

# Minerály a rudní nálomy na žíle Geister (Dušní) v západní části Jáchymovského rudního revíru (Česká republika)

## Minerals and finds of ore shoots on the Geister vein of the western part of the Jáchymov ore district (Czech Republic)

PAVEL ŠKÁCHA<sup>1,2)\*</sup>, VLADIMÍR HORÁK<sup>3)</sup> A JAKUB PLÁŠIL<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Hornické muzeum Příbram, nám. Hynka Kličky 293, 261 01 Příbram VI; \*e-mail: skacha-p@muzeum-pribram.cz

<sup>2)</sup>Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

<sup>3)</sup>Hůrka 1032, 278 01 Kralupy nad Vltavou

<sup>4)</sup>Fyzikální ústav AV ČR v.v.i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

ŠKÁCHA P., HORÁK J., PLÁŠIL J. (2014) Minerály a rudní nálomy na žíle Geister v západní části Jáchymovského rudního revíru (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 202-214. ISSN 1211-0329.*

### Abstract

Jáchymov (Joachimsthal) is well known locality with more than 420 described minerals. One of the best mineralogical localities in this area is the Rovnost 1 shaft with Geister vein. This vein became famous thanks to very rich silver ore findings in 16<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> century, but also thanks to very diverse association of supergene minerals of uranium, copper, arsenic etc. Regarding the primary minerals, there were found historically nice pieces containing silver, argentite/acanthite, chlorargyrite, nickeline, skutterudite, rammelsbergite and others. Typical massive ore from this vein comprised of arsenides and silver minerals was called *Speisse*. Well known are especially supergene minerals from the old 3<sup>rd</sup> and 6<sup>th</sup> Geister level. We can mention johannite, minerals of the lindackerite group, jáchymovite, babánekite, mixite, torbernite and walpurgite.

**Key words:** silver, uranium, primary minerals, supergene minerals, mining history, Geister vein, Jáchymov

Obdrženo: 12.10. 2014; přijato: 19. 11. 2014

### Geologie a ložisková situace

Jáchymovské ložisko (rudní pole) se rozkládá na ploše cca 45 km<sup>2</sup> v jihozápadní části Krušných hor, 20 km severně od Karlových Varů (Česká republika). Jedná se o tektonicky omezené hydrotermální žilné ložisko tzv. pětiprvkové asociace Ag-Co-Ni-Bi-U, vyvinuté v místě křížení dvou významných hlubinných struktur - severozápadního jáchymovského a severovýchodního krušnohorského zlomu (Veselý 1986). Hydrotermální žíly nesoucí zrudnění pronikají metamorfovanými sedimenty kambrického stáří, tzv. jáchymovské série, společně s intruzivními horninami různého stáří a petrografického složení (zejména aplity).

Žíla Geister (Dušní), nalézající se v západní části ložiska, se odpojuje od význačné zlomové struktury, Meridionálního zlomu, který je pokračováním zlomu centrálního, v místě, kde zlom přetíná osu Centrální antiklinály, a prochází důlním polem ve směru 350 - 10° (obr. 1) (Pitauerová 2002). Severně od jámy Rovnost 1 (dříve též Rudolf, Werner, Rovnost) pak na styku s tělesem čedičových tufů mění směr na 10 - 20°, ztrácí na mocnosti a mizí. Pravděpodobným pokračováním této žíly za zónou tufů je žíla Fiedler (Severní Jeroným). Na svrchních patrech je úklon žíly směrem k západu ležatější (kolem 50°), na spodních patrech strmější (70 - 80°). Mocnost žíly kolísá mezi 5 cm - 1 m, mocnost mineralizovaných úseků se pohybuje kolem 10 cm. Žíla má řadu odžilků (Mrňa 1960; Macourek, Čumrda 1963). Podle morfologických a strukturních zvláštností je žíla Geister klasifikova-

ná (Hloušek 2011) jako žíla typu drcené zóny s nestálou mocností, společně s žílami jako Schweizer, Evangelista a Čertova žíla.

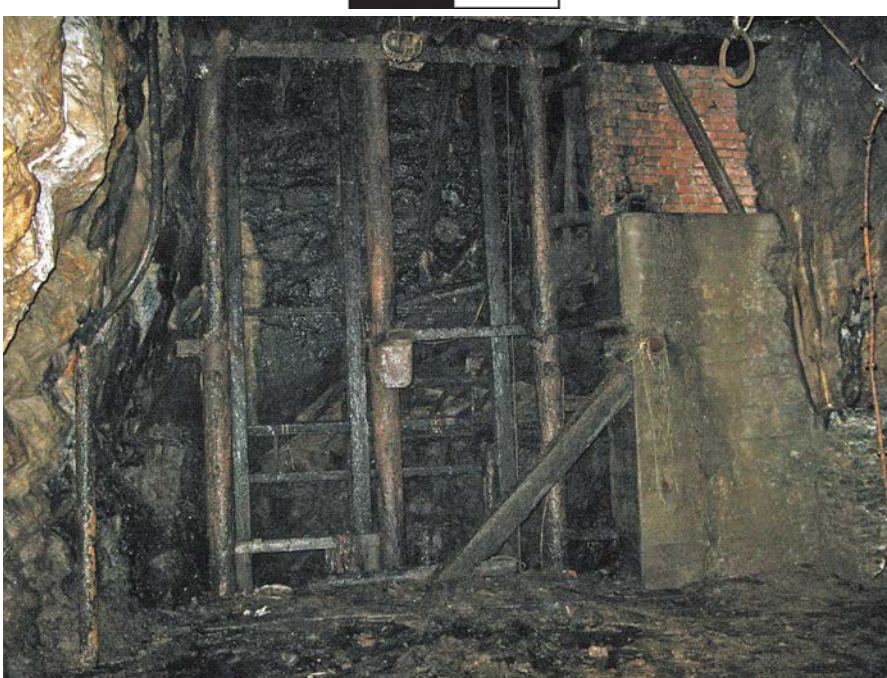
V Jáchymovském rudním revíru je typické soustředění zrudnění do tzv. rudních sloupů, které tvoří většinou subvertikální tělesa, která se do hloubky rozšiřují. Tyto rudní sloupy se nejčastěji vyskytují na křížení dvou žilných systémů - žil púlnočních (S - J) a žil jitrních (V - Z). Na žíle Geister byly v povrchových partiích zastíženy dva rudní sloupy obsahující stříbrné zrudnění a jeden rudní sloup obsahující převažující uranové zrudnění. Nicméně minerální složení i pozice a mocnost rudních sloupů se s postupem do hloubky často měnily, poblíž povrchu obsahovaly zejména stříbrné rudy, s postupem do hloubky se zvyšovalo zastoupení minerálů s obsahem kobaltu a niklu a v nejspodnějších částech žil převažovala uranová ruda. První rudní sloup se nachází v povrchových partiích cca 50 m jižně od šachty Rovnost I. Od povrchu byl báňsky otevřen historickou slepou jámou Ambrož, v úrovni 1. dušního patra (1. Geisterlauf, 32 m pod povrchem) a nad ním nebylo zachyceno výraznější zrudnění. Druhý rudní sloup se nachází ve vzdálenosti cca 200 - 350 m jižně od šachty Rovnost I. V prostoru výchozu tohoto rudního sloupu na povrch je situována nálezná jáma Geister (Dušní). Báňsky byl rudní sloup intenzivně téžen zvláště v okolí 3. dušního patra okolo 120 m pod povrchem (3. Geisterlauf, obr. 2). Ve vzdálenosti cca 400 m jižně od šachty Rovnost I vychází na povrch rudní sloup dnes

známý díky výskytu bohatého uranového supergenního zrudnění na křížení žil Geister a Geier, který byl těžen tzv. Bohatou náleznou jámou Hoffmannova léna. Obecně jsou z 19. století známé výskyty bohatých stříbrných nálomů zvláště tam, kde žíla Geister procházela porfyr.

Při tvorbě tohoto příspěvku byly využity jednak informace od řady sběratelů, kteří tuto lokalitu navštívili, jednak četné informace z článků z rakousko-uherských časopisů z 19. století. Velmi kvalitní je práce J. F. Vogla o jáchymovských minerálech z roku 1856 (obr. 3) a souborné práce Ondruše et al. (1997, 2003).



**Obr. 1** Zjednodušená geologická mapa okolí žíly Geister (upraveno podle Pittauerové 2002).



**Obr. 2** Náraží 3. dušního patra šachty Rovnost 1 v hloubce 120 m pod povrchem. Foto archiv autorů.



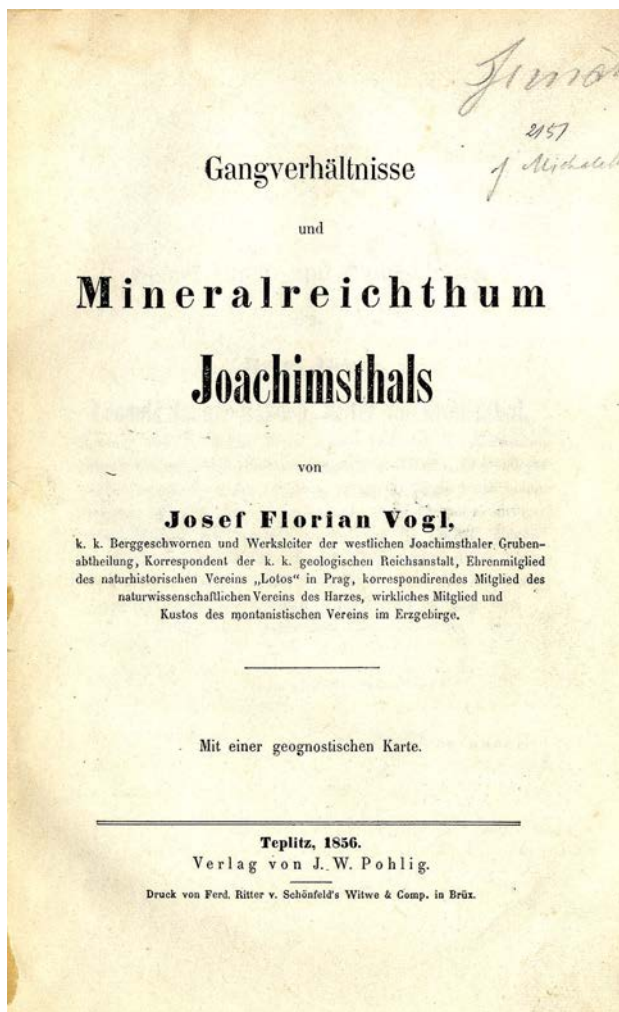
## Historické nálohy stříbrných rud na žíle Geister

Vzhledem k alespoň částečným informacím o otvírce žíly v 16. století, lze usuzovat, že žíla Geister patřila mezi bohaté žíly jáchymovského revíru, nicméně konkrétní informace o rudních nálozích se z této doby nedochovaly. Známa je pouze zpráva visitační komise, která udává celkovou těžbu na této žíle do roku 1589 na 25 091 hřiven Ag (cca 6.3 t) v celkové hodnotě 51 048 tolarů. V 17. století zde těžba spíše živořila a tak první konkrétní informace o nálozích na žíle Geister dostáváme až s postupem báňských prací v polovině 19. století.

V březnu 1847 byl naražen v úrovni patra Barbora (263 m pod povrchem) na Dušní žíle extrémně bohatý náloz na Ag rudy, reprezentovaný rudní čočkou o směrné délce 57.5 m (30 láter) a výšce 23 m (12 láter). Rudní čočka byla objevena horním přísežným a vedoucím důlních prací Franzem Jantschem a geologické poměry a obsah rudní čočky později podrobně popsali první horní přísežný Carl Sternberger (1856, 1857, 1859) a druhý horní přísežný Josef Florián Vogl (1853a, 1856a, 1857). Hlavní těženou rudou zde byly tzv. *Speise*, jemnozrná, masivní směs galenitu, sfaleritu, skutteruditu, rammelsbergitu, nikelinu a ryzího bismutu, v jejichž dutinách se hojně vyskytovalo ryzí stříbro, akantit, stefanit a polybazit. Místy se v čočce vyskytovaly i další minerály Ag, zejména proustit, vzácně pyrargyrit a xantokon (označovaný Voglem jako rittingerit, později ztotožněn právě s xantokonom), uváděné jsou i vzácné výskyty sternbergitu a chlorargyritu. V žilovině byly nalézány až půl coule (1.25 cm) velké krystaly pyritu, místy galenit, tvořící krystaly oktaedrického habitu, markazit, chalkopyrit a pěkné krystaly sfaleritu (popsán původně jako nový minerál voltzin, Vogl 1853b). Tato rudní čočka byla označována jako tzv. starý Adelspunkt a nalézala se v místech, kde přechází žíla Geister celá do porfyru. Porfyr zde pokračoval do nadloží i podloží žíly ještě do vzdálenosti 9.6 m (5 láter). Nejbohatší zrudnění se nacházelo v místě křížení žíly Geister s porfyry pod ostrým úhlem. Žíla Geister byla otevřena na patře štolý Barbora ve směrné délce 576 m (300 láter) a zrudněna byla ještě 138 m (72 láter) na jih od vertikálního průmětu nálezného šachty Geister.

Velmi bohaté zrudnění bylo nalezeno v dalším nálohu v roce 1847, kdy bylo přikročeno k odpracování rudní čočky pod patrem štolý Barbora, konkrétně na 3. výstupku nad mezipatrem pod touto štolou. Směrem od nálezného Dušní šachty (šachta Geister) k jihu žíla nabyla mocnosti zhruba 30 až 38 cm a dosahovala na vzdálenost několika sáhů kovnatosti až 18 - 20 hřiven Ag v centýři rudy (okolo 4000 g/t). Z tohoto velkého nálohu pocházel 37.6 kg těžký vzorek velmi bohaté komplexní rudniny tvořící tzv. *Speise* s ryzím stříbrem, skutteruditem a chalkopyritem, v jehož dutinách jsou nádherné krystaly akantitu. Podložka byla tvořena masově červeným porfyrem (Vogl 1856a). Tento vzorek byl uchováván ve sbírkách vrchního horního úřadu v Jáchymově, kde pravděpodobně bohužel shořel s celou unikátní sbírkou při obrovském požáru města v roce 1873.

Ještě bohatší byl nález tzv. Nového adelspunktu objevený v noci z 1. na 2. října 1853 (Vogl 1854). Nacházel se 135 m na jih od starého Adelspunktu v místě, kde se žíla Geister rozdělila do dvou odžilek. Nadložní odžilek pokračoval v porfyru a podložní odžilek ve svorové sérii. Hlavní žíla Geister představovala hranici mezi oběma horninami a právě na této hranici byla objevena velká rudní čočka, reprezentovaná často monominerální výplní nikelinu a



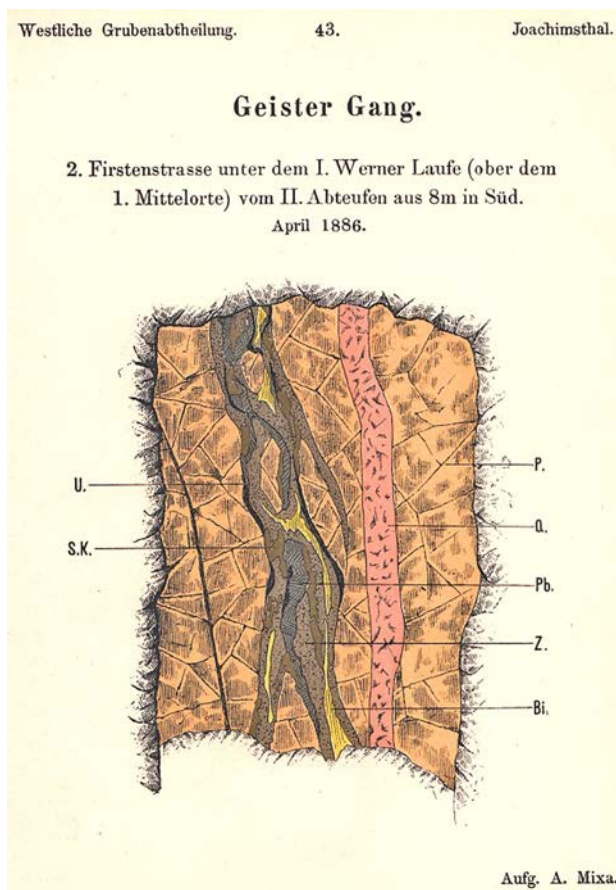
Obr. 3 Frontispis stěžejní publikace o minerálech jáchymovského rudního revíru (Vogl 1856).

místy i ryzího Ag. Žíla v těchto partiích dosahovala průměrné mocnosti 20 - 30 cm. Tyto dva tzv. Adelspunkty, starý a nový, představují pravděpodobně největší novodobé nálohy stříbrných rud v Jáchymově v 19. století, které již nebyly později překonány.

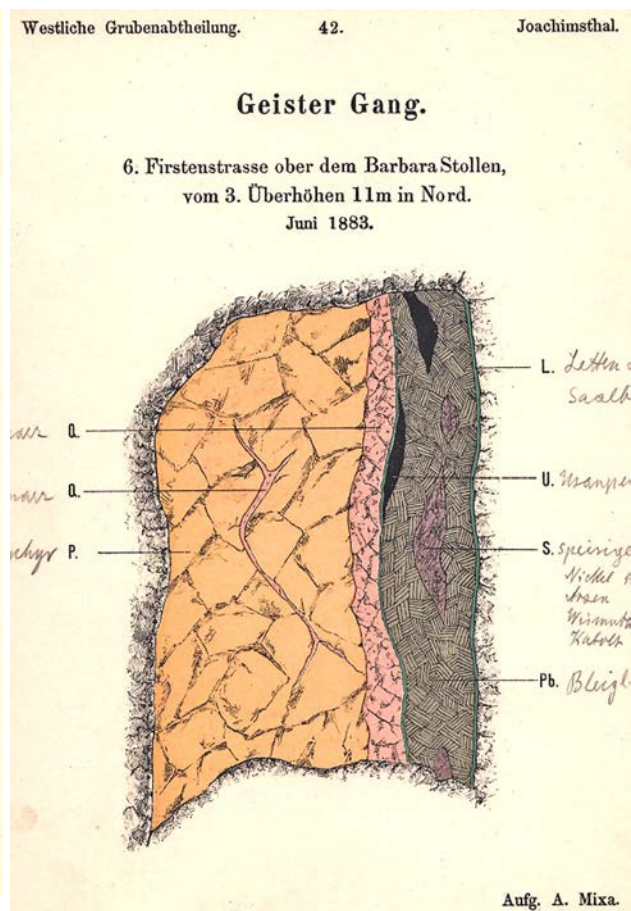
Poslední náloz na Dušní žíle, rozsahem již méně významný, byl učiněn 13. července 1854, v průběhu průzkumu dobývek pod štolou Barbora na mezipatře nad patrem Daniel (Vogl 1854). Zde byla nalezena čočka s ryzím Ag, akantitem, proustitem, pyrargyritem a markazitem. Žíla zde dosahovala mocnosti až 23 cm.

Po odpracování těchto nálozů byla produkce stříbra v jáchymovské huti prakticky zastavena (Babánek, Seifert 1893) a veškeré stříbrné rudy byly od roku 1868 posílány ke zpracování do Příbrami. Dokumentačně významné barevné profily jáchymovských žil byly publikovány v práci Frieseho a Göbla (1891), která obsahuje také několik profilů z žíly Geister z oblasti patra Barbora (obr. 4 a 5).

Při pracích uranových dolů Jáchymov na začátku 2. poloviny 20. století již v dokumentech nejsou žádné výraznější nálezy stříbrných rud zmiňovány. Důlní práce se tehdy spíše soustředily na hlubší partie žil nesoucích převážně uranové zrudnění.



**Obr. 4** Profil žilou Geister v úrovni 2. výstupku pod I. novým Wernerovým patrem, 8 m jižně od 2. hloubení v dubnu roku 1886 (Friese, Göbl 1891). Čelba obsahovala výskytů uraninitu - U, pyritu - S.K., ryzího bismutu - Bi, rozložené rudy (černě) - Z, galenitu - Pb, křemene - Q v porfyru - P.



**Obr. 5** Profil žilou Geister v úrovni 6. výstupku nad štolou Barbora v červnu roku 1883 (Friese, Göbl 1891). Čelba obsahovala výskytů uraninitu - U, jílových minerálů - L, arsenidů niklu - S, galenitu - Pb, křemene - Q v porfyru - P.

## Minerály nalezené na žíle Geister

### Primární /sulfidické/ minerály

Z primárních minerálů byly vyhledávané hlavně ušlechtilé stříbrné rudy, které se v příporchových partiích vyskytovaly v bohatých nálomech. Z těchto minerálů můžeme jmenovat zvláště ryzí stříbro, vyskytující se ve formě až několik centimetrů dlouhých drátků. Častý byl také argentit/akantit tvořící drúzy krystalů a žilné výplně (obr. 6). Poněkud vzácnější než v oblasti dolu Svornost byly na této žíle výskytů proustitu. Glückselig (1861) uvádí nový výskyt sternbergitu na Dušní žíle jako drobné krystaly v drúzách bez bližší lokalizace. V červnu roku 1872 byla na žíle Geister objevena drobná čočka, pravděpodobně na patře štolu Barbora, kde byla v dolomitu s hojným markazitem nalezena dutina argentopyritu s novým minerálem, frieseitem, nazvaným na počest ministerského rady F. M. Frieseho z Vídně. Tento druh byl později diskreditován, neboť bylo



**Obr. 6** Dobře vyvinuté pseudomorfózy akantitu po kubickém argentitu ze žíly Geister v Jáchymově. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister. Šířka obrázku 12 mm. Foto P. Škácha.





Obr. 7 Kubické krystaly vzácného chlorargyritu ze žíly Geister v Jáchymově. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.



Obr. 8 Perimorfóza rammelsbergitu po stříbře v typické místní rudě zvané Speisse. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister. Šířka obrázku 22 mm. Foto P. Škácha.



Obr. 9 Perfektně vyvinutá srostlice krystalů pearceitu zarůstající do dutiny arsenidů Ni, Fe a Co. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.

zjištěno, že jde o směs sternbergitu a pyritu. Minerál byl nalezen v roce 1872 osobně Karlem Vrbou, profesorem Univerzity Karlovy (Vrba 1878). Pravděpodobně ze žíly Geister pochází popis balvanu chlorargyritu o hmotnosti 150 kg, uváděný Kochánkem (1976). Nicméně tento údaj není uveden nikde v dostupné primární literatuře, a proto je nezbytné jej považovat za nepotvrzený. Chlorargyrit se patrně vzácně vyskytoval jako zemité béžové agregáty a místy i jako dobře vyvinuté kubické krystaly do velikosti až několika milimetrů (obr. 7). Měď cementačního původu se vyskytovala zřejmě lokálně poměrně často. Na patře Barbora udává Vogl (1854) výskyt mědi při přechodu žíly do rozvětralého porfyru, a to pouze tam, kde došlo ke styku porfyru se svory. Zde byly nalezeny až 2.5 cm velké plátky a dendritické agregáty ryzí mědi jasně měděně červené barvy. Popisovaný je také výskyt cementačního mědi v komíně mezi 3. a 6. dušním patrem, kde se v komíně s tekoucí vodou srážela novotvořená ryzí měď na železných částech výstroje a na dřevěných žebřících (Hloušek 2011). Charakteristickou rudou pro žílu Geister je výskyt tzv. *Speisse* - což je masivní směs rudních minerálů - tenantitu, chalkopyritu, pyritu, bornitu, galenitu, sfaleritu a zejména arsenidů Co a Ni a vzácněji také ryzího bismutu (obr. 8). Z minerálů stříbra asociovaly s arsenidy vzácně pearceit (obr. 9) a polybazit. Poměrně hojně se v této asociaci vyskytoval i nikelin. Největší vydobyté kusy nikelínu z nálohu z roku 1853 dosahovaly hmotnosti 150 - 200 liber (68 - 90 kg). Velký vzorek nikelínu s ryzím stříbrem, 73 kg těžký, byl Voglem poslán jako rarita na světovou průmyslovou výstavu do Paříže v roce 1855 (Vogl 1856a). Tzv. *voltzin*, který byl nalezen v nálohu z roku 1847 (Vogl 1853b, 1856b), byl později zrušený jako směs sfaleritu a wurtzitu. V polovině listopadu 1876 našel J. Gamper na 6. dušním obzoru dvojčata dobře omezených krystalů arsenopyritu a předal je sekčnímu šéfovi ministerstva orby ve Vídni J. Schröckingerovi, který je věnoval mineralogickému muzeu vídeňské univerzity (Gamper 1876). Unikátní nález učinil Josef Florián Vogl (Vogl 1856a) v roce 1852 v prostoru nálohu na Dušní žíle z roku 1847, kdy na 2. výstupku nad mezi-patrem jižně od Dušní šachty, našel jehličkovité až vláskovité krystaly třešňově červené barvy patřící kermezitu a až 5 cm dlouhé jehličkovité



agregáty patřící pravděpodobně antimonitu (Grauspiesglanzerz, prismatoidischer Antimonglanz, Federerz), v asociaci s ryzím bismutem, skutteruditem, galenitem a sfaleritem. Bohužel v současné době neexistuje k tomuto nálezu dokladový materiál, vzorek kermezitu uložený v Národním muzeu pochází ve skutečnosti pravděpodobně z lokality Bräunsdorf (Německo). Zajímavý je i Voglův nález milleritu ve starém nálohu z roku 1847, kdy se vzácně vyskytl v asociaci se skutteruditem, ryzím Bi, ryzím Ag a galenitem na úrovni štoly Barbora (Vogl 1853a). Moderním výzkumem nepotvrzeným minerálem, který popisuje Vogl (1856c), je tetradymit (Tellurwismuth), uváděný v asociaci s bismutitem, walpurginem a torbernitem. Přítomnost telluru v jáchymovských minerálech je sice překvapivá, nicméně jí nelze vyloučit.

#### Supergenní mineralizace

Velmi početná je skupina supergenních minerálů, vznikajících oxidačním zvětráváním primární sulfidické a uranové mineralizace. Variabilita supergenní mineralizace je dána zejména chemickou rozmanitostí primárních minerálů. Dalším důležitým faktorem je, nejen na jáchymovské poměry, značný hloubkový dosah supergenní zóny. Hloušek (2011) udává hranice oxidační zóny až k úrovni starého 6. dušního patra v hloubce okolo 233 m pod povrchem. Kromě supergenních minerálů oxidační zóny *in-situ* byly na žíle Geister velmi hojně nalézány i velmi rozmanité supergenní minerály, recentně vznikající v opuštěných důlních dílech. K výskytu takového rozsahu, jaký byl zjištěn na žíle Geister, přispěla také rozsáhlá báňská otvírka této žíly již od 16. století.

Pionýrská je práce Josefa Floriana Vogla o supergenních minerálech uranu, kobaltu, niklu, bismutu a mědi (Vogl 1856d,e), ve které popisuje jejich vznik ve starých důlních dílech na žíle Geister a okolnosti a podmínky jejich výskytu. V této práci Vogl udává velmi věrný obraz starých důlních děl, znovuotevřených důlními pracemi po více jak 150 letech. Jako

**Obr. 12** Jablečně zelené agregáty vzácného atelestitu asociující s krystaly torbernitu. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.



**Obr. 10** Hnědé a žluté krystaly walpurginu narůstající na krystal torbernitu. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.



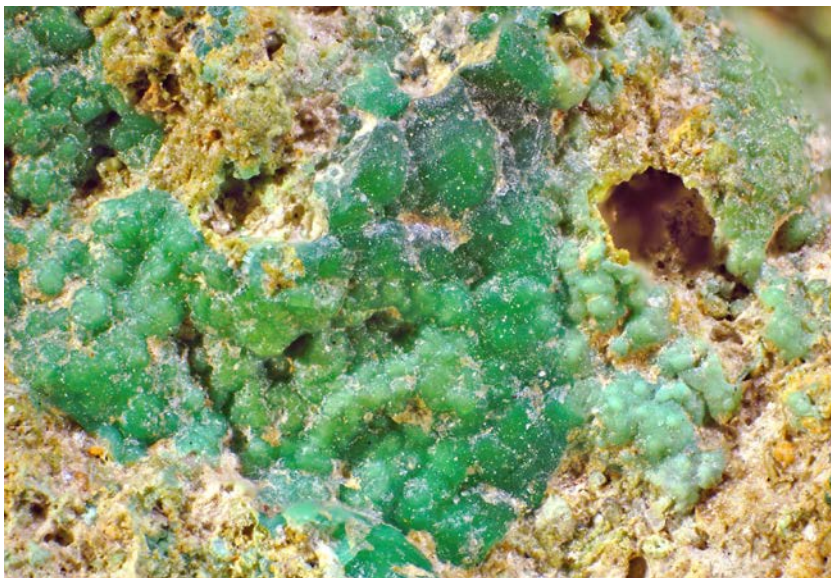
**Obr. 11** Zonálně zbarvený kulovitý agregát eulytinu. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 2,5 mm. Foto P. Škácha.







**Obr. 13** Drobné zelené jehlicovité agregáty mixitu asociující s krystaly torbernitů. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.



**Obr. 14** Atypické sytě zelené ledvinité agregáty agarditu-Y. Jáchymov, odval tzv. Hoffmanova léna, žíla Geister. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.



unikátní prostředí pro růst a vznik sekundárních minerálů zmiňuje stará důlní díla na 1., 3. a 7. dušním patře, kde se nacházejí důlní díla z 16. století a vzhledem ke stálé teplotě a intenzivní vlhkosti vzduchu a zajištěné cirkulaci vzduchu ve starých důlních dílech zde vznikají velmi zajímavé minerály.

#### **Asociace oxidických supergenních minerálů Bi-U-Cu-As**

Z bohaté supergenní zóny *in-situ* v jižní části žíly Geister ve vzdálenosti cca 400 m jižně od šachty, byla zjištěna v dutinách křemenné žiloviny a na puklinách okoložilných hornin rozmanitá asociace supergenních oxidických minerálů, zejména U, As a Bi. Často se vyskytoval také autunit a metaautunit. V roce 1856 popsal Vogl (1856f) z úrovně štoly Barbora bismutit a nový minerál waltherit (1856c), nazvaný na počest horního rady Josefa Walthera, jenž byl později ztotožněn s walpurginem (Weisbach 1871, 1873, 1877). Mezi pozoruhodné patří ukázky walpurginu, nesoucí až několik milimetrů velké pravítkovité krystaly šedé až žluté barvy (obr. 10). Některé vzorky, opticky připomínající walpurgin, mohou patřit jeho fosfátovému analogu - fosfowalpurginu (Ondruš et al. 1997; Sejkora et al. 2004). Primární ryzí Bi je často celý vyloužen a nahrazen supergenními minerály, tvořícími až několik centimetrů velké pecky, složené ze šedého bismutu s typickým hedvábným leskem, případně i bismutit. Na jeho puklinách a v dutinách žilek křemene se vyskytují kulovité agregáty šedého, žlutého až černého eulytinu o velikosti až 2 mm (obr. 11) a také vzácnějšího smrkovecitu. Nově byl zjištěn i vzácný žlutozelený atelestit (obr. 12), jenž byl dříve znám pouze v směsích s ostatními arsenáty (Hloušek 2011); vyskytuje se v podobě bohatých kuličkovitých agregátů v asociaci s bismitem, walpurginem a eulytinem. Zjištěn byl také žlutý až tmavě šedý preisingerit ve formě kompaktních agregátů nebo nepravidelných žilek v křemenu. V masivní směsi supergenních minerálů byl také potvrzen beyerit,

**Obr. 15** Radiálně paprscité hematitizované sloupcovité krystaly xenotimu zarůstající do alterované žiloviny. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, výchoz. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.



bismutit a kettnerit (Hloušek 2011). Mezi extrémně vzácné minerály, vzniklé větráním primární Bi (ryzí Bi) a Cu mineralizace (tennantit) patří modré krystalické agregáty mrázekitu nalezeného na odvalu jámy bohatého Hofmanova léna (Ondruš et al. 1997; Hloušek 2011). Poměrně hojným supergenním minerálem Bi, Cu a As je mixit (obr.



**Obr. 16** Sloupcovité, perfektně vyvinuté krystaly anglesitu asociující s krystaly dewindtitu. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 1.8 mm. Foto P. Škácha.



**Obr. 17** Dobře vyvinuté tabulkovité krystaly torbernitů narůstající v limonitizované dutině křemene. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.

13). Jeho první popsání náležel učinil horníkem Anton Mixa v rozsáhlé dobývce 20 m pod 6. dušním obzorem v asociaci s torbernit, bismutem a walpurginem, dále s Bi-obstahujícím tennantitem a ryzím Bi. Materiál z tohoto zajímavého nálezu předal Mixa profesor Albrechtu Schraufovi do Vídně, který jej v roce 1880 mineralogicky charakterizoval a nazval nový minerál na počest nálezce mixitem (Schrauf 1880). Mixit tvoří až 1 cm velké srostlice drobných jehlicovitých agregátů, nebo radiálně paprscitě agregáty typicky modrozelené barvy. Z dalších nerostů mixitové skupiny byl nově zjištěn poměrně nenápadný agardit-Y (Ondruš et al. 1997; Plášil et al. 2014a) a také goudeyit (Plášil et al. 2014a). Poměrně nenápadné jsou bílé kulovité agregáty churchitu-(Y) do velikosti až 1 mm v asociaci s parsonsit, zeuneritem a anglesitem (Ondruš et al. 1997; Frost et al. 2010). Zdroj yttria na žíle Geister lze spatřovat jednak v uraninitu, ale také v xenotimu-(Y) (obr. 15), který se poměrně často vyskytuje ve formě silně hematitizovaných prizmatických krystalů, srůstajících do agregátů až 1 cm velikých zarůstajících do silně hematitizované žiloviny. Vzorky obsahující xenotim-(Y) byly nalezené na výchozech žíly Geister. V malých dutinách křemene v okolí slepé jámy Grüne Hirsch (Zelený jelen) na 3. dušním patře, byly nacházeny četné agregáty Cu-fosfátů a arsenátů, jako jsou ludjibait, corkit, olivenit (Hloušek 2011) a libethenit (Ondruš et al. 1997). Také zde byly nalezeny drobné číré sloupcovité krystaly anglesitu (obr. 16), místy s tabulkovitými krystaly uranylfosfátu dewindtitu.

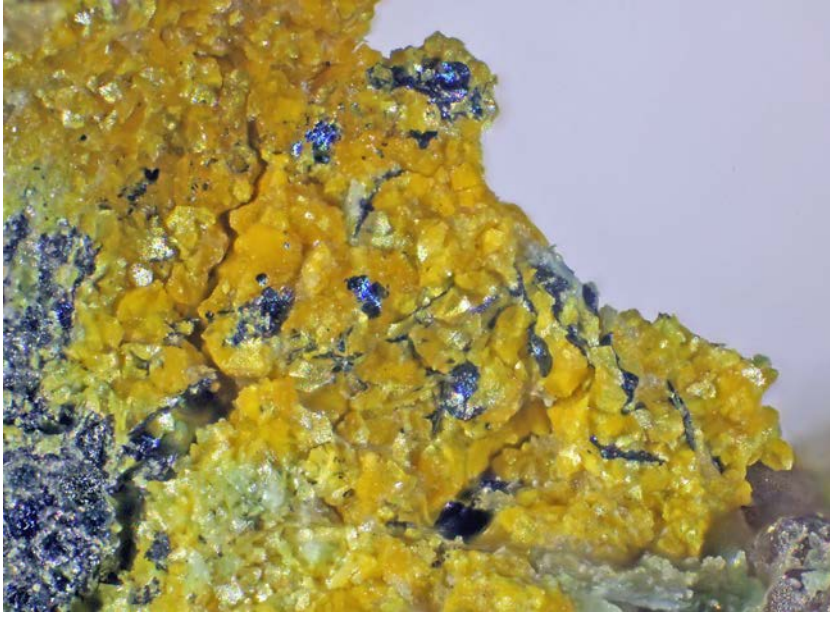
#### **Asociace minerálů uranu; supergenní minerály oxidační zóny in-situ a recentně vznikající U minerály**

Primární uranové zrudnění je reprezentováno uraninitem, který se na žíle Geister vyskytoval velmi běžně. Pro žílu Geister je charakteristické, že výskyty uraninitu jsou na vrchních patrech spjaty s výskyty Cu a Bi rud, směrem do hlubších partií žíly pak výskyty uraninitu výrazně přibývá a vyskytuje se i jako samostatná masivní výplň partií žíly. Například na nadložním odžilku žíly Geister (Geistergang-Hangendtrum), objeveném v roce 1880, byla na I. Wernerově patře zastížena výplň nesoucí uraninit o mocnosti až 20 cm (Friese, Göbl 1891).

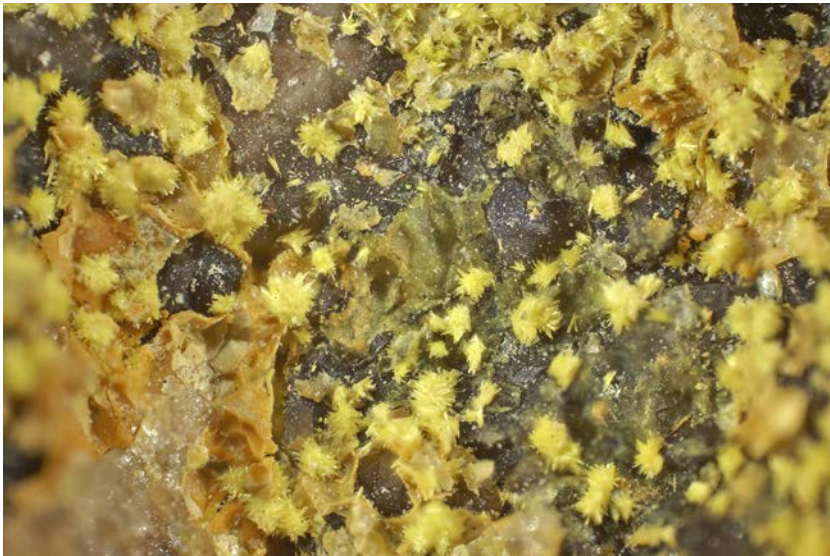
Ze supergenních minerálů uranuly, vzniklých zvě-

tráváním v oxidační zóně *in-situ*, se velmi hojně vyskytuje torbernit a metatorbernit, a to ve formě až 1 cm velkých krystalů v silně limonitizované žilovině (obr. 17). Známé jsou zejména ukázky těchto hydratovaných uranylfosfátů mědi pocházející z dobývek nad 3. dušním patrem. Poměrně vzácnější jsou výskyty parsonsit a dewindtitu, často přímo porůstající limonitizované reliktu vyloučeného uraninitu. Pestrou škálu uranových slídk doplňuje výskyt vochtenitu ve formě drobných plochých agregátů světle béžové až hnědé barvy v asociaci s autunitem a torbernit (Ondruš et al. 1997). Kahlerit a metakahlerit byly nalezeny ve formě měkkých povlaků složených ze světle žlutých tabulkovitých krystalů v asociaci s zeuneritem a metažeamunitem na žilovině obsahující pyrit, uraninit a tennantit (Ondruš et al. 1997). Uranylsilikát





**Obr. 18** Krystalické agregáty oranžového curienitu v alterované žilovině v asociaci s tennantitem. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast jámy Zelený jelen. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.



**Obr. 19** Srostlice krystalů minerálu blízkého jáchymovitu na alterované žilovině. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.



olova, kasolit, se vyskytl jako žluté zemité mikrokrytalické agregáty do velikosti až 5 mm (Ondruš et al. 1997). Metaťujamunit a ťujamunit se vyskytly ve formě žlutých, místy masivních, krystalických povlaků na žilovině, doprovázených agarditem-(Y) a goudeyitem (Plášil et al. 2014a), častěji však byly tyto minerály zjištěny ve formě špatně krystalických žlutých až žlutozelených povlaků na puklinách žiloviny s masivní primární Cu a U mineralizací. Vzácný vanadát uranulu a olova, curienit, se vyskytl ve formě práškovitých agregátů, vzácněji pak i jako krystalické agregáty oranžové barvy, společně s zeuneritem a vylouženými rudními minerály na vzorcích z 3. dušního patra (obr. 18).

Bohatou asociaci recentně vznikajících supergenních minerálů ve starých důlních dílech na žíle Geister podává již výše zmiňovaná práce horního přísežného Josefa Floriana Vogla (Vogl 1856a,b). V roce 1873 byl profesorem vídeňské univerzity, Albrechtem Schraufem (Schrauf 1873), popsán nový minerál uranu, nazvaný na počest sekčního šéfa barona Julia Schröckingera z Vídně, schröckingeritem. Minerál byl nalezen na žíle Johannes Evangelista (důl Svornost) a také na jednom vzorku pocházejícím ze starých dobývek na žíle Geister na 3. dušním obzoru jámy Werner. Velmi kvalitní byl nálež johannitu od Franze Peschky z křížení severní části žíly Geister a Červené žíly v cechu Eliáš na starém patře 57 m pod povrchem úklonné jámy Eliáš z roku 1819. V roce 1978 byl johannit objeven vzácně v úrovni 3. dušního patra při mineralogickém průzkumu Vlastimilem Štulířem a Miroslavem Zemanem v oblasti slepé jámy Zelený jelen (Grüne Hirsch). Tvořil syté zelené sloupcovité krystaly, dosahující velikosti až několika milimetrů, narůstající na silně alterovanou žilovinu nesoucí primární uranové a měděné zrudnění (P. Černý a F. Veselovský, ústní sdělení). V obdobných podmínkách, nicméně daleko častěji, se vyskytuje recentně vznikající uranopilit, tvořící často bohaté agregáty drobných jehlicovitých krystalů syté žluté bar-

**Obr. 20** Dobře vyvinuté tabulkovité krystaly pradetitu narůstající na alterovanou žilovinu obsahující sádrovec a köttigit. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast tzv. lindackeritové dobývky. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.



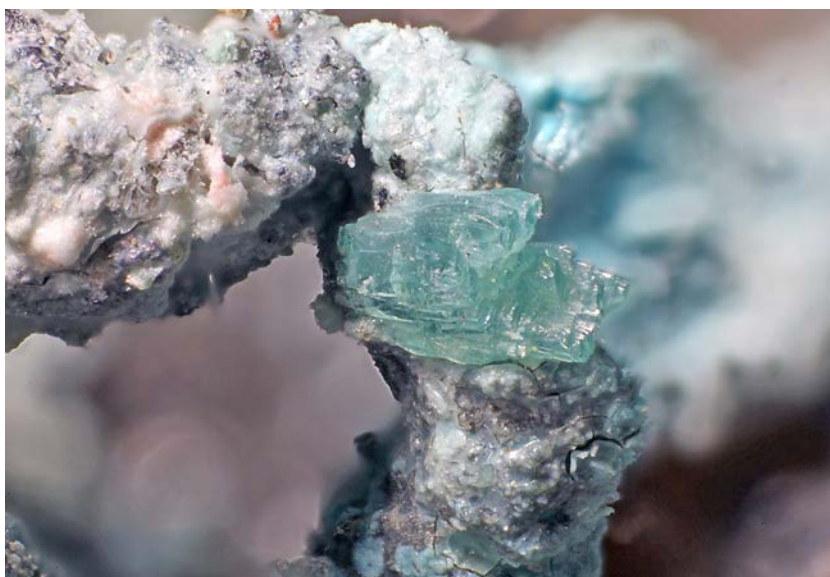
vy, narůstají často přímo na zvětralý uraninit. Velmi vzácně byl nalezen na úrovni 3. dušního patra i minerál blízký jáchymovitu, který se od uranopilitu liší vzhledem krystalů, sytě žlutou barvou a odlišnou intenzitou luminiscence v UV záření (obr. 19).

#### **Asociace supergenních minerálů mědi a doprovodných minerálů**

V roce 1853 byl Voglem objeven na starých Dušních patrech nový supergenní minerál arsenu, niklu, kobaltu a mědi, nazvaný na počest abertamského lékárníka a chemika Josefa Lindackera, lindackeritem (Vogl 1853c). Minerál byl s největší pravděpodobností objeven v materiálu z rudního sloupu, nalézajícím se jižně od šachty Rovnost, někdy také označovaném jako „lindackeritová dobývka“. Moderním mineralogickým výzkumem byly z této asociace zjištěny a popsány i další velmi vzácné supergenní arseničnany Cu, Co, Ni a Mn: pradetit (obr. 20), hloušekit (obr. 21), veselovskýit (obr. 22) a klajit (obr. 23), patřící do lindackeritové superskupiny (Sejkora et al. 2010; Plášil et al. 2014b). V asociaci s minerály lindackeritové superskupiny se hojně vyskytují růžové krystaly minerálů vivianitové skupiny, kromě běžného erytrínu, annabergitu a köttigitu, zde byl popsán i Cu-dominantní člen této skupiny - nový minerál babánekit (obr. 24) (Plášil et al. 2012). Asociaci minerálů lindackeritové superskupiny také doprovází častý lavendulan, místy pravděpodobně i richelsdorfit, a málo častý strašimirit. Asociace supergenních minerálů mědi byla nalezena i na starém 6. dušním patře, kde byl na počtvě chodby zjištěn zvětralý rudní materiál, pravděpodobně pocházející z vyspaného důlního vozíku, tmelený recentními Cu-arseničnany (Hloušek 2011; J. Hloušek, ústní sdělení). Jedním z hlavních minerálů v této asociaci je geminit, tvořící bohaté světle zelené krystalické povlaky, dále veselovskýit, lavendulan a arsenolit. Výzkum tohoto materiálu zdaleka není dokončen a předpokládáme zde přítomnost minimálně dvou nových, nepojmenovaných minerálů. V roce 1856 nalezl



**Obr. 21** Bledě zelené bohaté krystalické agregáty vzácného hloušekitu narůstající na babánekit. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast tzv. lindackeritové dobývky. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.

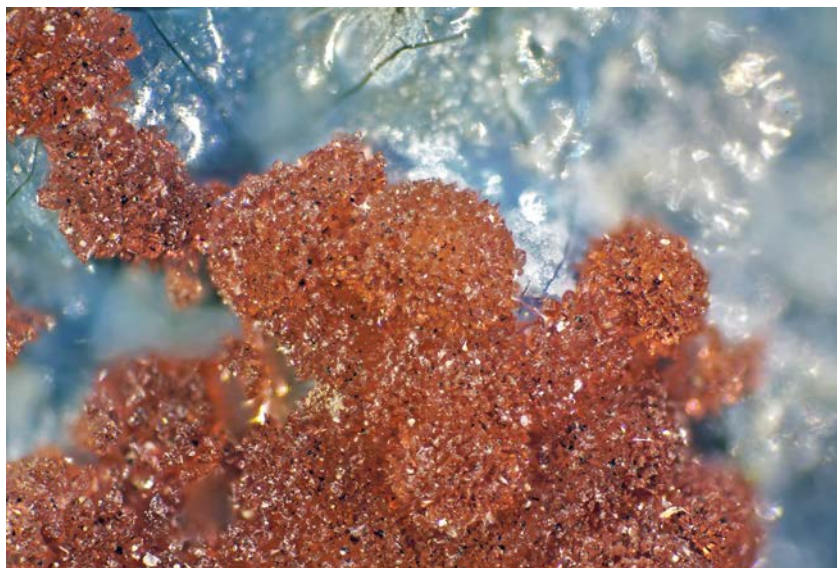


**Obr. 22** Bledě modrý krystal veselovskýitu narůstající na alterovanou žilovinu. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast tzv. lindackeritové dobývky. Šířka obrázku 2.5 mm. Foto P. Škácha.

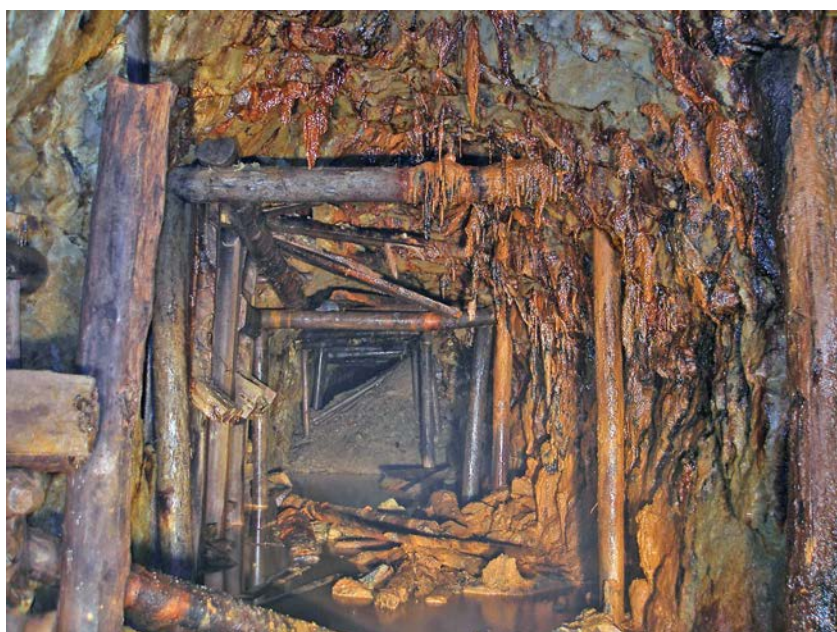


**Obr. 23** Zelené sloupcovité krystaly klajitu narůstající na alterovanou žilovinu. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister, 3. dušní patro, oblast tzv. lindackeritové dobývky. Šířka obrázku 12 mm. Foto P. Škácha.

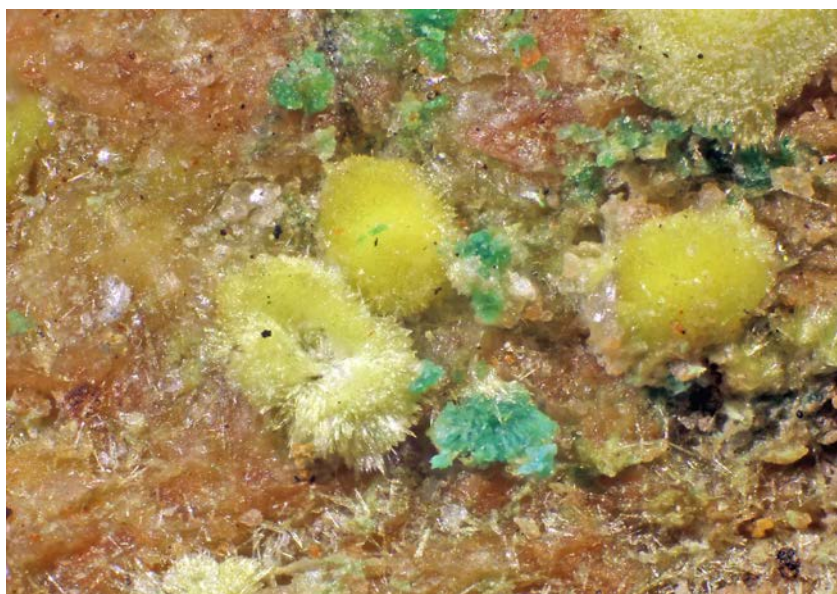




**Obr. 24** Kulovité srostlice drobných krystalů babánekitu narůstající na amorfní minerál vyplňující dutinu v žilovině. Jáchymov, důl Rovnost I, žíla Geister. Šířka obrázku 4 mm. Foto P. Škácha.



**Obr. 25** Krápníky „pitticitu“ - amorfních oxohydridů a arseničnanů železa ve směrném překopu poblíž slepé jámy Zelený jelen. Jáchymov, důl Rovnost I, 3. dušní patro - jih. Foto archiv autorů.



**Obr. 26** Krystalické agregáty zeleného chalkonatronitu doprovázené žlutým jehlicovitým čejkaitem. Jáchymov, odval tzv. Hoffmanova léna, žíla Geister. Šířka obrázku 2.2 mm. Foto P. Škácha.

Vogl (Vogl 1856a) ve stařinách na 3. dušním patře v jižním dolovém poli nový minerál označený kobaltvitriol (což je minerál Bieberit) a nový amorfní minerál nazvaný paterait (Vogl 1856f). Tento druh byl však diskreditován (Veselovský et al. 1997), neboť se jedná mikrokrystalickou směs několika minerálů. Dále Vogl zjistil výskyt vzácného morenositu (nickelvitriol) ve formě zelených prizmatických krystalů (1853d). Jako kuriozitu Vogl uvádí v severní části 3. dušního obzoru až k čedičovému tufu (tzv. putzenwacke) místy až 1.5 stopy velké (48 cm) stalaktity pitticitu (obr. 25), které ohromily horníky pracující na znovuoctvíření důlních děl. Asbolan byl v minulosti popsán jako psilomelan. Vytváří povlaky a práškovité agregáty černé barvy, v případě masivních agregátů má mastný lesk. Vyskytuje se v dutinách ve směsi se stříbrnými černými (Kratochvíl 1962). Recentně se na rudnině obsahující sulfidy mědi vzácně vyskytoval chalkantit v asociaci s minerály lindackeritové superskupiny a erytrínem (Ondruš et al. 1997). Velmi vzácně se v dobývkách 3. dušního patra nalézal As analog minerálu sincositu, doposud se jej však nepodařilo popsat jako novou minerální fázi. Vytváří zde drobné, maximálně 0.5 mm velké srostlice zelených tabulkovitých krystalů, jen



velmi špatně vzhledem odlišitelných od zeuneritu. Drobné krystaly velmi vzácného chalkonatronitu byly zjištěny v materiálu pocházejícím z Dušní žíly, doprovázené čejkaitem a pravděpodobným pirronitem (obr. 26) (Plášil et al. 2013a). Cerusit byl zjištěn na galenitu (Vogl 1856e) ve formě povlaků a nově také dlouhé dipyramidální krystaly světle šedé barvy narůstající na bismutoferritu (Ondruš et al. 1997). Společně s krystaly walpurginu se vyskytují povlaky sytě zeleného chryzokolu. Cornwallit byl identifikován pouze na jediném vzorku ve formě sytě zelených skelných kulovitých agregátů a povlaků narůstajících na horninu (Ondruš et al. 1997). Diadochit popisovaný v historické zprávě nebyl nově potvrzen (Kratochvíl 1960; Ondruš et al. 1997). Vzácný hemimorfit je popisován ve formě krystalových skupin průhledných tabulkovitých krystalů (Vogl 1854). Hidalgoit byl zjištěn pouze na jednom vzorku jako malé nepravidelné agregáty zelenožluté barvy narůstající na krystalech zeuneritu a metazeuneritu (Ondruš et al. 1997). Mimetit byl nalezen pouze v jediném případě ve formě žlutobílých práškovitých výplní dutin v porézni žilovině v asociaci s zeuneritem, metazeuneritem a baydonitem (Ondruš et al. 1997). Vzácně se také vyskytly pyromorfit a pseudomalachit, vzorky pocházejí zejména z haldového materiálu. Zajímavostí je také výskyt wulfenitu ve formě protažených dipyramidálních krystalů do 2 mm pokrytých limonitem (Ondruš et al. 1997).

## Závěr

Přes poměrně malý zjištěný rozsah žíly Geister, zejména co se její směrné délky týče, v porovnání s jinými jáchymovskými žilami, je tato žíla extrémně mineralogicky bohatá. Kromě velmi bohatého stříbrného zrudnění poskytla velmi rozsáhlou asociaci supergenních minerálů zvláště uranu a mědi. Z této žíly bylo také popsáno několik typových minerálů a to i z období posledních let. Podrobným mineralogickým výzkumem této žíly se dlouhodobě intenzivně zabýval nedávno na věčnost odešlý RNDr. Jan Hloušek (10. 3. 1950 - 27. 4. 2014), na jehož počest byl také pojmenován zatím poslední nový minerál popsáný ze žíly Geister, Ni, Cu-dominantní člen lindackeritové skupiny - hloušekit (Plášil et al. 2013b; 2014b).

## Poděkování

Autoři děkují Kateřině Hlouškové (Jáchymov) a Lucii Holé (Praha) za poskytnutí řady archivních materiálů. Tato práce byla finančně podpořena post-doktorským grantem GAČR 13-31276P pro JP a Ministerstvem kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2014/01, 00023272) pro PŠ.

## Literatura

- Babánek F., Seifert A. (1893) Zur Geschichte des Bergbau- und Hüttenbetriebes von Joachimsthal in Böhmen. *Berg und Hütten. Jahrb. der k. k. Berg. zu Leoben und Příbram und kön. ungar. Berg. zu Schemnitz* XLI, 63-154, Wien.
- Friese F. M. R., Göbl W. (1891) Geologisch - bergmännische Karte mit Profilen von St. Joachimsthal nebst Bildern von den Erzgängen in Joachimsthal. 1-54, Wien.
- Frost R. L., Sejkora J., Keefe E. C., Plášil J., Čejka J., Bahfenne S. (2010) Raman spectroscopic study of the phosphate mineral churchite-(Y),  $YPO_4 \cdot 2H_2O$ . *J. Raman Spectrosc.* 41, 202-206.
- Gamper J. (1876) Arsenopyritzwillinge von Joachimsthal. *Verh. der k. k. geol. Reichsanst.* 15, 354-355, Wien.
- Glückselig A. M. (1861) Das Vorkommen der Mineralien im Egerer Kreise Böhmens. 4-71, Karlsbad.
- Hloušek J. (2011) Horský urbanistický skvost, který o návštěvníky nestojí. *Přístup 27. října 2014 na adrese* <http://www.jachymov-joachimsthal.cz>.
- Kochánek L. (1976) 1000 československých rekordů. *Nakl. Olympia*, 20, 39, 77, Praha.
- Kratochvíl F. (1960) Topografická mineralogie Čech III (I-K). *Nakl. Česk. Akad. věd.* 9-79, Praha.
- Macourek K., Čumrda J. (1963) Zhodnocení těžební činnosti jáchymovských dolů na hydrotermálním ložisku Jáchymov. *MS, archiv DIAMO, archiv Příbram - Šachta č. 14, sv. 140166*.
- Mrňa F. (1960) Dílčí zpráva o geochemickém výzkumu komplexního zrudnění v Jáchymovské oblasti 1958-1960. *MS, DIAMO, archiv Příbram - Šachta č. 14, sv. 29*.
- Ondruš P., Veselovský F., Gabašová A., Hloušek J., Šrein V., Vavřín I., Skála R., Sejkora J., Drábek M. (2003) Primary minerals of the Jáchymov ore district. *J. Czech Geol. Soc.* 48, 3-4, 19-147.
- Ondruš P., Veselovský F., Hloušek J., Skála R., Vavřín I., Frýda J., Čejka J., Gabašová A. (1997) Secondary minerals of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. *J. Czech Geol. Soc.* 42, 4, 1-76.
- Pittauerová D. (2002) Zvětrávání uranu na historické haldě stříbrného dolu v Jáchymově. *MS, dipl. práce PřFUK, 1-44, Praha*.
- Plášil J., Fejfarová K., Škoda R., Škácha P., Sejkora J., Veselovský F., Hloušek J., Novák M. (2012) Babánekite, IMA 2012-007. *CNMNC Newsletter* No. 13, June 2012, page 814; *Mineral. Mag.* 76, 807-817.
- Plášil J., Hloušek J., Kasatkin A. V. (2014a) Pozoruhodný výskyt metařujamunitu a minerálů mixitové skupiny na Dušní žíle (Geister), Jáchymov (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 22, 2, 215-220.
- Plášil J., Hloušek J., Škoda R. (2013a) Chalkonatronit,  $Na_2Cu(CO_3)_2(H_2O)_3$ , ze žíly sv. Ducha, Jáchymov (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 21, 228-233.
- Plášil J., Sejkora J., Škoda R., Novák M., Kasatkin A. V., Škácha P., Veselovský F., Fejfarová K., Ondruš P. (2014b) Hloušekite, (Ni, Co)Cu<sub>4</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(AsO<sub>3</sub>OH)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>9</sub>, a new member of the lindackerite supergroup from Jáchymov, Czech Republic. *Mineral. Mag.* 78, 2997-3005.
- Plášil J., Škácha P., Sejkora J., Novák M., Veselovský F., Škoda R., Čejka J., Ondruš P. and Kasatkin A. (2013b) Hloušekite, IMA 2013-048. *CNMNC Newsletter* No. 17, October 2013, page 3001; *Mineral. Mag.* 77, 2997-3005.
- Schrauf A. (1873) Schróckingerit, ein neues Mineral von Joachimsthal. *Min. Mitt. gesammelt von Gustav Tschermak, II. Heft, VIII. Kapitel, Notizen*, 137-139, Wien.
- Schrauf A. (1880) Ueber Arsenate von Joachimsthal 1. Mixit, ein neues Kupferwismuthhydroarsenat. *Zeit. Krist.* 4, 277-285.
- Sejkora J., Čejka J., Hloušek J., Novák M., Šrein V. (2004) Phosphowalpurkite, the (PO<sub>4</sub>)-dominant analogue of walpurgite from Smrkovec, Slavkovský Les Mountains, Czech Republic. *Can. Mineral.* 42, 963-972.



- Sejkora J., Ondruš P., Novák M. (2010) Veselovskýite, triclinic  $(\text{Zn,Cu,Co})\text{Cu}_4(\text{AsO}_4)_2(\text{AsO}_3\text{OH})_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , a Zn-dominant analogue of lindackerite. *N. Jb. Mineral. Abh.* 187, 83-90.
- Sternberger C. (1856) Der Bergbau zu Joachimsthal. *Zeit. des mont. Vereines im Erzg.* 1, 12, 109-117, Joachimsthal.
- Sternberger C. (1857) Die ärarischen Bergbau-Unternehmungen im böhmischen Erzgebirge. I. Joachimsthaler k.k. Bergbau. *Österr. Zeitschr. für Berg und Hüttenw.* 5, 5-6, 33-35, 44-47, 50-52, Wien.
- Sternberger C. (1859) Entwicklung des Joachimsthaler ärarischen Bergbaues. *Österr. Zeit. für Berg und Hüttenw.* 7, 21, 22, 163-165, 171-175, Wien.
- Veselovský F., Ondruš P., Hloušek J. (1997) History of secondary minerals discovered in Jáchymov (Joachimsthal). *J. Czech Geol. Soc.* 42, 4, 115-122.
- Veselý T. (1986) Stavba a význam jednotlivých žilných uzlů uranového ložiska Jáchymov. *Sbor. geol. věd, Ř. Ložisk. geol., mineral.* 27, 7-109.
- Vogl J. F. (1853a) Der neue Silbererz-Anbruch auf dem Geistergange zu Joachimsthal am 1. Oktober 1853. *J. der k. k. geol. Reichsanst.* 5, 3, 630-640.
- Vogl J. F. (1853b) Drei neue Mineral-Vorkommen von Joachimsthal. *J. der k. k. geol. Reichsanst.* 4, 2, 220-223.
- Vogl J. F. (1853c) Lindackerit, eine neues Mineralspecies, und Lavendulan von Joachimsthal, nebst Bemerkungen über die Erzführung der Gänge. *J. der k. k. geol. Reichsanst.* 3, 552-557.
- Vogl J. F. (1853d) Nickelvitriolvorkommen in Joachimsthal. *Österr. Zeitschr. für Berg und Hüttenw.* 1, 344.
- Vogl J. F. (1854) Der neue Silbererzanbruch am Geistergange zu Joachimsthal von 1. Oktober 1853. *Österr. Zeitschr. für Berg und Hüttenw.* 2, 305-308.
- Vogl J. F. (1856a) Ueber das Vorkommen der prismatischen Purpurbende und des Kobaltvitriols zu Joachimsthal. *Zeit. des mont. Vereines im Erzg.* 9, 83-84.
- Vogl J. F. (1856b) Über das Vorkommen einer dem Voltzin ähnlichen Schwefelzink-Verbindung zu Joachimsthal. *Zeit. des mont. Vereines im Erzg.* 1, 1, 5.
- Vogl J. F. (1856c) Neue Mineralvorkommen Joachimsthals (Tetradymit, Walthherit). *Zeit. des mont. Vereines im Erzg.* 1, 12, 119.
- Vogl J. F. (1856d) Die Sekundäre Gebilde der Joachimsthaler Gruben. *Österr. Zeitschr. für Berg und Hüttenw.* 4, 45, 353-355.
- Vogl J. F. (1856e) Die Sekundäre Gebilde der Joachimsthaler Gruben. *Österr. Zeitschr. für Berg und Hüttenw.* 4, 46, 361-362.
- Vogl J. F. (1856f) Neues Mineralvorkommen in Joachimsthal (Paterait, Bismutit). *Zeit. des mont. Vereines im Erzg.* 1, 1, 15.
- Vogl J. F. (1857) Neue Mineralspecies vom Geistergange in Joachimsthal. *Österr. Zeitschr. für Berg und Hüttenw.* 5, 17, 135.
- Vrba K. (1878) Frieseit, ein dem Sternbergit ähnliches Mineral. *Groth. Zeit. für Kryst. und Min., II. Band, II. Heft, Kapitola VIII., 153-157, Leipzig.*
- Weisbach A. (1871) Vorläufige Mittheilung. *N. Jb. Mineral., Geol. Paleontolog.* 1871, 869-870.
- Weisbach A. (1873) Neue Uranerze von Neustädtel bei Schneeberg (Freiberger Jarbuch). *N. Jb. Mineral., Geol. Paleontolog.* 1873, 314-317.
- Weisbach A. (1877) Mineralogische Mittheilungen. *J. Berg Hüttenw. Königr. Sachsen* 1877, 42-53.