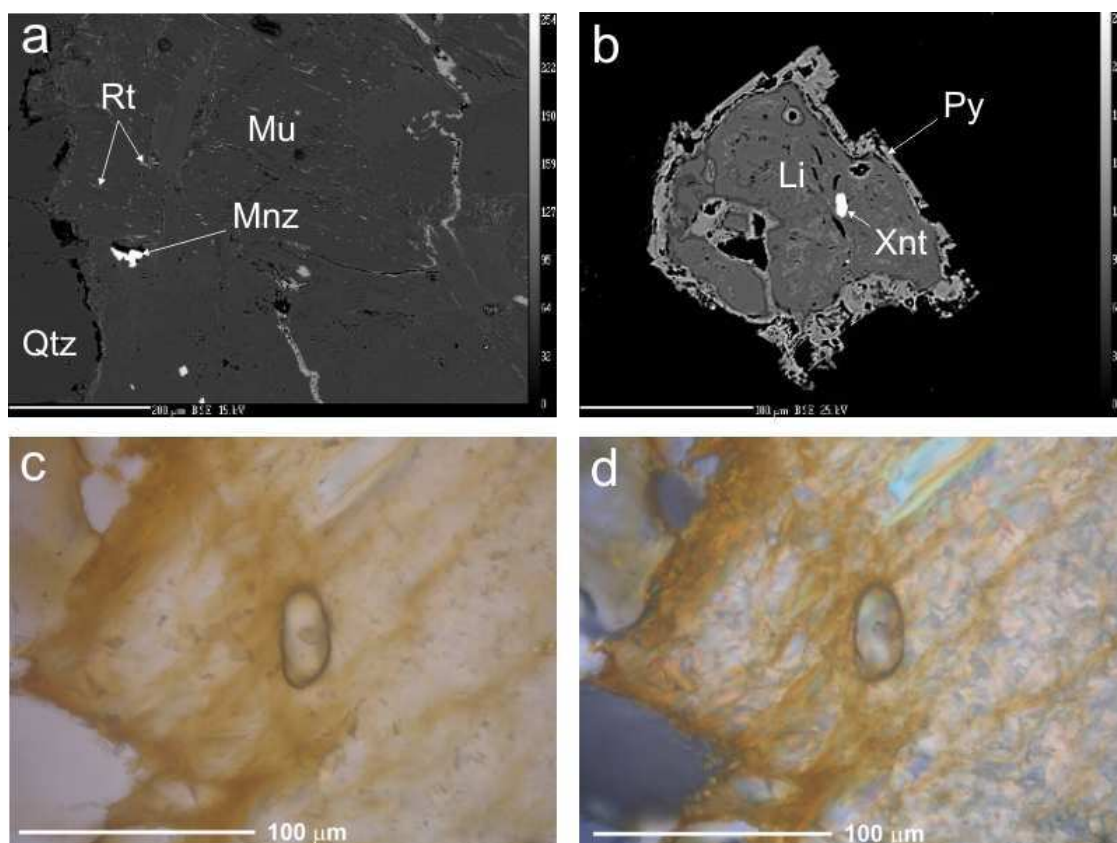
**Tabulka 4** Chemismus slíd (WDX analýzy, v hm. %; vzorce přepočteny na 11 atomů F+Cl+O; Fe rozpočítáno za předpokladu, že suma kationtů bez Ca, Ba, Na a K se rovná 6).



**Obr. 20** Klasifikační diagram slíd (převzato a upraveno podle Riedera et al. 1998). a – pohled z boku na 3D diagram. b – pohled shora na 3D diagram (suma mezivrstevních kationtů nad 0,85). c – pohled shora na 3D diagram (suma mezivrstevních kationtů pod 0,85).

### 7.3.7 Monazit, xenotim, zirkon

Monazit tvoří nepravidelná zrna v muskovitu (Štůlně, obr. 22a), ale také v pyritu, který je zatlačován limonitem (Malý Štítek). Zirkon tvoří oválná nebo sloupečkovitá zrna a mimo muskovitu (Štůlně, obr. 22c,d) ho lze také nalézt v limonitu (Zákopy). Je zonální i nezonální. V limonitizovaném pyritu (Štůlně) byla také zjištěna oválná zrna xenotimu (obr. 22b), který byl také stanoven a analyzován na lokalitě Malý Štítek.



**Obr. 21** Monazit, xenotim a zirkon z Hor. a – jemně šupinkovitý muskovit s jehlicovitým rutilem a zrnem monazitu v křemeni (BSE, Štůlně). b – limonitizovaný pyrit se zrnem xenotimu (BSE, Štůlně). c – oválné zrno zirkonu v sericitu ve výbruse (Štůlně, PPL). d – oválné zrno zirkonu v sericitu ve výbruse (Štůlně, XPL).

Vzhledem k převaze Ce (26,0-28,3 hm. %  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ ) nad La (12,2-13,9 hm. %  $\text{La}_2\text{O}_3$ ) a Nd (11,1-11,4 hm. %  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ) lze monazit klasifikačně označit jako monazit-(Ce) (tab. 6). Dále obsahuje Th (4,0-4,2 hm. %  $\text{ThO}_2$ ), které je vázáno jak v huttonitové, tak i brabantitové komponentě. Při přepočtu na mol. % vychází velmi výrazná převaha monazitu (94,5 a 94,7 mol. %) a jen nepatrné množství huttonitu (3,1 a 1,7 mol. %) a brabantitu (2,4 a 3,6 mol. %). Zirkon obsahuje ve větším množství pouze Hf (1,2-1,7 hm. %  $\text{HfO}_2$ ; tab. 6) a na lokalitě Zákopy také Fe (1,1 hm. % FeO). Xenotim-(Y) obsahuje ve významnějším množství prvky těžších vzácných zemin, které zastupují

v jeho struktuře Y (tab. 6). Jedná se o Gd (1,7-2,0 hm. %  $Gd_2O_3$ ), Dy (5,4-5,7 hm. %  $Dy_2O_3$ ), Ho (1,1 hm. %  $Ho_2O_3$ ), Er (4,0-4,8 hm. %  $Er_2O_3$ ), Yb (5,1-6,7 hm. %  $Yb_2O_3$ ) a Lu (1,1-1,4 hm. %  $Lu_2O_3$ ). Dále obsahuje 1,5-3,9 hm. % FeO.

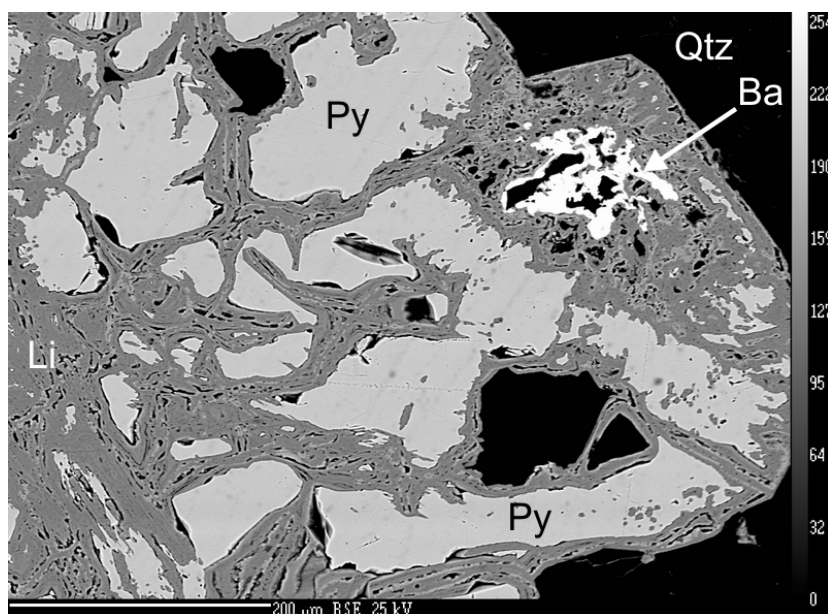
Lokalita	monazit		xenotim		zirkon		Malý Štítek 36/1.
	Štůlně 24/1.	Malý Štítek 37/1.	Malý Štítek 35/1.	Štůlně 43/1.	Štůlně 21/1.	Zákopy 31/1.	
$P_2O_5$	30,71	31,29	34,55	36,83	0,02	0,01	0,10
$As_2O_5$	0,06	0,06	0,00	0,00	0,03	0,05	0,03
$SiO_2$	0,36	0,19	1,00	0,00	32,32	32,42	31,60
$ZrO_2$					66,12	65,64	64,26
$HfO_2$					1,62	1,67	1,23
$ThO_2$	4,00	4,24	0,11	0,02	0,00	0,00	0,06
$UO_2$	1,13	1,35	3,58	0,35	0,00	0,07	0,03
$Al_2O_3$	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
$Sc_2O_3$	0,01	0,00			0,02	0,02	0,01
$Y_2O_3$	1,21	2,62	36,85	41,35	0,00	0,00	0,22
$La_2O_3$	13,87	12,24	0,04	0,00			
$Ce_2O_3$	28,33	25,95	0,12	0,10			
$Pr_2O_3$	3,06	2,84	0,00	0,09			
$Nd_2O_3$	11,37	11,08	0,51	0,35			
$Sm_2O_3$	2,07	2,25	0,54	0,45			
$Eu_2O_3$	0,15	0,00					
$Gd_2O_3$	1,25	1,81	1,98	1,71			
$Dy_2O_3$	0,41	0,91	5,71	5,37			
$Ho_2O_3$			1,08	1,07			
$Er_2O_3$	0,10	0,20	3,96	4,81			
$Yb_2O_3$			5,06	6,69	0,00	0,00	0,01
$Lu_2O_3$			1,14	1,42			
$Bi_2O_3$					0,04	0,05	0,07
CaO	0,89	1,14	0,90	0,08	0,01	0,02	b.d.
FeO	0,03	0,21	1,47	3,85	0,17	1,09	0,06
SrO	0,03	0,02					
PbO	0,10	0,13	0,42	0,32			
F			0,17	0,06	0,00	0,00	0,00
Celkem	99,15	98,52	99,25	104,91	100,35	101,13	97,68
$P^{5+}$	1,008	1,020	0,985	0,997	0,000	0,000	0,003
$As^{5+}$	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
$Si^{4+}$	0,014	0,007	0,034	0,000	0,992	0,990	0,994
$Zr^{4+}$					0,990	0,997	0,986
$Hf^{4+}$					0,014	0,015	0,011
$Th^{4+}$	0,035	0,037	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
$U^{4+}$	0,010	0,012	0,027	0,002	0,000	0,000	0,000
$Al^{3+}$	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
$Sc^{3+}$	0,000	0,000			0,000	0,001	0,000
$Y^{3+}$	0,025	0,054	0,660	0,703	0,000	0,000	0,004

La <sup>3+</sup>	0,198	0,174	0,001	0,000			
Ce <sup>3+</sup>	0,402	0,366	0,002	0,001			
Pr <sup>3+</sup>	0,043	0,040	0,000	0,001			
Nd <sup>3+</sup>	0,157	0,152	0,006	0,004			
Sm <sup>3+</sup>	0,028	0,030	0,006	0,005			
Eu <sup>3+</sup>	0,002	0,000					
Gd <sup>3+</sup>	0,016	0,023	0,022	0,018			
Dy <sup>3+</sup>	0,005	0,011	0,062	0,055			
Ho <sup>3+</sup>			0,012	0,011			
Er <sup>3+</sup>	0,001	0,002	0,042	0,048			
Yb <sup>3+</sup>			0,052	0,065	0,000	0,000	0,000
Lu <sup>3+</sup>			0,012	0,014			
Bi <sup>3+</sup>					0,000	0,000	0,001
Ca <sup>2+</sup>	0,037	0,047	0,032	0,003	0,000	0,001	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,001	0,007	0,041	0,103	0,004	0,028	0,002
Sr <sup>2+</sup>	0,001	0,000					
Pb <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0,004	0,003			
Catsum	1,987	1,985	2,001	2,033	2,000	2,034	2,002
F			0,018	0,006	0,000	0,000	0,000
O	4,000	4,000	3,982	3,994	4,000	4,000	4,000
Ansum	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

**Tabulka 5** Chemismus monazitu, xenotimu a zirkonu (WDX analýzy v hm. %, vzorce přepočteny na 4 atomy O+F, v případě monazitu na 4 atomy O).

### 7.3.8 Supergenní minerály

Ze supergenních minerálů se v žilovině vyskytuje zejména běžný limonit (obr. 18). Limonit tvoří žilky, příp. zatlačuje pyrit. Je místy zonální. Na lokalitě Malý Štítek se vyskytuje baryt supergenního původu v asociaci s pyritem, jenž je zatlačován limonitem. Baryt tvoří nepravidelná zrna a je značně porézní.



**Obr. 22** Baryt v limonitu; limonit zatlačuje pyrit (Malý Štítek, BSE).

Baryt obsahuje jen malou izomorfní příměs Sr (maximálně 0,19 hm. % SrO; tab. 3). Zvýšený obsah v porovnání s ostatními prvky má Al (až 0,5 hm. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Ca (až 0,6 hm. % CaO) a Fe (až 1,4 hm. % FeO).

Lokalita	Malý Štítek		
	33/1.	34/1.	38/1.
SO <sub>3</sub>	33,90	34,80	33,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,46	0,43	0,53
CaO	0,09	0,59	0,00
FeO (tot.)	0,61	1,37	0,63
SrO	0,00	0,19	0,16
BaO	64,56	64,67	65,74
Celkem	99,63	102,06	100,84
S	0,985	0,980	0,976
Al	0,021	0,019	0,024
Ca	0,004	0,024	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,020	0,043	0,020
Sr	0,000	0,004	0,004
Ba	0,980	0,950	0,991
Catsum	2,009	2,020	2,015

**Tabulka 6** Chemismus barytu (WDX analýzy v hm. %, přepočteno na 4 atomy kyslíku).

#### 7.4 Chemické složení žiloviny

Chemické složení křemenné žiloviny bylo studováno ve třech vzorcích (v křemenu se zlatem ze Štůlní, v křemenu s pyritem z Malého Štítku a v přepáleném křemenu z pinky ze Zákopů; analýza Štůlně\* byla převzata z Vokáče et al. 2008). V těchto vzorcích byly stanoveny obsahy vybraných stopových prvků (tab. 7).

Z obsahů Ag a Au v žilovině i v samotném zlatu byly vypočítány hmotnostní poměry Ag/Au a byly porovnány v rámci jednotlivých lokalit (tab. 7). U vzorku z Malého Štítku je poměr Ag/Au v žilovině větší (1,3) než v samotném zlatu (průměr 0,35), což by mohlo být způsobeno tím, že Ag je vázáno navíc v námi nezjištěných minerálech obsahujících stříbro. Mohlo by se jednat o galenit (méně pravděpodobná varianta vzhledem k nízkému obsahu Pb v analýze), případně akantit. U vzorku ze Zákopů je poměr Ag/Au v žilovině shodný (0,16) jako v samotném zlatu (0,22). Zbylé dva vzorky nelze posoudit, neboť vždy jeden z prvků byl nad mezí stanovitelnosti.

Ve všech vzorcích byly zjištěny vyšší obsahy Ba a Rb (Ba 96-173 ppm; Rb 22-46 ppm), které se váží ve slídách (muskovit) a Ba také v barytu. Dále měly zvýšené obsahy Cu (10-47 ppm), Zr (24-141 ppm) a W (30 ppm; Štůlně\*). Zvýšený obsah mědi

by mohl být vysvětlen jeho přítomností v pyritu, popř. chalkopyritu (nebyl zjištěn). Na lokalitě Zákopy a Malý Štítek byl objeven zirkon, což by mohlo způsobovat zvýšené obsahy Zr v žilovině. Obsahy dalších těžkých kovů (Bi, Cd, Co, Hg) jsou nízké (pod 1,9 ppm), výjimkou je Pb, které je obsaženo ve struktuře galenitu.

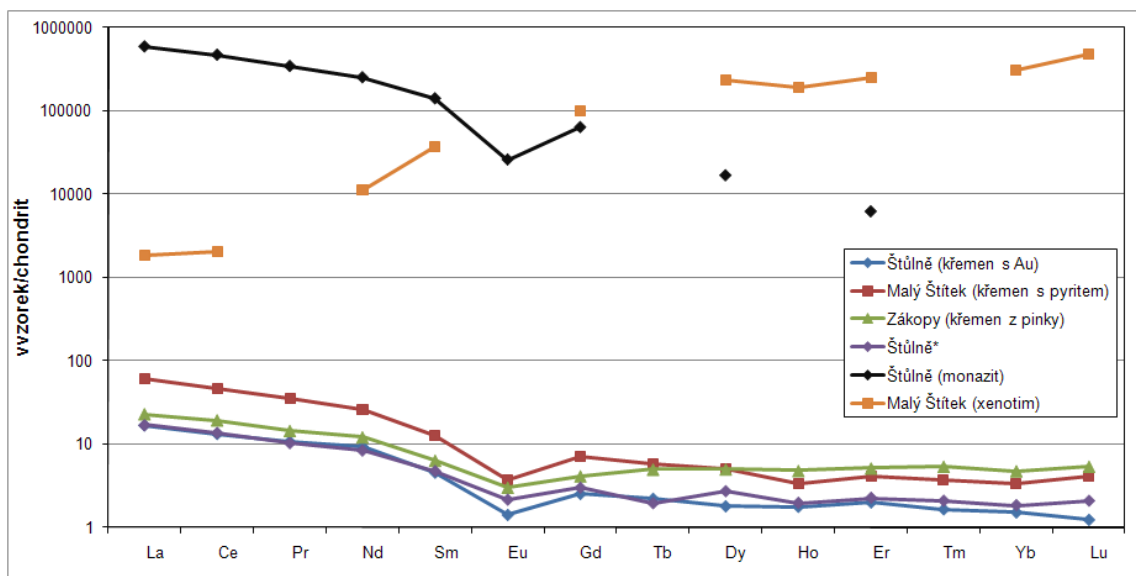
Lokalita	Hory Štůlně*		Hory Štůlně*	Hory Štůlně	Malý Štítek	Zákopy
	hm. %		ppm	ppm	ppm	ppm
<b>SiO<sub>2</sub></b>	95,24	<b>Ag</b>	>100	96,0	0,2	2,3
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,06	<b>As</b>	28,3	26,2	18,5	31,2
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,24	<b>Au</b>	100	>100	0,15	14,7
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		<b>Ba</b>	121	173	96	111
<b>tot</b>	0,85	<b>Be</b>	<1	<1	<1	<1
<b>MnO</b>	0,01	<b>Bi</b>	0,4	0,4	0,2	0,1
<b>MgO</b>	0,06	<b>Cd</b>	0,4	0,1	0,3	0,1
<b>CaO</b>	0,05	<b>Co</b>	<0,5	1,8	1,9	1,9
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,02	<b>Cs</b>	2,8	2,9	3,0	2,2
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,49	<b>Cu</b>	38,7	47,0	15,2	9,6
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,03	<b>Ga</b>	3,3	3,6	5,3	2,4
<b>S</b>	0,10	<b>Hf</b>	0,7	0,7	3,6	1,6
<b>C</b>	0,04	<b>Hg</b>	0,61	0,27	0,02	0,03
<b>Celkem</b>	100,05	<b>Mo</b>	0,2	0,8	0,9	0,7
<b>ztr.žih.</b>	1,00	<b>Nb</b>	1,2	1,2	3,9	0,6
		<b>Ni</b>	2,3	9,8	8,1	5,8
		<b>Pb</b>	27,7	14,0	14,6	8,5
		<b>Rb</b>	32,8	32,7	45,6	22,0
		<b>Sb</b>	1,8	5,1	3,7	6,0
		<b>Sc</b>	1	N.A.	N.A.	N.A.
		<b>Se</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
		<b>Sn</b>	2	3	3	2
		<b>Sr</b>	8,5	11,1	10,9	9,4
		<b>Ta</b>	0,2	0,2	0,8	<0,1
		<b>Th</b>	1,1	1,3	4,5	1,9
		<b>Tl</b>	<0,1	0,2	0,2	0,2
		<b>U</b>	0,4	0,4	1,3	0,8
		<b>V</b>	6	9	<8	<8
		<b>W</b>	30,3	2,2	3,7	1,5
		<b>Y</b>	3,6	2,6	6,0	7,4
		<b>Zn</b>	12	16	37	16
		<b>Zr</b>	26,9	24,1	140,5	59,7
		<b>La</b>	4,0	3,9	14,2	5,4



	<b>Ce</b>	8,3	7,9	28,2	11,7
	<b>Pr</b>	0,92	0,95	3,12	1,29
	<b>Nd</b>	3,8	4,2	11,8	5,5
	<b>Sm</b>	0,70	0,67	1,84	0,94
	<b>Eu</b>	0,12	0,08	0,21	0,17
	<b>Gd</b>	0,59	0,50	1,39	0,82
	<b>Tb</b>	0,07	0,08	0,21	0,18
	<b>Dy</b>	0,66	0,44	1,21	1,22
	<b>Ho</b>	0,11	0,10	0,19	0,27
	<b>Er</b>	0,36	0,32	0,65	0,82
	<b>Tm</b>	0,05	0,04	0,09	0,13
	<b>Yb</b>	0,30	0,25	0,55	0,78
	<b>Lu</b>	0,05	0,03	0,10	0,13
<b>Ag/Au</b>	<b>v</b>				
	<b>žilovině</b>	>1,00	<0,96	1,33	0,16
	<b>ve zlatě</b>		0,38	0,35	0,22

**Tabulka 7** Celková chemická analýza žilného křemene (analýza vzorku Štůlně\* převzata z Vokáče et al. 2008).

Relativně nízký obsah mají REE (suma REE 19-64 ppm). Všechny křivky obsahu REE v žilném křemenu (normalizováno chondritem) vykazují negativní Eu anomálii a obohacení na LREE oproti HREE (obr. 23). Křivka xenotimu je obohacena na HREE, u monazitu je patrné obohacení LREE a negativní Eu anomálie. Variabilita křivek REE u vzorků žiloviny může být způsobena různými obsahy monazitu a xenotimu, jež ve své struktuře váží přednostně LREE, resp. HREE.



**Obr. 23** Graf chondritem normalizovaných křivek REE v křemenné žilovině, monazitu a xenotimu (normalizováno chondritem C1 podle Anderse a Grevesseho 1989).

## 7.5 Fluidní inkluze

Z křemenné žiloviny (Štůlně (2)), z žiloviny s útržky horniny (Malý Štítek (8)), z křemenných žilek v kvarcitu (Zákopy (7,9)) a také z přepálených úlomků křemene z pinky (Zákopy (10)) byly vyhotoveny oboustranně leštěné destičky pro studium fluidních inkluzí. Nejdříve byly inkluze detailně popsány a klasifikovány, následně byly studovány mikrotermometrickou metodou. Byly popsány a změřeny všechny typy inkluzí z hlediska jejich geneze (primární, primárně-sekundární a sekundární).

### 7.5.1 Petrografie inkluzí

Všechny studované vzorky mimo vzorku Zákopy (10) obsahují primární fluidní inkluze nepravidelného tvaru tvořící shluky většího či menšího počtu inkluzí uprostřed nebo na okraji zrn. Dále se mohou vyskytovat i solitérní inkluze v trojrozměrné distribuci (Zákopy, Malý Štítek). Dosahují maximální velikosti 15  $\mu\text{m}$  (výjimečně). Nejčastěji se pohybuje jejich velikost kolem 2  $\mu\text{m}$  a méně. Ve všech vzorcích se vyskytují dva typy primárních inkluzí, a to jednofázové (typ L) a dvojfázové (typ L+V, obr. 24), v nichž kapalná fáze zaujímá 95 obj. %. Ve vzorku z lokality Malý Štítek (8) byla nalezena pouze jedna inkluze typu V+L o velikosti 35  $\mu\text{m}$  (tato však nebyla měřena).

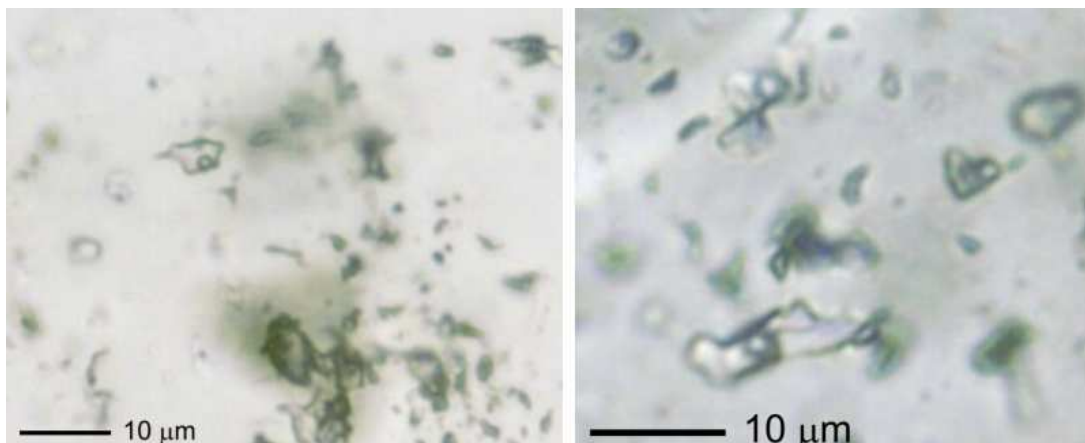
Primárně-sekundární inkluze (Zákopy, Malý Štítek) se nacházejí na puklinách protínající střed zrn. Inkluze mají oválný, nepravidelný nebo měňavkovitý tvar. Jedná se o inkluze typu L+V (kapalná fáze tvoří 90-95 obj. %) o velikosti pod 10  $\mu\text{m}$ .

Na všech studovaných lokalitách byly popsány sekundární inkluze nepravidelného nebo protáhlého tvaru vyskytující se na puklinách, které procházejí celým zrnem, popř. více zrn najednou. Lze pozorovat i křížení řádků sekundárních inkluzí. Dosahují velikosti do 16  $\mu\text{m}$ . Jsou to dvojfázové inkluze typu L+V (95 obj. % kapalná fáze) a typu L (Zákopy).

Ve vzorcích ze Štůlní a Zákopů byly objeveny i černé inkluze nepravidelného tvaru o velikosti až 60  $\mu\text{m}$ . Tvoří shluky i řádky a jsou ploché. Jsou pravděpodobně jednofázové (špatně průhledné?). Při měření v nich nedocházelo k žádným změnám.

Ve vzorku č. 10 (Zákopy) byly objeveny taktéž všechny typy inkluzí (P, PS i S). V tomto vzorku byla konstatována podstatně širší variabilita fázového složení inkluzí (s převahou kapaliny, s převahou plynu, s víceméně vyrovnaným obsahem obou fází). Jedná se ovšem o přepálený křemen. Při jeho zahřátí mohlo tedy dojít k termodekrepitaci (porušení hermetičnosti) a úniku části obsahu fluidních inkluzí, proto fázové složení ani poměr fází přítomných inkluzí nemusí být reprezentativní.

Z tohoto důvodu byla v tomto vzorku provedena pouze kryometrická měření na inkluzích s výraznou převahou kapalné fáze.



**Obr. 24** Primární dvojfázové fluidní inkluze typu L+V ze vzorku Štůlně (2) (vlevo) a Zákopy (9) (vpravo).

### 7.5.2 Optická mikrotermometrie

Výsledky optické mikrotermometrie fluidních inkluzí jsou shrnuty v tabulce 8.

vzorek č.	lokalita	geneze	fázové složení	Th (°C)	Tf (°C)	Tm <sub>ice</sub> (°C)	salinita (hm. % NaCl ekv.)
2	Štůlně	P	L, L+V L?	129,6 - 191,6	-43 až -50	-2,9 až -5,4	4,8 - 8,4
		S	(malé)	157,9 - 202,7	-50	-5,3; -5,5	8,3; 8,6
7	Zákopy	P	L, L+V	183,9 - 228,0	-49 až -50	-5,0 až -5,3	7,9 - 8,3
		PS	L+V	150,3 - 225,6	-46 až -48	-3,9 až -4,6	6,3 - 7,3
8	Malý Štítek	S	L, L+V	133,2 - 195,7	-48 až -49	-4,8 až -5,5	7,6 - 8,6
		P	L, L+V, V+L*	149,5 - 206,8	-40 až -50	-3,4 až -6,5	5,4 - 9,9
		PS	L+V	132,9 - 282,3	-46 až -48	-2,9 až -4,2	4,8 - 6,7
9	Zákopy	S	L+V	107,0 - 313,3	-45 až -48	-1,4 až -4,4	2,4 - 7,0
		P	L,L+V	145,5 - 259,6	-44 až -50	-3,2 až -5,5	5,3 - 8,6
10	Zákopy	PS	L+V	110,8 - 295,0	-46 až -51	-4,7 až -5,4	7,5 - 8,4
		S	L,L+V				
		P	L+V		-42 až -45	-3,8 až -4,4	6,2 - 7,0
		PS	L+V		-45 až -47	-3,6 až -4,1	5,9 - 6,6
		S	L+V		-46 až -48	-2,6 až -4,6	4,3 - 7,3

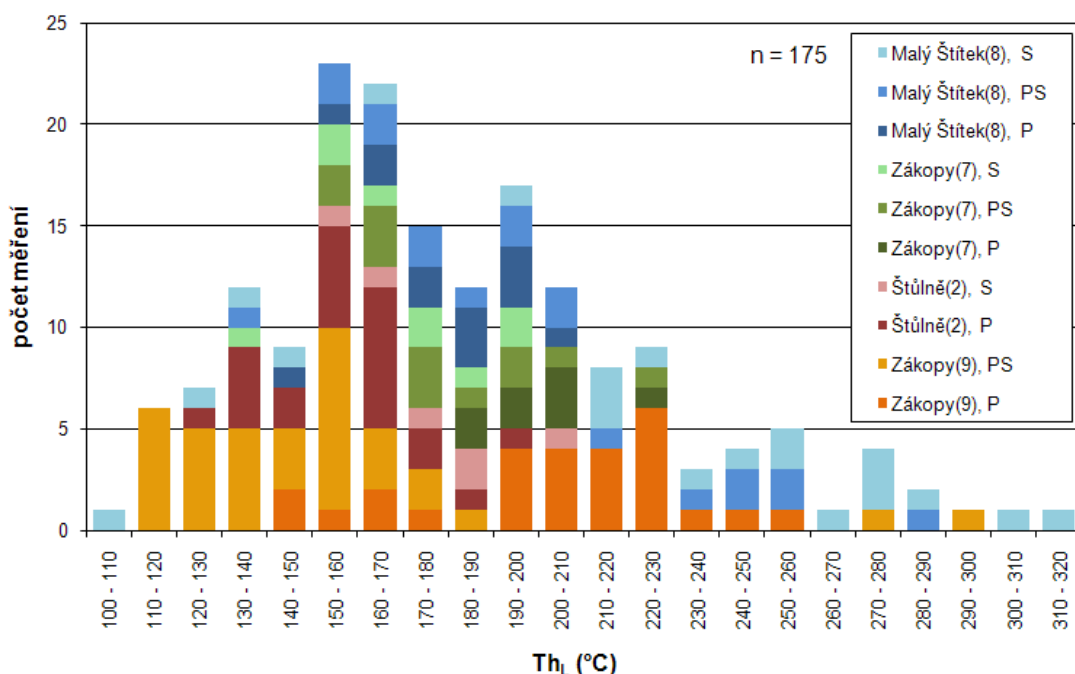
**Tabulka 8** Výsledky mikrotermometrie fluidních inkluzí (\* - nezměřeno).

Teploty homogenizace primárních inkluzí se pohybují v rozmezí 129-259 °C (obr. 25), přičemž nižší teploty byly naměřeny ve vzorku Štůlně (2) a Malý Štítek (8). Všechny vzorky vykazují široký rozptyl Th mimo vzorku Zákopy (7), u kterého byly zjištěny Th v intervalu 184 až 228 °C. Obsah inkluzí zamrzal při teplotách -42 až -50 °C. Teploty prvního tání nebylo téměř vůbec možno změřit kvůli malým rozměrům inkluzí. Podařilo se to pouze u vzorku Zákopy (9), kde Te dosáhla hodnot -35 a -38 °C,

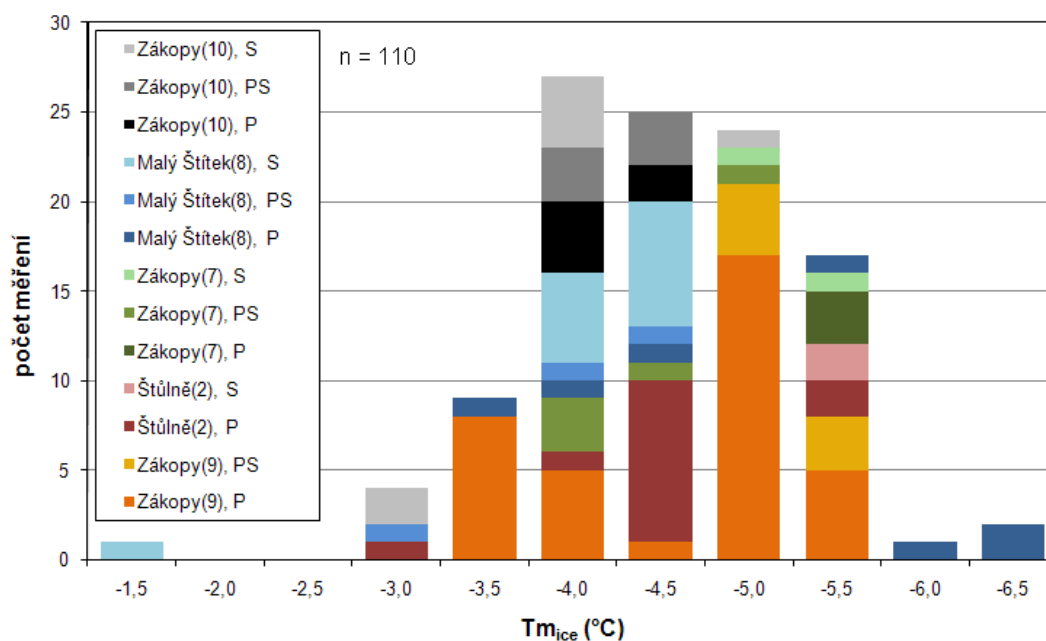
z čehož lze usuzovat na trojsložkový systém  $H_2O + MgCl_2 + NaCl$ , pro který Davis et al. (1990) uvádí stabilní eutektickou teplotu  $-35\text{ }^\circ\text{C}$ . Teploty tání posledního ledu jsou v intervalu od  $-2,9$  do  $-6,5\text{ }^\circ\text{C}$  (obr. 26), což odpovídá salinitě 4,8-9,9 hm. % NaCl ekv. (Bodnar 1993).

Primárně-sekundární inkluze, podobně jako primární, vykazují velký rozsah teplot homogenizace (111-295  $^\circ\text{C}$ ; obr. 25). K zamrznutí obsahu inkluzí dochází při teplotách od  $-45$  do  $-51\text{ }^\circ\text{C}$ . Vzhledem k malé velikosti inkluzí nebylo možno stanovit teploty eutektika. Poslední led tál při teplotách v intervalu  $-3,6$  až  $-5,4\text{ }^\circ\text{C}$  (obr. 26). Podle Bodnara (1993) to odpovídá 5,9-8,4 hm. % NaCl ekv. Vzorek Zákopy (9) vykazuje nižší teploty tání ( $-4,7$  až  $-5,4\text{ }^\circ\text{C}$ ) než ostatní vzorky (do  $-4,6\text{ }^\circ\text{C}$ ).

U sekundárních inkluzí byly zjištěny  $T_h$  v rozmezí 133-203  $^\circ\text{C}$  (Zákopy a Štůlně; obr. 25). Velmi široký rozsah teplot homogenizací vykazují inkluze u vzorku z lokality Malý Štítek, kde dosahují hodnot od 107 do 313  $^\circ\text{C}$ . Při kryometrii bylo zjištěno, že inkluze zamrzají při teplotách od  $-46$  do  $-50\text{ }^\circ\text{C}$ . Teploty eutektického tání nebylo opět možno stanovit z již výše uvedených důvodů. Teploty tání posledního ledu byly stanoveny v rozmezí  $-1,4$  až  $-5,5\text{ }^\circ\text{C}$  (obr. 26; 2,4-8,6 hm. % NaCl ekv. podle Bodnara (1993)), přičemž nižší teploty byly zjištěny u vzorků Štůlně (2) a Zákopy (7) v intervalu  $-4,8$  až  $-5,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

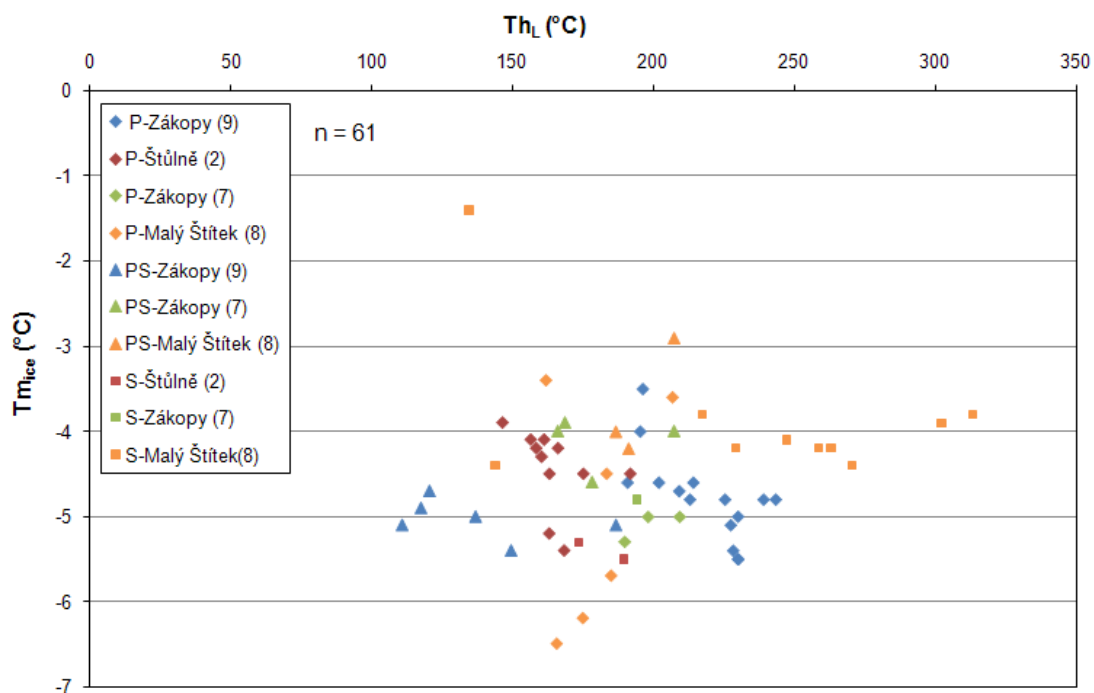


**Obr. 25** Histogram homogenizačních teplot.



**Obr. 26** Histogram teplot tání posledního ledu.

Z grafu  $T_h$ – $T_m$  (obr. 27) lze vyčíst, že v případě primárních inkluzí ze Zákopů a Štůlní by mohlo jít o mísení dvou fluid, z nichž jeden roztok byl nížesalinní a nížeteplotní a druhý naopak výšesalinní a výšeteplotní. Odlišný je Malý Štítek, kde se jedná sice také o mísení dvou fluid, ale jedno má vyšší salinitu a zároveň nižší teplotu a druhé nižší salinitu a vyšší teplotu. Pro určení trendu primárně-sekundárních inkluzí z Malého Štítku není dostatek dat. U lokality Zákopy se opět jedná o mísení dvou roztoků (nížesalinní, nížeteplotní×výšesalinní, výšeteplotní), což by bylo ve shodě s primárními inkluzemi z této lokality a ze Štůlní. Pouze u lokality Malý Štítek bylo získáno dostatek dat pro interpretaci trendu sekundárních inkluzí, jenž odpovídá trendu primárních inkluzí z lokality Zákopy a Štůlně.



Obr. 27 Graf  $Th-T_m$ .

## 7.6 Gamaspektrometrie

Výsledky terénní i laboratorní gamaspektrometrie jsou uvedeny v tabulce 9.

Terénní měření					
č. vzorku	lokality	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	
1.a			1,7	8,4	8,9
1.b			2,0	8,9	11,0
2.a			1,3	4,6	6,8
2.b			1,5	2,9	7,3
3.			1,4	3,2	9,0
4.a			1,6	4,7	7,5
4.b			1,8	4,2	8,9
5.a			2,1	6,4	12,1
5.b			2,2	6,4	11,2
6.a	Zákopy		1,4	4,8	10,1
6.b			1,8	5,4	10,5
7.			1,3	4,7	10,6
8.			1,5	4,3	9,2
9.			1,1	4,8	6,9
10.			1,1	4,7	6,2
11.			2,4	6,5	8,7
12.			1,8	5,7	10,1
13.			1,9	8,4	8,8
14.			1,1	3,4	6,4

15.		1,7	7,9	10,6
16.		2,2	7,8	12,3
20.a		1,7	5,4	10,4
20.b		1,8	8,1	9,9
21.		2,4	5,4	11,8
22.	Štůlně (pinky)	1,8	5,6	9,5
23.a		1,8	4,5	8,3
23.b		1,8	4,4	9,3
24.a		1,5	4,0	10,1
24.b		1,6	5,1	8,4
profil pole (podél lesa)				
0 m		1,0	5,1	6,8
10 m		1,4	3,5	8,3
20 m		1,3	4,4	7,3
30 m	Štůlně (pole)	1,2	3,2	8,1
40 m		1,1	4,0	7,2
50 m		1,4	4,2	7,5
60 m		1,4	3,5	7,0
Laboratorní měření				
1.		1,7	3,3	7,1
1.		1,9	3,3	7,6
1.	Zákopy	1,5	3,2	6,9
1.		1,6	2,8	6,3
1.		1,8	3,3	7,6
20.		2,5	3,7	13,1
20.	Štůlně pinka	2,2	4,0	13,0
20.		2,3	4,0	11,3
20 m		1,9	2,8	9,4
20 m	Štůlně pole	1,9	2,6	9,7
20 m		1,9	2,7	9,6

**Tabulka 9** Výsledky terénní a laboratorní gamaspektrometrie.

Při terénním měření bylo zjištěno, že hodnoty obsahu K na obou lokalitách (Zákopy, Štůlně-pinky) jsou poměrně stálé. Průměrná hodnota obsahu K na Zákopech je 1,6 %, na lokalitě Štůlně (pinky) 1,9 %. Pouze měření profilu na poli ukázalo v průměru nižší hodnoty (1,2 %). V rámci laboratorního měření byly zjištěny relativně vyšší obsahy K na lokalitě Štůlně (pinky 2,3 %, pole 1,9 % K). Na Zákopech vyšel obsah K přibližně stejně (1,7 % K). Při porovnání obou lokalit (Zákopy, Štůlně) byly naměřeny vyšší hodnoty obsahu K na lokalitě Štůlně.

Obsahy U a Th, stanovené terénní gamaspektrometrií, na rozdíl od K v rámci jednotlivých lokalit značně kolísají (pinky). Při vzájemném porovnání lokalit ovšem dojdeme k podobným rozsahům hodnot obsahů těchto prvků. Obsah U se pohybuje

v intervalu 3,2-8,9 ppm; obsah Th v rozmezí od 6,2-12,3 ppm. Poměrně stálé jsou však obsahy těchto prvků změřených v profilu pole (U 3,2-5,1 ppm; Th 6,8-8,3 ppm). Při laboratorním měření byly zjištěny nižší stálé hodnoty obsahu U (2,6-4,0 ppm). Obsah Th při porovnání jednotlivých lokalit vykazuje poměrně značnou variabilitu hodnot (v rámci jednotlivých lokalit jsou však hodnoty poměrně stálé). Nejvyšších hodnot dosahuje na lokalitě Štůlně – pinky (11,3-13,1 ppm). Nižší hodnoty byly zjištěny v profilu pole (průměrně 9,6 ppm). Na Zákopech se hodnoty obsahu Th pohybují v rozmezí 6,3-7,6 ppm). Při porovnání obsahu těchto prvků na jednotlivých lokalitách je zřejmé, že Zákopy i Štůlně (pinky) mají průměrné hodnoty obsahů U a Th obdobné. Profil na poli vykazuje ve většině případů nižší hodnoty.



## 8 DISKUZE

Z nových chemických analýz zlata z Hor jasně vyplývá, že se jedná převážně o elektrum, popř. méně o stříbrem bohaté zlato (Zákopy). Vzácně se zde vyskytuje i zlato mnohem vyšší ryzosti (s jen 1,5-4,2 hm. % Ag). Získaná data byla porovnána s publikovanými analýzami týkajícími se nejen této lokality (obr. 15). Nová data korelují s již dříve získanými. V žádné z nových analýz nebyl potvrzen zvýšený obsah rtuti z lokality Štůlně, uváděný Houzarem et al. (2007) (1,8-1,9 hm. %). Rtuť jsme ve větším množství pozorovali pouze v jediném vzorku z této lokality (0,12 hm. % Hg). Pro srovnání byly použity i data z jiných lokalit (obr. 15), z nichž ryzostí zlata odpovídá zájmové lokalitě ložisko Roudný (32-33 hm. % Ag; Morávek et al. 1992) a oblast Písecka (28-29 hm. % Ag; Malec et al. (1985) in Morávek et al. (1992)). Lokality v blízkosti Hor (Zlaténka, Orlík u Humpolce) se svým chemismem neshodují se zájmovou lokalitou. Vyskytuje se zde zlato vysoké ryzosti (obsah Ag 5-8 hm. %).

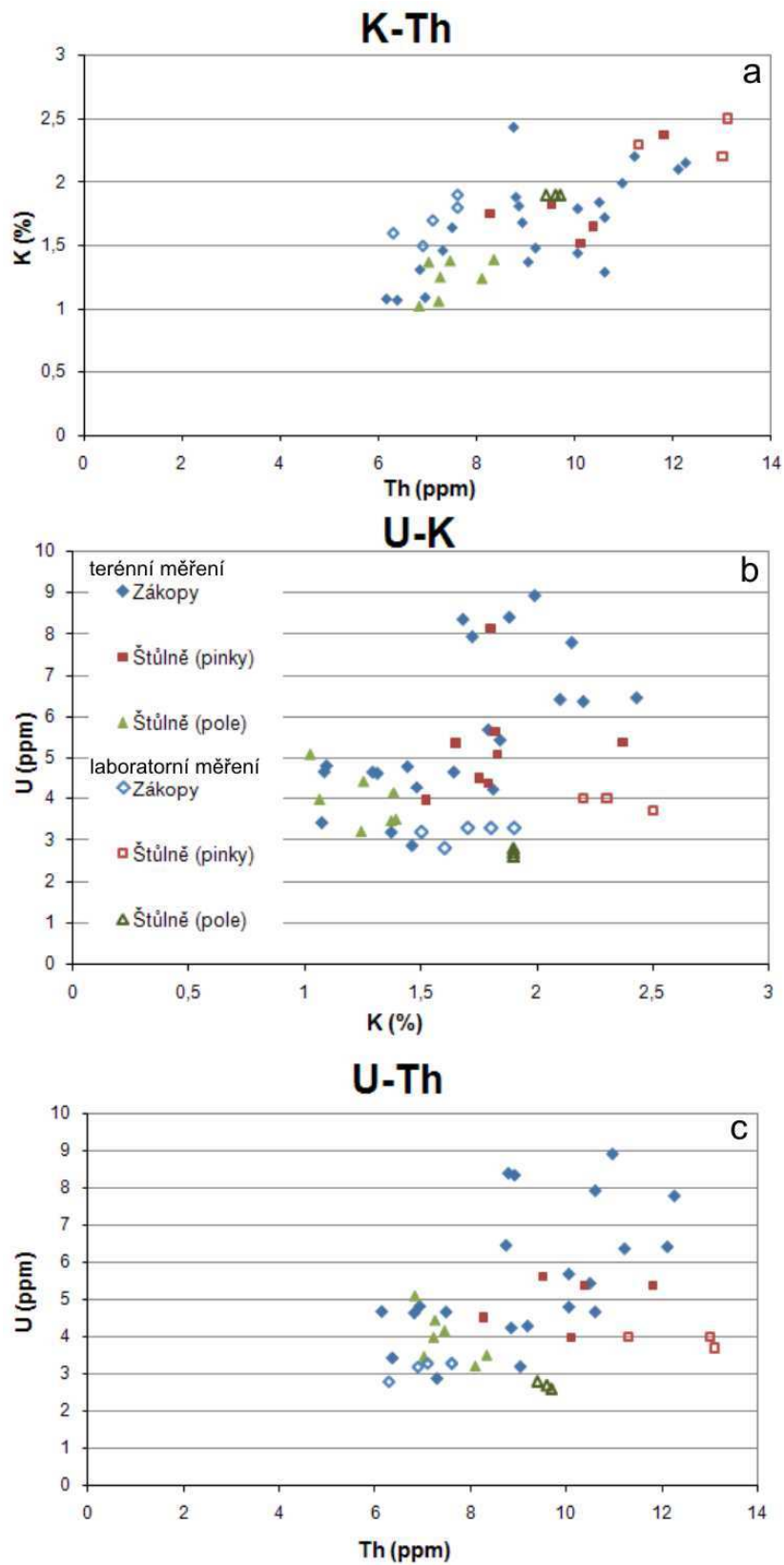
Z dalších minerálů, které jsou známy z dřívějších výzkumů, byl potvrzen pyrit, akantit, galenit, baryt, muskovit, monazit-(Ce) a zirkon. Byly zjištěny tyto nové minerály (minerální fáze): dravit, illit, xenotim-(Y) a blíže neurčená NiAsS fáze. Co se týče chemismu, neobsahovaly analyzované minerály (pro malé rozměry nebyly analyzovány akantit, galenit a NiAsS fáze) žádné významnější příměsi, pouze ty obvyklé (např. zvýšený obsah As v pyritu). Nejsou ovšem k dispozici žádná data, se kterými by bylo možno provést srovnání. U některých minerálů lze uvažovat o možnosti původu z okolních hornin (turmalín, šupinky/lišty slíd s monazitem, zirkonem a s jehlicovitými agregáty rutilu). Turmalín byl získán vyrýžováním z materiálu odvalu pinky, a proto nelze vyloučit jeho původ v okolní hornině. Žilovina ze Štůlní (popř. Malého Štítku) obsahuje poměrně často útržky alterované horniny právě s lupínky a lištami slíd, popř. se sericitem, jenž byl při mikroskopickém studiu výbrusů nalezen i v okolním kvarcitu. Taktéž zirkony byly poměrně hojně nalezeny v okolním kvarcitu. V dostupné literatuře jsou uvedeny některé další minerály (arzenopyrit, markazit, scheelit, inkluze Bi a maldonitu ve zlatě), které nebyly potvrzeny ani při studiu výbrusů v polarizačním mikroskopu, ani na mikrosondě.

V rámci terénní etapy bylo provedeno i měření gamaspektrometrie, které bylo následně doplněno i laboratorním měřením. Vyšší hodnoty při laboratorní gamaspektrometrii byly stanoveny u K na všech lokalitách a u Th (mimo vzorku

ze Zákopů). Uran vykazuje vyšší hodnoty z terénních měření. Příčinou vyšších hodnot získaných laboratorním měřením by mohla být nehomogenita vzorků. Pro definitivní závěry je však k dispozici v laboratorní části jen malé množství dat. Navíc byly vzorky pro laboratorní část odebrány pouze z jednoho místa – nelze tedy vyloučit, že v jiné části pinky by se hodnoty lišily.

Z porovnání jednotlivých lokalit navzájem je patrné, že nejmenší obsahy K, U a Th (mimo laboratorních měření K a Th ze Zákopů) byly stanoveny v profilu na poli. Z toho lze usuzovat 1) na odlišné petrografické složení horninového podloží na jednotlivých lokalitách (např. zastoupení rul a kvarcitů) nebo 2) na různou intenzitu hydrotermální alterace okolních hornin (K, U a Th mají v hydrotermálních podmínkách zpravidla různou mobilitu; Ford et al. (2008), Goodell (1986), Sighinolfi a Sakai (1974)).

Na obrázku 28 jsou znázorněné korelace obsahů jednotlivých radioaktivních prvků navzájem a lze z nich vyčíst několik trendů. Při porovnání laboratorních a terénních měření všech lokalit lze konstatovat, že trendy jsou podobné. To by mohlo ukazovat na to, že příčinou variability naměřených terénních hodnot nemusí být jen nevyhovující geometrie terénu (v případě měření v pinkách), ale i nehomogenita v obsazích K, U a Th na měřených lokalitách. U dvojice K-U lze pozorovat ve většině případů přímo úměrnou závislost. S rostoucím obsahem K roste i obsah U a to nejvýrazněji na lokalitě Zákopy. Výjimkou je terénní měření profilu pole, kde poměrně výrazně klesá obsah U a rostoucím obsahem K. Velmi mírný úbytek U při narůstání obsahu K lze konstatovat u laboratorního měření ze Štůlní (pinky). U laboratorního měření vzorků z pole nelze stanovit trend pro nedostatek dat (body se téměř překrývají). Odpovídající trendy byly zjištěny i u dvojice U-Th, kdy se jedná opět o nárůst obsahu U se zvyšujícím se obsahem Th (mimo terénního měření vzorků z pole, kde je trend opačný). V případě laboratorního měření vzorku Štůlně (pinky) se obsah U s měnícím se množstvím Th téměř nemění. U dvojice K-Th lze ve všech případech konstatovat pozitivní závislost, tj. nárůst obsahu K se zvyšujícím se množstvím Th. Ve většině případů u všech dvojic lze pozorovat přímo úměrnou závislost, což by mohlo být vysvětleno tím, že v muskovitu, popř. sericitu (váže K) se vyskytují minerály vázající ve své struktuře Th a U (monazit, zirkon, xenotim). Opačný trend dvojic U-K a U-Th u některých lokalit (hlavně Štůlně – pole) by mohl být způsobený 1) rozdílným stupněm alterace okolních hornin (U je z daných prvků v hydrotermálních podmínkách nejmobilnější – mohlo dojít k jeho odnosu) nebo 2) již výše zmíněnými rozdíly v litologii horninového prostředí (Ford et al. (2008), Goodell (1986), Sighinolfi a Sakai (1974)).



**Obr. 28** Výsledky terénní a laboratorní gamaspektrometrie. a – graf závislosti obsahu K-Th. b – graf závislosti obsahu U-K. c – graf závislosti obsahu U-Th.

Studium fluidních inkluzí ukazuje na relativně nízkoteplotní ( $T_h < 300\text{ }^\circ\text{C}$ ) a relativně nízkosalinní (5,0-9,2 hm. % NaCl ekv.) charakter matečných roztoků.

V západní části moldanubika zatím nebyly FI na zlatonosných výskytech studovány, nejbližší srovnávací data pocházejí až z oblasti středočeského plutonu či blanické brázdy, kde se jejich studiu věnoval především J. Zachariáš. Zachariáš a Pudilová (2002) studovali fluidní inkluze na dole Jakub nedaleko Kasejovic. FI obsahují kromě vodného roztoku také navíc významný podíl  $\text{CO}_2$  (7-25 mol. %). Teploty homogenizací se pohybují v intervalu 95-368  $^\circ\text{C}$ , salinita od 1,5 do 3,0 hm. % NaCl ekv. Teplota vzniku ložisek Jílové, Libčice a Kasejovice-Bělčice je cca 300  $^\circ\text{C}$ . Fluidum systému  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  obsahuje 5-20 mol. %  $\text{CO}_2$  (Zachariáš et al. 1997). Dalším studovaným ložiskem je Petrůvkova hora (Zachariáš et al. 2001), kde se vyskytuje více typů fluid. Lze zde vyčlenit tyto typy fluid:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O-soli}$ ,  $\text{H}_2\text{O-CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O-CO}_2\text{-soli}$ ,  $\text{N}_2$  a  $\text{H}_2\text{O-N}_2$ . Obsah  $\text{CO}_2$  se pohybuje v rozmezí 3,5-92,4 mol. % a salinita v rozsahu 1-65 hm. % NaCl ekv. Na ložisku Mokrsko se vyskytuje typ fluid  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$  (13-83 mol. %  $\text{CO}_2$ ) a  $\text{H}_2\text{O-NaCl}$  (Boiron et al. 2003). U prvního typu fluid se teploty homogenizací pohybují v intervalu 300-420  $^\circ\text{C}$ , u druhého v rozmezí 130-280  $^\circ\text{C}$ . Salinity se pohybují mezi 0,9 a 9,2 hm. % NaCl ekv. Dále bylo Zachariášem et al. (2009) studováno ložisko Roudný u Vlašimi, kde vznikaly minerální fáze hlavního rudního stádia hlavně z fluid charakteru vodných roztoků se salinitou 3,7-6,2 hm. % NaCl ekv. a s homogenizačními teplotami mezi 250-330  $^\circ\text{C}$ . V menší míře se ve starší fázi uplatnila i fluida  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}\pm\text{CH}_4\pm\text{N}_2$  (20-70 mol. % nevodné fáze) s homogenizačními teplotami mezi 300-400  $^\circ\text{C}$ .

Žádná z výše uvedených lokalit neodpovídá svými mikrotermometrickými charakteristikami ani složením fluid námi studované lokalitě, kde nebyla zjištěna přítomnost plynných komponent ve fluidech ( $\text{CO}_2$  a  $\text{N}_2$ ). Pouze Mokrsko a Roudný vykazují srovnatelný rozsah teplot homogenizací a/nebo salinitu inkluzí vodných roztoků (na daných lokalitách jsou ovšem přítomny také inkluze systému  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ ). Je tedy patrné, že v případě Hor u Předína se jedná o poměrně originální lokalitu, co se týče FI. Pro další studium by bylo vhodné získat srovnávací data z dalších lokalit ze západní části moldanubika.

Získaná data byla porovnána s paragenetickou klasifikací hydrotermálních mineralizací Bernarda et al. (1981) a s genetickou klasifikací Morávka et al. (1992).

Bernard et al. (1981) řadí ložisko v Horách u Předína k starovariské zlatonosné asociaci (s-au). Jedná se o křemenné žíly/žilníky s Fe-sulfidy, zlatem vysoké ryzosti a akcesorickými minerály Bi, Te a W a také s molybdenitem. Toto zařazení se nejeví jako příliš správné, protože Hory u Předína neodpovídají výše uvedené charakteristice mineralizace především ryzostí zlata a také asociací minerálů. V případě zájmového území se jedná převážně o elektrum, nikoliv o zlato vysoké ryzosti, jak již bylo potvrzeno touto i jinými dříve publikovanými pracemi. Dále zde dosud nebyly potvrzeny minerály Bi, Te a W, ani molybdenit. Pokud bychom přesto chtěli zařadit zájmové území do této klasifikace, jako vhodnější se jeví zařazení do středně variské zlatonosné asociace (au), jež je charakterizována nízkou ryzostí zlata a nepřítomností minerálů Bi, Te, Mo a W.

Morávek et al. (1992) řadí Horské ložisko k Au-Ag křemenné mineralizaci se zlatem nízké ryzosti (převážně elektrum) a s vazbou na regionální zlomové struktury směru V-Z, SSV-JJZ i SZ-JV. Jedná se hlavně o žíly/žilníky (popř. o impregnace) s poměrně jednoduchou minerální asociací tvořenou převážně pyritem, arzenopyritem a někdy přistupují i sulfidy Cu, Pb a Zn. Typovým ložiskem je Roudný, další výskyty jsou např. Dobrá Voda u Rudolfova, Písecko, méně i Orlický u Humpolce a Zlaténka, kde se tato mineralizace vyskytuje jen místy (hlavně se zde nachází Au(W)-mineralizace se zlatem vysoké ryzosti). Při porovnání těchto charakteristik s dostupnými daty z Hor dojdeme k řadě shod. Hory jsou charakteristické především výskytem elektra (méně stříbrem bohatého zlata), což odpovídá výše uvedené klasifikaci. Další shodu lze nalézt ve vazbě na regionálně zlomové struktury shodného směru (Hory: JV-SZ, V-Z). V neposlední řadě lze konstatovat poměrně chudou minerální asociaci, která je podobná ostatním lokalitám tohoto typu (rudní minerály: hlavně **pyrit** (se zvýšeným obsahem As), **arzenopyrit**, méně až vzácně **galenit**, **chalkopyrit**, markazit a sfalerit; žílovina: **křemen**, popř. karbonáty).

Na závěr lze na základě všech dostupných dat konstatovat nejvíce shodných znaků s ložiskem Roudný, ať už se jedná o chemismus zlata, asociaci dalších minerálů, geologickou pozici, mikrotermometrické charakteristiky či charakter fluid. Jediným rozdílným znakem je nepřítomnost plynných komponent ve fluidech (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>).

## 9 ZÁVĚR

Mineralogické studium tří lokalit primární Au-mineralizace v okolí Hor u Předína nasvědčuje poměrně jednoduché minerální asociaci.

- Bylo zde potvrzeno (i makroskopicky) zlato, které chemismem odpovídá převážně elektu, méně stříbrem bohatému zlatu. Z dalších rudních minerálů je přítomen pyrit (s mírně zvýšeným obsahem As), akantit, galenit a blíže neurčená NiAsS fáze. Při studiu výbrusů a z následných analýz byl stanoven illit, muskovit, dravit, monazit-(Ce), zirkon a xenotim-(Y). Ze supergenních minerálů jsou přítomny baryt a limonit.
- Gamaspektrometrická měření ukazují, že průměrné obsahy K, U a Th na jednotlivých lokalitách jsou odlišné. Při vzájemné korelaci těchto prvků lze pozorovat přímo úměrnou závislost u většiny lokalit mimo lokalitu Štůlně – pole, kde byla zjištěna negativní korelace dvojic U-Th a U-K. Zjištěná variabilita by mohla být způsobena 1) rozdílným stupněm alterace okolních hornin nebo 2) rozdíly v litologii horninového prostředí.
- V křemeni byly studovány fluidní inkluze (primární, primárně-sekundární i sekundární). Vyskytují se dva typy inkluzí a to typ L a typ L+V. Teploty homogenizací L+V inkluzí vykazují poměrně široký rozptyl v intervalu 110-300 °C. Teplota tání posledního ledu se nejčastěji pohybuje v rozmezí -3 až -6 °C, což odpovídá salinitě 5,0-9,2 hm. % NaCl ekv. (Bodnar 1993). Jedná se o vodné roztoky bez přítomnosti plynných komponent. Zjištěné teploty eutektika (-35 a -38 °C) nasvědčují přítomnosti fluid systému  $H_2O+MgCl_2+NaCl$ .
- Podle výsledků optické mikrotermometrie lze předpokládat magmatický nebo metamorfní původ roztoků. Srážková voda jako hlavní zdroj se nejvíce příliš pravděpodobná díky stálým a relativně zvýšeným hodnotám salinity. Pro další informace o původu fluid by bylo vhodné doplnit studium izotopů.
- Získaná data byla porovnána s literaturou a nejvíce shod bylo konstatováno s ložiskem Roudný (geologická pozice, ryzost zlata, minerální asociace, charakter fluid a mikrotermometrické charakteristiky). Jediným rozdílným znakem je nepřítomnost plynných komponent ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$ ) ve fluidech v Horách.
- Na základě získaných údajů lze mineralizaci z Hor zařadit v rámci klasifikace Morávka et al. (1992) k Au-Ag křemenné mineralizaci se zlatem nízké ryzosti

(převážně elektrem), jejímž typovým ložiskem je Roudný. V klasifikaci Bernarda et al. (1981) lze mineralizaci z Hor zařadit k středně variské zlatonosné asociaci (au).

## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Anders E., Grevesse N. (1989): Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 197-214.
- Bernard J. H., Koděra M., Kopecký L. (1981): Minerály hydrotermální. In: Bernard J. H., Čech F., Dávidová Š., Dudek A., Fediuk F., Hovorka D., Kettner R., Koděra M., Kopecký L., Němec D., Paděra K., Petránek J., Sekanina J., Staněk J., Šímová M. (eds.) *Mineralogie Československa*. Academia, Praha, pp. 185-438.
- Bodnar J. (1993): Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O–NaCl solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 683-684.
- Boiron M. Ch., Cathelineau M., Banks D. A., Fourcade S., Vallance J. (2003): Mixing of metamorphic and surficial fluids during the uplift of the Hercynian upper crust: consequences for gold deposition. *Chem. Geol.*, 194, 119-141.
- Davis D. W., Lowenstein T. K., Spencer R. J. (1990): Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the system NaCl–H<sub>2</sub>O, NaCl–KCl–H<sub>2</sub>O, NaCl–MgCl<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O and NaCl–CaCl<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 591-601.
- Dokulil J. (1936): *Náš kraj v pověstech a lidovém vyprávění*. Třebíč.
- Dudek A. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200000, 33-28 Jindřichův Hradec. Praha.
- Dudek A., Chlupáč I., Pouba Z., Vejnar Z., Zapletal J. (1992): Krystalinikum a prevariské paleozoikum. In: Chlupáč I., Štorch P. (eds.) *Regionálně-geologické dělení Českého masívu na území České republiky*. Čas. Mineral. Geol., 37, 4, 258-275. Praha.
- D'Elvert Ch. (1866): *Zur Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens in Mährens und Oest. Schlesien*. Schriften der stat.-hist. Section der mähr.-schles. Gesellschaft, 15, 438. Brno.
- Ford K., Harris J. R., Shives R., Carson J., Buckle J. (2008): Remote predictive mapping 2. Gamma-ray spectrometry: a tool for mapping Canada's North. *Geoscience Canada*, 35, 3/4, 109-126.
- Goodell P. C. (1986): Differential geochemical mobility of Uranium, Thorium and Potassium used as geologic environment indicators and explorations tools. *AAPG Bulletin*, 70.



- Hawthorne F. J., Henry D. J. (1999): Classification of the minerals of the tourmaline group. *Eur. J. Mineral.*, 11, 201-216.
- Holub F. V., Cocherie A., Rossi P. (1997): Radiometric dating of granitic rocks from the Central Bohemian Plutonic Complex (Czech Republic): constraints on the chronology of thermal and tectonic events along the Moldanubian-Barrandian boundary. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 325, 1, 19-26.
- Houzar S. (1997): O historickém dolování na jihozápadní Moravě. *Vlastivědný sborník Západní Morava*, 1, 33-49. Brno.
- Houzar S., Škrdla P. (1990): Výskyty zlata v širším okolí Želetavy na jihozápadní Moravě. *Přírodovědný sborník Západomoravského muzea*, 17, 21-33. Třebíč.
- Houzar S., Škrdla P., Vokáč M. (2007): Mineralogie zlata z aluviálních sedimentů malých vodních toků mezi Želetavou a Opatovem na západní Moravě. *Acta Rerum naturalium*, 3, 1-10.
- Chlupáč I., Štorch P. (1992): Regionálně-geologické dělení Českého masívu na území České republiky. *Čas. Mineral. Geol.*, 37, 4, 258 – 275. Praha.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stránilík Z. (2002): Geologická minulost České republiky. *Academia*. Praha.
- Kotková J., Schaltegger U., Leichmann J. (2003): 338-335 Ma old intrusions in the E Bohemian massif – a relict of the orogen-wide durbachitic magmatism in European Variscides. *J. Czech Geol. Soc.*, 48, 80-81.
- Koutek J. (1924): O zlatonosném území v okolí Hor na jihozápadní Moravě. *Čas. Vlast. Spolku musejního*, 35, 1-2, 1-5. Olomouc.
- Koutek J. (1937): O novém kutání na zlato v okolí Želetavy na jihozápadní Moravě. *Věst. Stát. Geol. Úst.*, 13, 4-5, 160-165. Praha.
- Litochleb J., Sejkora J., Pvlíček V. (2004): Tellurobismutit ze zlatonosného zrudnění od Zlátenky u Pacova. *Bull. mineral.-petr. odd. Nár. muzea*, 12, 107-113.
- Malec J. (1988): Výzkum zlata a doprovodných minerálů z vybraných oblastí v Českém masívu, Ústav nerostných surovin Kutná Hora. Praha.
- Malec J. (1993): Mineralogické posouzení zlata z vrtů v aluviích na Pelhřimovsku, Vlašimsku, Čáslavsku a Želetavsku. Ústav nerostných surovin Kutná Hora. Kutná Hora.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J. (1983): *Geologie ČSSR I. Český masív*. SPN. Praha.

- Morávek P., Aichler J., Doškář Z., Duda J., Ďurišová J., Hauk J., Janatka J., Kalenda F., Klomínský J., Květoň P., Litochleb J., Malec J., Mrázek I., Novák F., Pouba Z., Pudilová M., Punčochář M., Skácel J., Soukup B., Studničná B., Sztacho P., Šponar P., Tásler R. ml., Váňa T., Vaněček M., Veselý J., (1992): Zlato v Českém masivu. Český geologický ústav, Praha
- Němec D. (1963): Genetické typy primárních zlatonosných výskytů na Českomoravské vrchovině. Čas. Mor. Muz., 48, 53-57.
- Novák M. (2005): Granitické pegmatity Českého masivu (Česká republika); mineralogická, geochemická a regionální klasifikace a geologický význam. Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol., 90, 3-74. Brno.
- Pertoldová J. (1988): Petrologická charakteristika hornin na lokalitě Svojkovice-Hory. In: Veselý J., Straka L., Hron M., Mikschi J., Václavek V., Pertoldová J., Malec J., Šimek K., Kopecký P., Obst P. (eds.) Opatovsko-svojkovický revír. Dílčí závěrečná zpráva. Geofond Praha.
- Pošepný F. (1895): Das Goldvorkommen Böhmens und der Nachbarländer. Archiv für praktische Geologie II, 351-355. Praha.
- Rieder M., Cavazzini G., D'yakonov Y. S., Kamenetskii V. A. F., Gottardi G., Guggenheim, S., Koval' P. V., Mueller G., Neiva A. M. R., Radoslovich E. W., Robert J. L., Sassi F. P., Takeda H., Weiss, Z. Wones, D. R. (1998): Nomenclature of micas. Canad. Mineral., 36, 3, 905-912.
- Sighinolfi G. P., Sakai T. (1974): Uranium and thorium in potash-rich rhyolites from western Bahia (Brazil). Chemical Geology, 14, 1-2, 23-30.
- Uher P., Bačík P., Broska I., Dianiška I., Kubiš M. (2006): Turmalín v granitoch a hydrotermálných žilách gemerika: variacie chemického zloženia a genetické aspekty. Sbor. Mineralog. Čes. masivu a Záp. Karpat 2006, 52-55. Olomouc
- Veselý J., Straka L., Hron M., Mikschi J., Václavek V., Pertoldová J., Malec J., Šimek K., Kopecký P., Obst P. (1988): Dílčí závěrečná zpráva úkolu Český masiv – ověřování prognóz Au 01 81 2101, Opatovsko- svojkovický revír, Geofond Praha
- Veselý J. (1992): Moravské moldanubikum. In: Morávek P., Aichler J., Doškář Z., Duda J., Ďurišová J., Hauk J., Janatka J., Kalenda F., Klomínský J., Květoň P., Litochleb J., Malec J., Mrázek I., Novák F., Pouba Z., Pudilová M., Punčochář M., Skácel J., Soukup B., Studničná B., Sztacho P., Šponar P., Tásler R. ml., Váňa T., Vaněček M., Veselý J. (eds.) Zlato v Českém masivu. Český geologický ústav, Praha, pp. 118-120.

- Vokáč M., Houzar S., Škrdla P. (2008): Dolování zlata v širším okolí Hor u Předína na západní Moravě: dějiny výzkumů, historie dolování, topografie a archeologie lokalit a přehled geologických poměrů. Sborník semináře Stříbrná Jihlava 2007, pp. 1-30.
- Wolfskron M. (1889): Die Goldvorkommen Mährens. Berg.-und Hüttenmännisches Jahrbuch, 37. Brünn.
- Zachariáš J., Pudilová M., Žák K., Morávek P., Litochleb J., Váňa T., Pertold Z. (1997): P-T-X conditions of gold-bearing mineralization within the Central Bohemian Metallogenic Zone. Acta Univ. Carol., Geol., 41, 167-178.
- Zachariáš J., Pertold Z., Pudilová M., Žák K., Pertoldová J., Stein H., Markey R. (2001): Geology and genesis of Variscan porphyry-style gold mineralization, Petráčková hora deposit, Bohemian massif, Czech Republic. Mineral. Deposita, 36, 517-541.
- Zachariáš J., Pudilová M. (2002): Fluid inclusion and stable isotope study of the Kasejovice gold district, central Bohemia. Bull. Czech Geol. Surv., 77, 3, 157-165.
- Zachariáš J., Paterová B., Pudilová M. (2009): Mineralogy, fluid inclusion, and stable isotope constraints on the genesis of the Roudný Au-Ag deposit, Bohemian Massif. Econ. Geol., 104, 53-72.