

Nově zjištěná Bi-Co-Ni-As-U-V mineralizace přísečnického rudního revíru v Krušných horách (Česká republika)

The recently found Bi-Co-Ni-As-U-V mineralization of the Přísečnice ore district, Krušné hory Mountains (Czech Republic)

JIRÍ SEJKORA^{1)*}, PETR PAULIŠ¹⁾²⁾, ROMAN GRAMBLIČKA³⁾, RADANA MALÍKOVÁ¹⁾, ONDŘEJ POUR⁴⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK¹⁾, JANA ULMANOVÁ¹⁾ A LUBOŠ VRTIŠKA¹⁾

¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;

*e-mail: jiri_sejkora@nm.cz

²⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora

³⁾Severočeské doly a.s., ul. 5. května 213, 418 29 Bílina

⁴⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

SEJKORA J, PAULIŠ P, GRAMBLIČKA R, MALÍKOVÁ R, POUR O, DOLNÍČEK Z, ULMANOVÁ J, VRTIŠKA L (2019) Nově zjištěná Bi-Co-Ni-As-U-V mineralizace přísečnického rudního revíru v Krušných horách (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 27(1): 1-37 ISSN 2570-7337

Abstract

New finds of primary and supergene Bi-Co-Ni-As-U-V mineralization in the Přísečnice ore district, Krušné hory Mountains (Czech Republic) are described in this paper. The studied mineralization was found at small mine dump located in the peripheral part of this historical ore district, about 200 m E from eastern margin of the Přísečnice dam. The primary mineralization is represented by native bismuth, bismuthinite, galena, chalcopyrite, pyrite, nickeline, nickel-skutterudite, rammelsbergite, safflorite, skutterudite and stibnite in quartz gangue. The fragments of strongly supergene altered rocks with V-rich phyllosilicates were also found in mine dump material. The abundant supergene mineralization is represented by elements and sulfides (acanthite, copper, silver); Bi-minerals (atelestite, bismite, bismutite, eulytine, kettnerite, mixite, preisingerite, rooseveltite, unnamed $(\text{BiO})_6(\text{OH})_3(\text{AsO}_4)$ and zavaritskite); Fe-Ni arsenates (annabergite, bariopharmacosiderite-Q, parasymphesite, scorodite) and U-minerals (francevillite, metatyuyamunite, zeunerite). Arsenolite, goethite, cuprite and mimetosite were also found in the association. The detailed descriptions, X-ray powder diffraction data, refined unit-cell parameters and quantitative chemical composition of individual mineral phases are given.

Key words: Bi-Co-Ni primary minerals, U-V mineralization, Bi supergene minerals, U supergene minerals, Fe-Ni supergene minerals, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Přísečnice, Czech Republic

Obdrženo 15. 4. 2019; přijato 14. 6. 2019

Úvod

V roce 2017 byla v rámci mineralogického průzkumu starých důlních pozůstatků v okrajových částech přísečnického rudního revíru nalezena třetí z autorů (RG) zajímavá a poměrně druhově početná primární a supergenní mineralizace. Lokalitou je nevelký odval po staré těžbě, který se nachází v zalesněném terénu asi 200 m v. od východního okraje Přísečnické vodní nádrže (GPS: 50°28'11.53"N, 13°8'13.9"E) (obr. 1, 2). Na základě mapy starých důlních děl (Jangl 1965) by se mohlo jednat o odval jedné ze štol tzv. Nebeského vojska, kde jsou doložené práce z konce 17. století. Studovaná lokalita se nachází mimo hlavní oblast historických dolů západně a jihozápadně od bývalého města Přísečnice a reprezentuje tak mineralizaci periferní části rudního revíru.

Historie dolování v přísečnickém rudním revíru a jeho geologie

Jednou z nejstarších, a v minulosti nejvýznamnějších báňských oblastí Krušných hor byl rudní revír v okolí Přísečnice (něm. Pressnitz). Vedle magnetitu ve skarnech a hematitových žil zde byly dobývány žíly jáchymovského typu se stříbrem. Kdy přesně Přísečnice vznikla nelze z písemných pramenů zjistit, jisté je, že hlavním impulsem pro její založení byla její poloha ve strategickém průsmyku, kterým vedla starodávná obchodní cesta z Halle přes Lipsko do Prahy. Nedávný archeologický výzkum zde objevil vrcholně středověkou keramiku z 13. - 15. století, prokázány tu byly i aktivity spjaté s tavbou rud, převážně železných, ale v jednom případě i polymetalických (Balášová, Burghardt 2014; Balášová et al. 2012; Černá, Káčerik 2006). První písemný doklad o existenci osady pochází z roku 1335, z doby vlády Jana Lucemburského. Sídlištěm s centrální funkcí i tržním místem se však patrně stala již na přelomu 13. a 14. století. Existence



Obr. 1 Starý odval s výskytem popisované mineralizace z přisečnického rudního revíru, foto P. Pauliš (červen 2017).



Obr. 2 Starý odval s výskytem popisované mineralizace z přisečnického rudního revíru, foto P. Pauliš (srpen 2018).

trhu byla nezbytná i pro rozvoj důlních a úpravárenských areálů, které v té době již v okolí Přísečnice nepochybně byly v provozu. Rozvoj tohoto sídla je s velkou pravděpodobností spjat s pány ze Šumburka, kteří se v českém Krušnohoří objevují už koncem 13. století. Nový pohled na počátky osídlení a hornické činnosti přinesly nedávne archeologické výzkumy prováděné v rámci projektu ArchaeoMontan (Crkal, Volf 2014; Lissek et al. 2014).

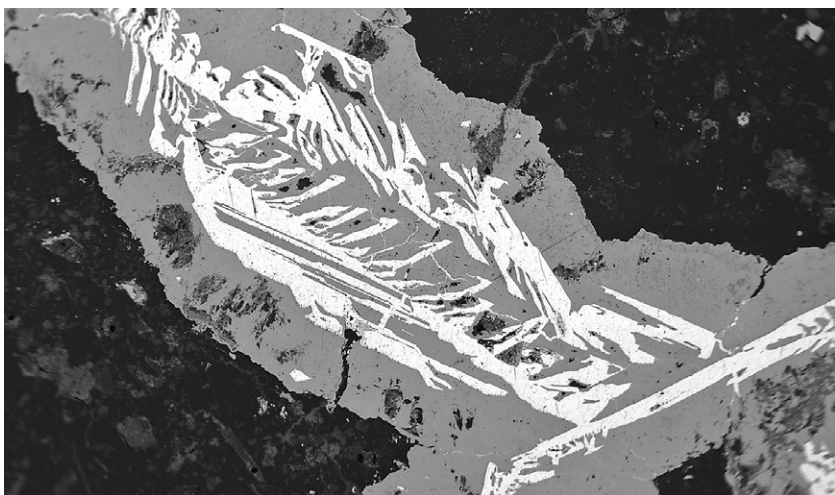
Dnes je již prokázané, že Přísečnice a nedaleký starý sídelní a důlní areál na Kremsigeru, který kolem poloviny 14. století zanikl, existovaly souběžně. Z dnešního pohledu je sporná i existence přisečnické mincovny, o níž se zmiňují starší prameny. V letech 1418 - 1533 byla Přísečnice součástí rozsáhlého panství Lobkoviců. V roce 1459 si Mikuláš II. z Lobkovicz vymohl od krále Jiřího z Poděbrad rozsáhlé horní privilegium, které mu umožňovalo svobodně dolovat v okruhu tří mil od Hasištejna, což se vztahovalo i na Přísečnicko. V roce 1533 se stávají novými majiteli Jeroným a Lorenc Šlikové, majitelé Jáchymova. Za Šliků zažila Přísečnice díky vydatné těžbě rud svůj největší rozkvet spjatý i s prudkým nárůstem počtu obyvatelstva. Ve městě byl zřízen horní úřad. Z této doby pocházejí i první konkrétní písemné zprávy o dolování. V dobách stříbrné horečky za Šliků se tu v letech 1535 až 1537 údajně vytěžilo

55 400 hřiven (cca 13 tun) stříbra. Tyto údaje jsou však patrně značně nadsazené; blížily by se objemům těžby podstatně rozsáhlejších a bohatších jáchymovských dolů. Jisté však je, že nové doly vznikaly na řadě míst v okolí města. Jihozápadně od města to byly doly Knackerschacht, Dreikolbener Silberzeche, Wenzelfundgrube; na Hammerbergu obecní důl Pressnitzer Gemeinzeche; na Heegbergu důl König David, na Höllbergu doly Concordia, Schöne Maria, Himmlisch Heer-Zeche atd. V roce 1540 byly pod Přísečnicí zahájeny práce na dědičné štole Svaté Trojice (Dreifaltigkeitsstollen), později přejmenované na Dům rakouský (Haus von Österreich tiefer Erbstollen), která vedla až k Mezilesí a dále až téměř pod Mědník. Spolu s odbočkami dosáhlo toto nejvýznamnější přisečnické důlní dílo celkové délky přes 10 km (Jangl 1957; Bílek et al. 1976).

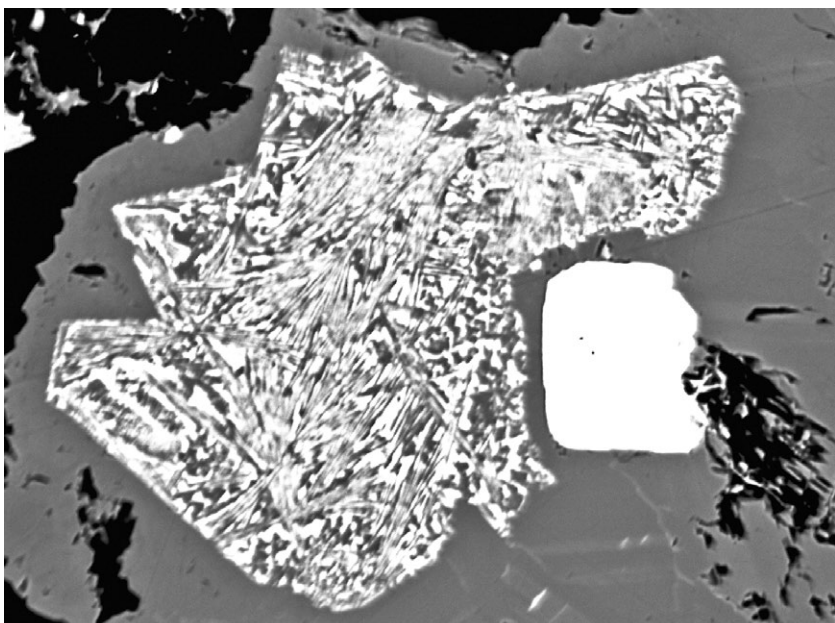
V roce 1545, v rámci konfiskace majetku účastníků stavovského povstání, převedl král Ferdinand I. Přísečnici včetně dolů do vlastnictví královské komory. Následujícího roku, 16. října 1546, povýšil Přísečnici na královské horní město, jehož doly podířil jáchymovskému vrchnímu hornímu úřadu. Během krátké doby však přivedli královští byrokratičtí úředníci dolování k úpadku. K tomu též přispělo vyčerpání přìpovrchových zásob stříbrných rud. Těžba z větších hloubek s většími náklady se stávala stále méně rentabilní. Ještě v roce 1580 činila produkce stříbra i několik desítek kg týdně. Větší význam začala mít těžba železných rud. Přes občasná výkyvy se poměrně vysoká úroveň dolování udržela až do 17. století. V roce 1622 byla vybudována nová tavící pec na tzv. Hamerním vrchu nad Vizmutovou žilou. Těžbu stříbra postihla negativně třicetiletá válka. Přes řadu obnovovacích pokusů bylo dolování stříbrných rud ve druhé polovině 17. století v úpadku. Roku 1687 byly v provozu jen štole Dům rakouský a Nebeské vojsko, které tehdy poskytly za celý rok pouze 21 kg stříbra. Rozsáhlé pokusy o obnovu těžby stříbra byly nastartovány až na počátku 18. století. V roce 1717 byla v Přísečnici dokonce postavena císařská stříbrná huť, která však byla v provozu jen krátkou dobu. Na ložiscích byly ještě poměrně kvalitní rudy a rovněž výtěžky stříbra nebyly špatné. Tento trend však trval pouze několik let a v



Obr. 5 Štěpné agregáty bismutu v křemenné žilovině, Přísečnice; šířka záběru 3 mm; foto P. Fuchs.



Obr. 6 Kostrovité krystaly bismutu (bílé) zarůstající do rammelsbergitu (šedý), Přísečnice; šířka záběru 3 mm; BSE foto O. Pour.



exploatovány v rámci těžby měděneckého ložiska (Schless 1979).

Poslední kapitolou existence bývalého královského horního města bylo jeho zbourání (1973 - 1974) a následné zatopení vodami přísečnické přehradní nádrže, k jejíž výstavbě došlo v letech 1969 - 1976. Vodní nádrž o ploše 362 hektarů slouží v současnosti k zásobování pitnou vodou měst Chomutov, Most, Teplice a Louny.

Z geologického hlediska je oblast přísečnického revíru budována především metamorfovanými proterozoickými a paleozoickými horninami krušnohorského krystalinika. Proterozoické horniny v Krušných horách tvoří přísečnickou skupinu, v jejíž spodní části se vyčleňuje rusovské souvrství tvořené převážně muskoviticko-biotitickými pararulami a tělesy přeměněných bazických vulkanitů, křemenců, černých břidlic a drob. Nadložní měděnecké souvrství má ve spodní části ortoruly (metamorfované ryolity), ve vyšších partiích se nalézá pestrý sled různých typů pararul s tělesy metadrob, krystalických vápenců, bazických metavulkanitů a metakonglomerátů (Chlupáč et al. 2011). Území je porušeno soustavou zlomů dvou hlavních směrů: SZ - JV až SSZ - JJV a Z - V až ZJZ - VSV, které posloužily jako přírodní dráhy jak pro tělesa granitových porfyrů a křemenných žil, tak pro tělesa neovulkanitů, které svým složením vesměs odpovídají alkalickým bazaltoidům. Podle dosavadních výzkumů se jedná převážně o nefelinity, bazanity až tefrity, zřídka fonolity až trachyty oligocénního až miocénního stáří, které jsou vázány na riftový vulkanismus oherského riftu (Malkovský et al. 1985).

Historická těžba stříbra v přísečnickém revíru probíhala na hydrotermálních žilných ložiscích vývojově spjatých s pozdně variskými horotvornými procesy. Zrudnění bylo vyvinuto většinou na zpeřených žilách směrů S - J a Z - V decimetrových mocností s mylonitovou, barytovou, fluoritovou a křemen-karbonátovou výplní s příměsí Co-Ni arsenidů, ryzího bismutu a stříbra, proustitu, uraninitu a obecných sulfidů. Zdejší mineralizace je

Obr. 7 Nehomogenní agregát tvořený srůsty ryzího bismutu a fáze o složení blízkém Ni_2BiAs_4 zarůstající do rammelsbergitu (tmavě šedý) v asociaci se zrnem ryzího bismutu (bílé); Přísečnice; šířka záběru 270 μ m; BSE foto Z. Dolníček.

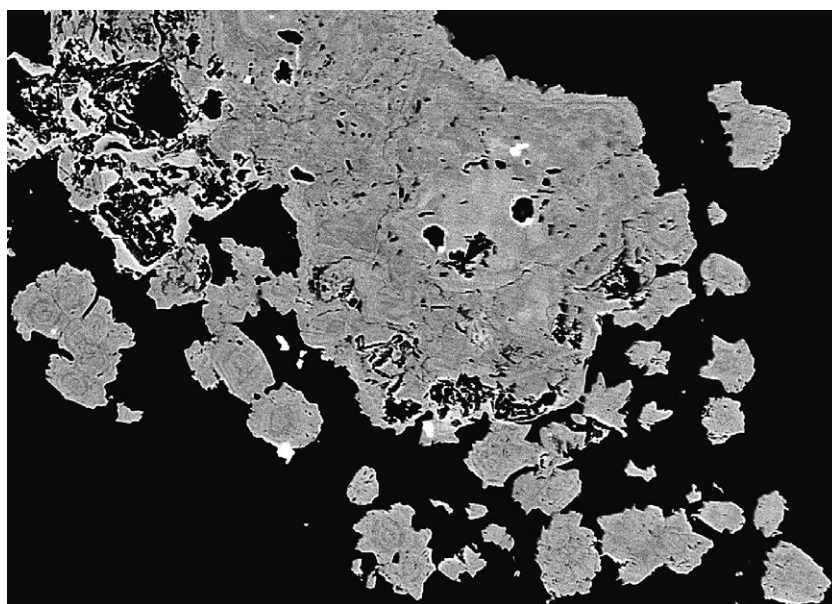
chudší obdobou tzv. pětiprvkové Ag-Co-Ni-Bi-As formace jáchymovského typu, ve které rozlišují Mrňa, Pavlů (1967) starší arsenidové stadium a mladší sulfoarsenidové stadium. Většina žilných ložisek spadá do zóny orpuského zlomu situovaného v. od Měděnce. Zdejší žilný systém popisuje starší německá literatura čerpající z archivních pramenů, které ve své rešerši uvádí Jangl (1957). Hlavní žilou revíru byla Vizmutová, dobývaná dříve na stříbro a bismut v délce 3 km dědičnou štolou Haus Österreich; dalšími žilami byly Karel Boromejský, Václav, Marie Kirchbaum, Baumgartner. Kromě nich byly dobývány i úseky žil V - Z směru v úsecích křížení s předešlými žilami (žily Josef, Haus Österreich, Prokop) (Chrt 1999). V menší, východní části ložiska, která spadá do zóny přísečnického zlomu, byly těženy zpeřené žily Concordia, Nebeské vojsko a Krásná Marie (obr. 3, 4). Tyto žily dosahovaly malých mocností a obsahovaly především fluoritovou a barytovou výplň s příměsí galenitu a Ag rud (Chrt 1999).

Metodika výzkumu

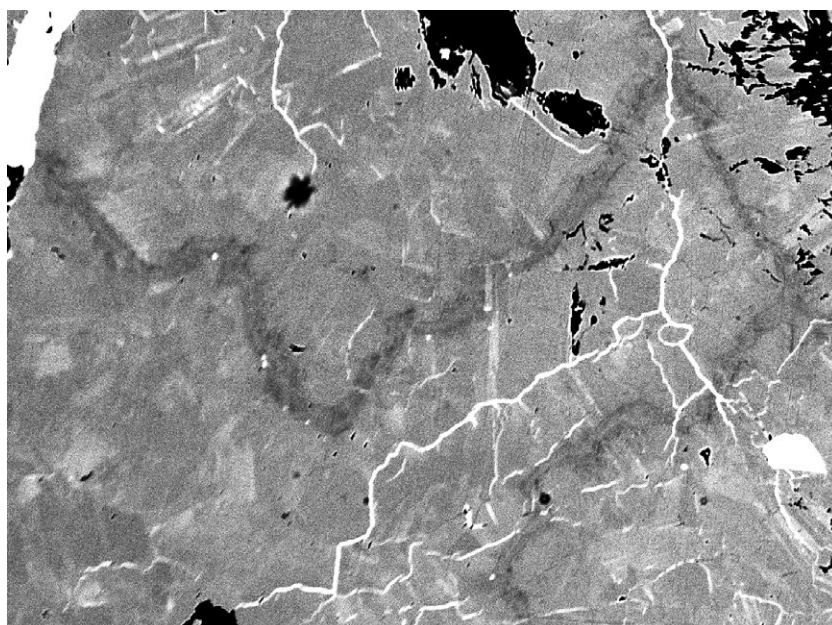
Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ 1000 (Národní muzeum Praha); tento mikroskop byl použit také pro separaci jednotlivých fází pro další výzkum. Nábrusy studovaných vzorků byly pro výzkum v odraženém světle a následné chemické analýzy připraveny standardním leštěním pomocí diamantové suspenze. Optické vlastnosti v odraženém světle byly



Obr. 8 Kovově šedé agregáty rammelsbergitu se zarostlými kostrovitými krystaly bismutu v křemenné žilovině, Přísečnice; šířka záběru 3 mm; foto P. Fuchs.



Obr. 9 Zonální agregát rammelsbergitu (tmavě šedý) s drobnými inkluzemi ryzího bismutu (bílé); od centra agregátů ke krajům narůstají obsahy Co, okrajový lem a menší idiomorfní zrna již náleží saffloritu; v levé horní části obrázku je částečně alterovaný agregát nikelinu (světleji šedý); Přísečnice; šířka záběru 500 μm ; BSE foto Z. Dolníček.



Obr. 10 Výrazně zonální agregát rammelsbergitu (tmavě šedý) s inkluzemi a prožilky ryzího bismutu (bílé); zobrazená zonalita je většinou odrazem NiCo_{1-} substituce, jen výrazná nejtavší zóna i AsS_{1-} substituce (až 3.38 hm. % S); Přísečnice; šířka záběru 650 μm ; BSE foto Z. Dolníček.

studovány pomocí mikroskopu Nikon Eclipse ME600 s digitální kamerou Nikon DXM1200F.

Rentgenová prášková difrakční data studovaných minerálů byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanášeny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Semikvantitativní identifikace studovaných fází byla provedena na energiově disperzním spektrometru (EDS)

Oxford Instruments XMAX 80 spojeném se skenovacím elektronovým mikroskopem Tescan Mira3 (Česká geologická služba, Praha), operujícím při urychlovacím napětí 15 kV na naleštěných zrnech identifikovaných minerálů.

Chemické složení ryzích kovů, sulfidů a arsenidů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik Jiří Sejkora, Zdeněk Dolníček) za podmínek: vlnové disperzní analýza, napětí 25 kV, proud 20 nA, průměr svazku 2 μ m, standardy a použité vlnové délky: CuFeS₂ (SK α , CuK α), Ag (AgL α), Bi₂Se₃ (BiM β), CdTe (CdL α), Co (CoK α), FeS₂ (FeK α), HgTe (HgL α), NiAs (AsL β), Ni (NiK α), PbS (PbM α), PbSe (SeL β), Sb₂S₃ (SbL α), ZnS (ZnK α), Mn (MnK α), Au (AuM α), InAs (InL α), PbTe (TeL α), Sn (SnL α), NaCl (ClK α), Ge (GeL α) a GaAs (GaL α).

Chemické složení V bohatých fylosilikátů a limonitu bylo kvantitativně studováno pomocí stejného přístroje za podmínek: napětí 15 kV, proud svazkem 10 nA a průměr

Tabulka 1 Chemické složení nikelinu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
Fe	0.12	0.12	0.17	0.11	0.14	0.12	0.06
Ni	42.12	41.99	41.77	42.80	42.28	42.24	41.61
Co	1.32	1.97	1.76	0.87	1.12	0.86	1.33
Cu	0.27	0.72	0.74	0.04	0.09	0.05	0.00
Sb	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.06
Bi	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
As	56.26	56.05	55.79	56.23	56.24	56.59	56.68
S	0.02	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06
total	100.20	100.89	100.27	100.05	99.93	99.92	100.11
Fe	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.001
Ni	0.959	0.948	0.949	0.975	0.965	0.965	0.951
Co	0.028	0.041	0.037	0.018	0.024	0.018	0.028
Cu	0.006	0.015	0.016	0.001	0.002	0.001	0.000
Σ kationt	0.995	1.007	1.005	0.997	0.994	0.987	0.980
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
As	1.003	0.992	0.993	1.003	1.006	1.013	1.015
S	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003
Σ aniont	1.005	0.993	0.995	1.003	1.006	1.013	1.020

Mean - průměr z 6 bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 2 apfu.

Tabulka 2 Reprezentativní chemické analýzy rammelsbergitu z Přísečnice (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fe	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.29	1.04	0.40	0.15
Ni	28.07	29.34	27.20	26.94	27.75	28.59	27.39	26.50	24.97	24.19	23.29	22.05
Co	0.05	0.44	0.58	0.83	0.99	1.11	1.42	1.73	2.95	3.56	4.38	6.43
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.19	0.11	0.37	0.32	0.23
Bi	0.00	0.27	0.05	0.19	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.06	0.00	0.16
As	72.43	68.05	72.83	71.59	72.43	69.13	71.91	71.85	71.38	71.05	71.22	70.33
S	0.17	3.38	0.31	0.74	0.11	2.66	0.44	0.08	0.84	0.64	0.95	1.36
total	100.72	101.48	101.04	100.29	101.28	101.49	101.27	100.97	100.54	100.91	100.56	100.71
Fe	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.011	0.038	0.015	0.006
Ni	0.989	0.985	0.955	0.948	0.972	0.967	0.956	0.936	0.875	0.846	0.816	0.769
Co	0.002	0.014	0.019	0.027	0.032	0.035	0.046	0.056	0.096	0.115	0.142	0.207
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.004	0.012	0.010	0.007
Σ kationt	0.990	0.999	0.976	0.975	1.004	1.002	1.005	0.999	0.985	1.011	0.983	0.989
Bi	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.001	0.000	0.002
As	1.999	1.791	2.003	1.975	1.989	1.833	1.966	1.990	1.961	1.947	1.956	1.922
S	0.011	0.208	0.020	0.048	0.007	0.165	0.028	0.005	0.054	0.041	0.061	0.087
Σ aniont	2.010	2.001	2.024	2.025	1.996	1.998	1.995	2.001	2.015	1.989	2.017	2.011

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 3 apfu.

elektronového svazku 4 μm . Použité standardy a analytické linie: albit (NaK α), almandin (AlK α , FeK α), apatit (PK α), baryt (BaL β), BN (NK α), Co (CoK α), Cr₂O₃ (CrK α), Cs-sklo (CsL α), diopsid (MgK α), halit (ClK α), chalkopyrit (CuK α), klinoklas (AsL α), LiF (FK α), Ni (NiK α), Rb-Ge-sklo (RbL α), rodonit (MnK α), sanidin (KK α), TiO₂ (TiK α), V (VK α), vanadinit (PbM α), wollastonit (CaK α , SiK α), zinkit (ZnK α).

Chemické složení supergenních fází bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora, R. Škoda) za podmínek pro *minerály Bi*: WD analýza, 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 2 μm , použité standardy: lammerit (AsL α , CuK α), Bi (BiM β), albit (NaK α), sanidin (SiK α , KK α , AlK α), fluorapatit (PK α , CaK α), vanadinit (ClK α , PbM α), gahnit (ZnK α), almandin (FeK α), spessartin (MnK α), topaz (FK α), ScVO₄ (VK α), SrSO₄ (SK α , SrL α), Ni₂SiO₄ (NiK α), Co (CoK α), Sb (SbL β) a Mg₂SiO₄ (MgK α). Podmínky měření pro *minerály U*: WD analýza, 15 kV, 2 nA, průměr svazku elektronů 15 μm ,

použité standardy: lammerit (AsL α , CuL α), Bi (BiM β), albit (NaK α), sanidin (SiK α , KK α , AlK α), fluorapatit (PK α , CaK α), vanadinit (PbM α), gahnit (ZnK α), almandin (FeK α), spessartin (MnK α), topaz (FK α), uranofán (Ma), baryt (BaL β), ScVO₄ (VK α), SrSO₄ (SK α , SrL α), Ni₂SiO₄ (NiK α), YPO₄ (YL α), Co (CoK α) a Mg₂SiO₄ (MgK α). Podmínky měření pro *annabergit*, *bariofarmakosiderit*, *mimetesit*, *parasymplesit* a *skorodit*: WD analýza, 15 kV, 5 nA, průměr svazku elektronů 10 μm . Použité standardy: lammerit (AsL α , CuK α), sanidin (SiK α , KK α , AlK α), albit (NaK α), Mg₂SiO₄ (MgK α), fluorapatit (PK α , CaK α), vanadinit (ClK α , PbM α), almandin (FeK α), Ni₂SiO₄ (NiK α), gahnit (ZnK α), spessartin (MnK α), Co (CoK α), ScVO₄ (VK α), topaz (FK α), SrSO₄ (SK α), baryt (BaL α), Bi (BiM β) a Sb (SbL β).

Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.03 - 0.05 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Tabulka 3 Reprezentativní chemické analýzy saffloritu z Přisečnice (hm. %)

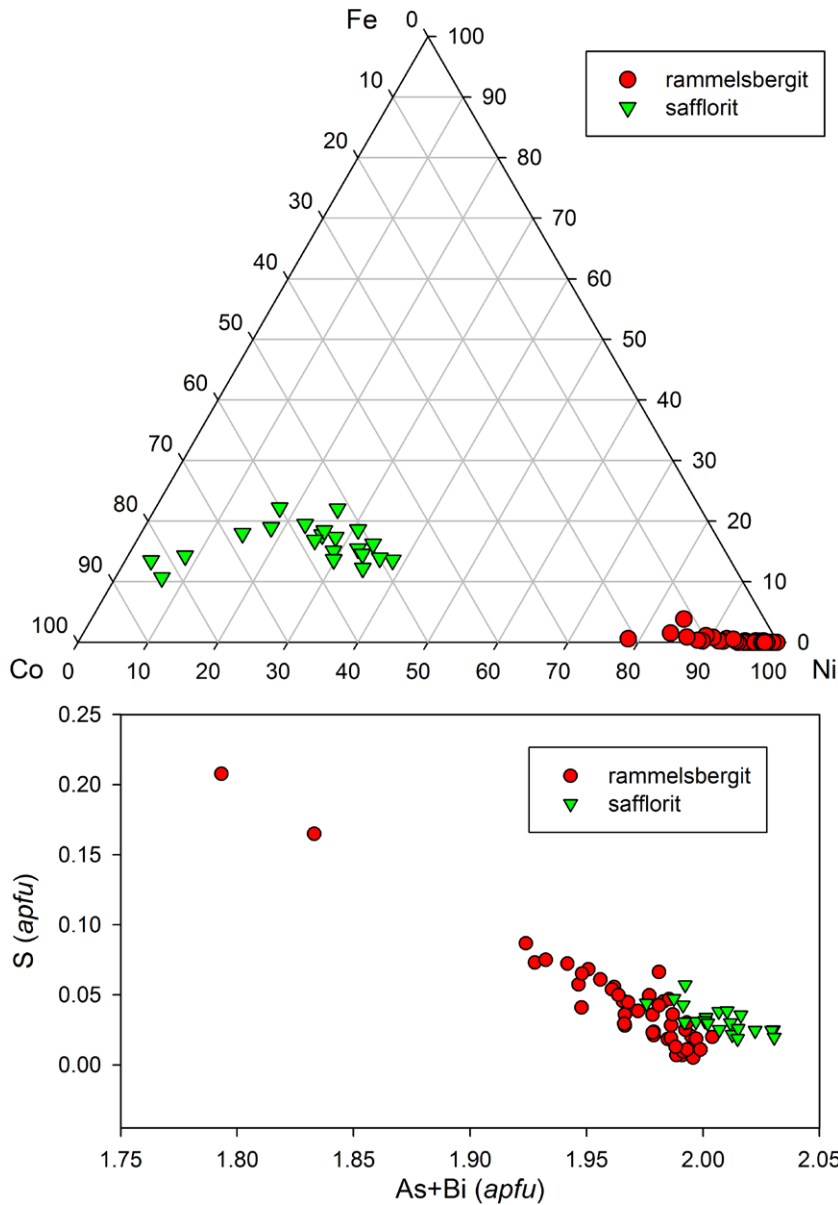
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	3.33	3.56	4.16	5.67	3.70	4.60	5.46	3.34	2.49	3.26
Ni	9.86	8.59	7.09	7.06	7.47	6.82	4.58	2.01	1.63	0.94
Co	13.48	14.52	14.87	15.20	15.60	15.79	16.80	20.64	21.90	22.75
Cu	1.12	1.21	1.19	0.72	0.78	0.81	1.03	1.98	2.15	1.94
Bi	0.12	0.83	0.21	0.00	0.10	0.17	0.39	0.36	0.19	0.00
As	72.67	71.15	72.04	71.32	70.83	72.32	72.11	70.71	72.14	72.32
S	0.38	0.33	0.38	0.68	0.87	0.59	0.59	0.39	0.30	0.29
total	100.96	100.19	99.94	100.65	99.35	101.10	100.96	99.43	100.80	101.50
Fe	0.124	0.135	0.157	0.211	0.140	0.171	0.204	0.127	0.094	0.122
Ni	0.350	0.309	0.255	0.250	0.268	0.241	0.163	0.073	0.058	0.033
Co	0.442	0.482	0.494	0.496	0.517	0.516	0.551	0.692	0.726	0.747
Cu	0.037	0.040	0.039	0.024	0.026	0.026	0.034	0.066	0.071	0.064
Σ kationt	0.953	0.966	0.945	0.980	0.951	0.955	0.951	0.959	0.950	0.966
Bi	0.001	0.008	0.002	0.000	0.001	0.002	0.004	0.004	0.002	0.000
As	2.021	2.004	2.028	1.976	1.991	2.005	2.006	2.011	2.029	2.015
S	0.025	0.022	0.025	0.044	0.057	0.038	0.038	0.026	0.020	0.019
Σ aniont	2.047	2.034	2.055	2.020	2.049	2.045	2.049	2.041	2.050	2.034

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 3 *apfu*.

Tabulka 4 Chemické složení niklskutteruditu z Přisečnice (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fe	4.56	3.68	1.42	3.98	3.53	4.73	3.71	3.51	1.80	1.69	1.64	1.51
Ni	7.91	8.58	8.93	10.07	10.23	10.31	11.52	12.01	15.23	15.37	15.37	15.80
Co	6.99	7.51	9.04	6.31	6.14	4.85	4.98	4.88	3.84	3.77	3.76	3.49
Cu	1.80	1.19	1.95	0.70	1.20	0.96	0.77	0.93	0.22	0.26	0.24	0.28
Bi	0.07	0.00	0.11	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	79.90	80.07	79.70	79.98	79.69	80.21	80.38	79.96	80.58	80.35	79.64	80.12
S	0.15	0.18	0.29	0.23	0.22	0.11	0.07	0.08	0.24	0.19	0.20	0.17
total	101.38	101.21	101.44	101.27	101.6	101.17	101.43	101.37	101.91	101.63	100.85	101.37
Fe	0.229	0.185	0.071	0.200	0.177	0.238	0.186	0.176	0.090	0.084	0.083	0.076
Ni	0.378	0.411	0.427	0.481	0.489	0.493	0.550	0.573	0.721	0.730	0.736	0.753
Co	0.309	0.332	0.400	0.278	0.271	0.214	0.219	0.215	0.168	0.166	0.166	0.154
Cu	0.079	0.053	0.086	0.031	0.053	0.042	0.034	0.041	0.010	0.011	0.011	0.012
Σ kationt	0.995	0.981	0.985	0.989	0.990	0.987	0.989	1.005	0.989	0.992	0.995	0.994
Bi	0.001	0.000	0.001	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
As	2.991	3.004	2.989	2.991	2.983	3.004	3.005	2.988	2.991	2.992	2.987	2.991
S	0.013	0.016	0.025	0.020	0.019	0.010	0.006	0.007	0.021	0.017	0.018	0.015
Σ aniont	3.005	3.019	3.015	3.011	3.010	3.013	3.011	2.995	3.011	3.008	3.005	3.006

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 4 *apfu*.



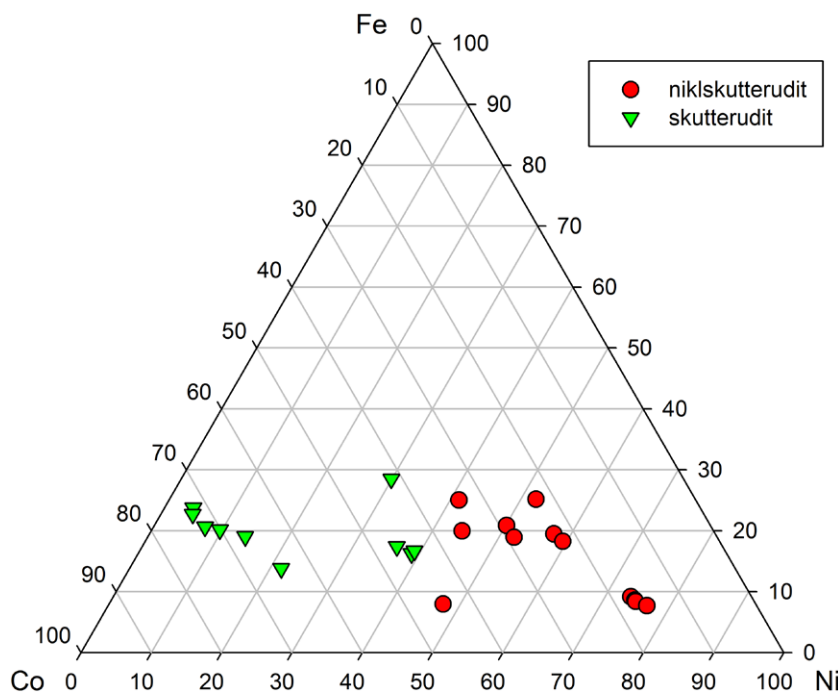
Mineralogická charakteristika lokality

O charakteru jednotlivých hydrotermálních rudních žil v přísečnickém rudním revíru a jejich minerálním složení existuje jen málo moderních poznatků. Jisté je, že většina jejich výplně je chudší obdobou tzv. pětiprvkové formace Ag-Co-Ni-Bi-As a U-formace jáchymovského typu. V rámci poválečného vyhledávání uranových rud zde byly ověřovány žíly často velkého rozsahu, jejichž výplň tvořily křemen, tmavě fialový fluorit, baryt a v menší míře karbonáty. Po kvantitativní stránce bylo zastižené uranové zrudnění vyvinuto většinou v nebilančním množství ve formě drobných nepravidelných odžilků a prožilků uraninitu o mocnostech 0.1 - 3 cm. Vývoj zrudnění je čokovitý a nepravidelný. Uranové zrudnění bylo doprovázené arsenidy niklu a kobaltu (Šrein et al. 1996a, b). Přes rozsáhlé a finančně nákladné báňské práce se v rámci průzkumných prací věnovala vedlejším minerálním složkám jen malá pozornost.

Z hydrotermálních žil jsou ve starší literatuře (podle Kratochvíla 1962) uváděny tyto rudní minerály: antimonit?, argentit, arsen, bismut, galenit, millerit, polybazit, proustit, pyrit, sfalerit, skutterudit, stefanit, stříbro, tennantit, tetraedrit a uraninit. Z nerudních minerálů byly na žilách zjištěny vedle křemene a dolomitu i fluorit, kalcit a siderit. Supergenní minerály jsou zastoupeny annabergitem, erytrinem, farmakolitem, chryzokolem, jarositem, chlorargyritem, kupritem, limonitem, manganitem?, pitticitem, psilomelanem, pyromorfitem, realgarem a skoroditem. O uraninitu, gumitu a dalších nedokonale definovaných uranových minerálech (*Uranblüte*, *Urankalzit*) z přísečnického ložiska se zmiňoval již Lowag (1903). Uraninit a arsenidy nebyly příliš hoj-

Obr. 11 Ternární graf Ni-Fe-Co pro diarsenidy (rammelsbergit a safflorit) z Přísečnice.

Obr. 12 Graf obsahu As+Bi vs S (apfu) pro diarsenidy (rammelsbergit a safflorit) z Přísečnice.



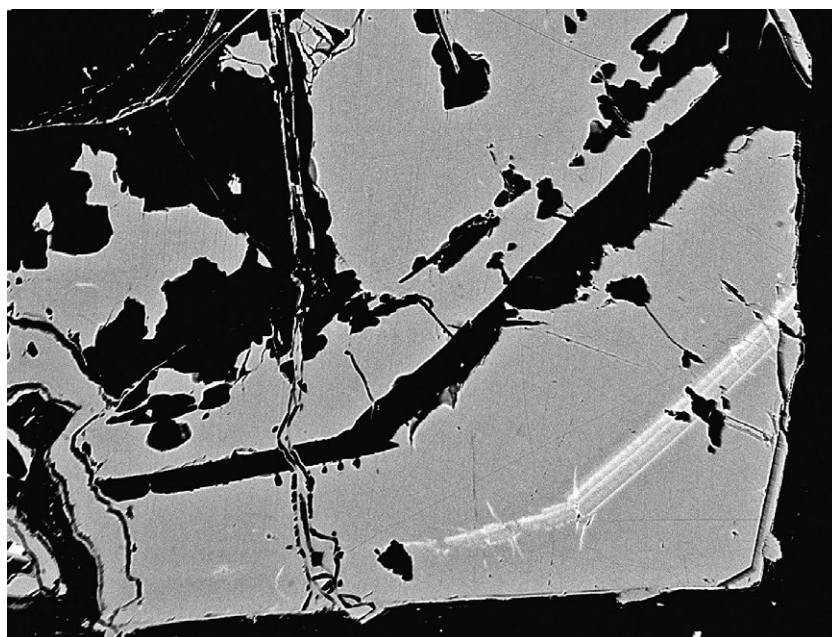
Obr. 13 Ternární graf Ni-Fe-Co pro členy řady niklskutterudit - skutterudit z Přísečnice.

né, běžnější byly stříbrné minerály a sulfidy (Mrňa, Pavlu 1967). Stručný popis mineralogie a geochemie zdejších žil přináší nověji Šrein (2015). Podle starších popisů charakterizuje zdejší celkem jednoduché žilné výplně s přítomností tektonického jílu drčených okoložilných hornin s celistvým rohovcovitým křemenem bělavé či žlutavé barvy a agregáty křemenných palisádových žilek. K tomu pak přistupuje barytová a (nebo) fluoritová výplň. Často jsou přítomny i drobné žíly s baryt-kalcitovou, případně dolomit-kalcitovou výplní. Nejčtenějšími sulfidy jsou pyrit a markazit, nověji byly zjištěny další sulfidy, především chalkopyrit, sfalerit, galenit, vzácný je tennantit. Šrein (2015) dále uvádí výskyty koncentrických agregátů arzenidů (nikelín, rammelsbergit, löllingit), kde se po hranicích agregátů vyskytují stříbrné minerály mikroskopických rozměrů. Mezi vzácné nálezy patří drobná zrna a povlaky minerálů řady proustit-pyrargyrit srůstající s tabulkovitým

arzenpolybazitem, pearceitem, akantitem a plíškovitým ryzím stříbrem (Šrein 2015). Zjištěné minerály vznikly během několika samostatných, časově oddělených mineralizačních etap (starší polymetalické s běžnými sulfidy, karbonát-uraninitové, arsenidové s Co-Ni arsenidy a ryzím bismutem, sulfoarsenidové a nejmladší fluorit-barytové).

Přes poměrně malý plošný rozsah nově zkoumané lokality je její horninový i mineralogický obsah velmi pestrý, a zčásti odpovídá uvedenému mineralizačnímu schématu. Povaha žilné struktury není známá. Její směr je SSV - JJZ a různé typy žiloviny v haldovém materiálu naznačují větší mocnost i polyfázový vývoj. Navíc přítomnost hojných úlomků vulkanitu, který je přítomen i na další haldě 160 m jiz. od lokality (s výskytem harmotomu a chabazitu-Ca, Gramblička et al. 2014) naznačuje, že žilná struktura mohla být využita i jako přírodní dráha terciárního neovulkanitu. Vzácněji byly v haldovém

materiálu zjištěny vzorky masivního modrošedého nezrudnělého vápenatého andradito-epidotového skarnu s porfyroblasty amfibolu. Hlavními komponentami rudní struktury byla křemenná a fluoritová žilovina a mylonitová výplň. Patrně nejstarší složkou je hydrotermálně alterovaná, místy prokřemenělá světlá muskovitová rula, rulová brekcie až mylonit, někdy s plástevnatou odlučností, která lokálně obsahuje vtoušeninové Bi-Co-Ni zrudnění v podobě drobných zrn, kostrovitých krystalů a jejich čočkovitých agregátů. Poměrně častá je výrazně dutinatá až voštinovitá křemenná žilovina obvykle s akumulacemi alteračních produktů původních rud a navětralými agregáty bismutu o velikosti i přes 5 cm v průměru. Dále se vyskytuje okrová, železem zbarvená rohovcovitá hmota se závalky limonitu, jejíž úlomky dosahují velikosti i přes 30 cm, která místy obsahuje vtoušená zrna a krystaly fialového fluoritu. Dalším typem žiloviny je hrubozrnný

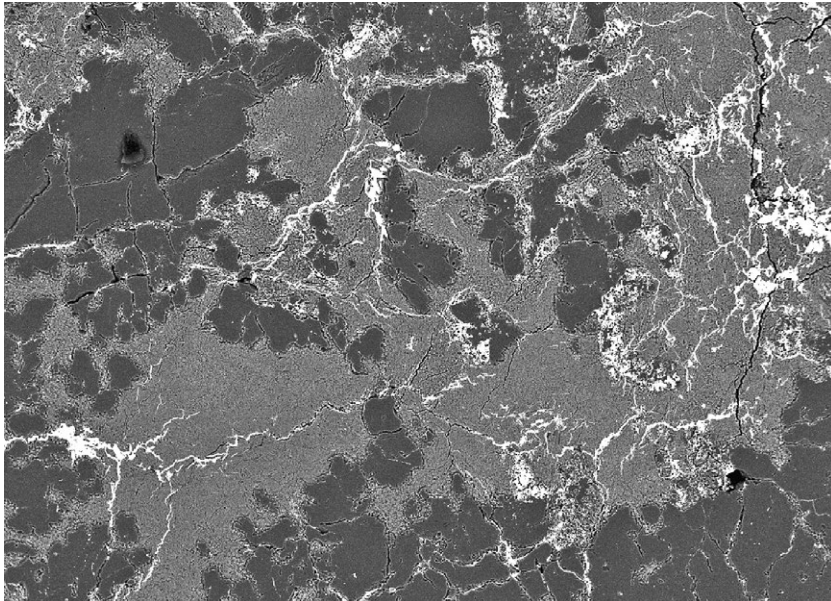


Obr. 14 Částečně supergenně alterované krystaly niklskutteruditu (tmavě šedý); v pravé spodní části obrázku jsou vyvinuty neostře omezené zóny (zřetelně světlejší) představované skutteruditem se zvýšenými obsahy Bi a Cu; Přísečnice; šířka záběru 650 μm ; BSE foto Z. Dolníček.

Tabulka 5 Chemické složení skutteruditu z Přísečnice (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	3.20	3.21	3.84	2.56	3.71	3.43	4.88	2.91	2.71	2.78
Ni	1.62	2.46	0.70	4.21	0.78	1.28	5.39	6.37	6.84	6.86
Co	12.67	12.88	13.27	13.63	13.53	13.61	8.11	8.81	8.53	8.39
Cu	3.72	2.83	3.54	1.70	3.52	3.29	2.73	2.82	2.84	2.91
Bi	0.27	0.07	0.09	0.00	0.22	0.38	0.27	2.30	1.98	2.35
As	79.30	79.79	79.74	79.37	79.07	79.29	79.88	77.92	78.22	78.29
S	0.21	0.28	0.18	0.66	0.21	0.23	0.13	0.22	0.21	0.21
total	100.99	101.52	101.36	102.13	101.04	101.51	101.39	101.35	101.33	101.79
Fe	0.163	0.162	0.194	0.127	0.188	0.173	0.246	0.149	0.138	0.141
Ni	0.078	0.118	0.034	0.199	0.038	0.062	0.258	0.310	0.332	0.332
Co	0.566	0.571	0.590	0.596	0.604	0.605	0.359	0.396	0.382	0.375
Cu	0.166	0.125	0.157	0.074	0.157	0.146	0.121	0.127	0.127	0.130
Σ kationt	0.973	0.976	0.975	0.998	0.987	0.986	0.984	0.981	0.980	0.979
Bi	0.004	0.001	0.001	0.000	0.003	0.005	0.004	0.031	0.027	0.032
As	3.005	2.999	3.007	2.945	2.992	2.989	3.001	2.968	2.974	2.970
S	0.019	0.025	0.016	0.057	0.019	0.020	0.011	0.020	0.019	0.019
Σ aniont	3.027	3.024	3.025	3.002	3.013	3.014	3.016	3.019	3.020	3.021

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 4 apfu.



Obr. 15 Jemnozrné agregáty V-bohatého slídového minerálu (šedý) srůstající s křemenem (černý) a proniklé supergenními arsenáty a vanadáty (bílé); Přísečnice; šířka záběru 1 mm; BSE foto J. Ulmanová.

zonální fluorit o mocnosti 10 - 15 cm. Okoložilné alterované ruly pak místy obsahují tenké žilky rozpadavého fluoritu a palisádovité křemenné žilky místy s ametystovým zbarvením. Jelikož se jednotlivé typy žiloviny vyskytují v haldovém materiálu samostatně, není možné stanovit jejich vzájemnou sukcesi. V žilovině zcela chybí makroskopický baryt, který je jinak typickou složkou většiny rudních žil v přísečnickém rudním revíru. Fluorit se v revíru vyskytuje na dvou typech žil. Jednak jsou to barytové až křemen-karbonát-barytové žíly, které jsou fluoritem zrudněné jen lokálně a fluorit světlých barev (bělavá, žlutá, světle zelená) v nich tvoří podružnou složku. Druhým typem jsou křemen-fluoritové žíly s převahou fluoritu nad křemenem sytých barev (sytě fialová, zelená). Tyto žíly jsou známé ze štol Nový Vizmut a Baumgartner. Typickým rysem pro druhý typ je absence

Tabulka 6 Příklady chemického složení vanadem bohatých slíd a chloritů (hm. %)

An. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minerál	slída	slída	slída	slída	slída	slída	slída	slída	slída	slída	slída	chlorit	chlorit	chlorit
P ₂ O ₅	0.40	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	45.44	46.59	46.31	41.99	46.56	47.14	45.75	43.51	39.88	44.54	44.58	39.88	37.55	39.02
Al ₂ O ₃	26.83	25.78	14.87	13.52	15.51	15.55	19.12	15.48	16.32	16.12	15.05	25.10	18.10	17.99
V ₂ O ₃	4.61	5.65	6.22	7.04	7.52	7.72	8.14	8.51	9.43	10.51	11.23	2.85	3.41	3.44
As ₂ O ₃	0.44	0.00	n.d.	0.00	0.00	n.d.	0.00	0.00	n.d.	0.00	0.00	0.00	0.39	0.46
FeO ^{tot}	4.89	2.58	10.65	14.36	10.27	8.87	6.44	10.7	10.14	9.31	8.79	14.58	19.79	19.19
MnO	0.00	0.09	0.11	0.10	0.21	0.15	0.11	0.21	0.12	0.11	0.18	0.10	0.09	0.19
CoO	0.00	0.00	0.28	0.23	0.16	0.20	0.00	0.10	0.16	0.18	0.16	0.32	0.23	0.25
NiO	0.09	0.12	0.73	0.56	0.37	0.48	0.51	0.42	0.31	0.47	0.49	1.72	1.57	1.44
ZnO	0.00	0.00	0.25	0.23	0.15	0.25	0.24	0.00	0.25	0.32	0.00	0.48	0.52	0.48
CuO	0.36	0.21	0.84	0.79	0.39	0.62	0.45	0.46	0.67	0.70	0.75	0.78	0.83	0.87
MgO	0.00	0.75	1.09	1.61	2.16	1.34	1.78	0.96	0.92	0.92	0.91	1.10	1.03	1.01
CaO	0.31	0.34	0.50	0.55	0.42	0.52	0.37	0.44	0.49	0.37	0.34	0.79	1.20	1.21
BaO	0.00	0.00	0.45	0.41	0.68	0.54	0.45	0.62	0.76	0.76	0.79	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.11	0.00	0.00
K ₂ O	3.31	4.04	5.39	4.58	4.67	5.95	4.21	2.09	6.41	3.99	3.85	0.21	0.17	0.19
Total	86.68	86.15	87.95	86.36	89.07	89.33	87.79	83.50	85.86	88.55	87.39	88.02	84.88	85.74
P ⁵⁺	0.025	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
Si ⁴⁺	3.289	3.369	3.561	3.378	3.506	3.543	3.403	3.468	3.228	3.390	3.438	3.846	3.936	4.019
Al ³⁺	2.289	2.198	1.348	1.282	1.376	1.377	1.676	1.454	1.557	1.446	1.368	2.853	2.236	2.184
V ³⁺	0.268	0.328	0.384	0.454	0.454	0.465	0.486	0.544	0.612	0.641	0.695	0.220	0.287	0.284
As ³⁺	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.029
Fe ²⁺	0.296	0.156	0.685	0.966	0.647	0.558	0.401	0.713	0.686	0.593	0.567	1.176	1.735	1.653
Mn ²⁺	0.000	0.006	0.007	0.007	0.013	0.010	0.007	0.014	0.008	0.007	0.012	0.008	0.008	0.017
Co ²⁺	0.000	0.000	0.017	0.015	0.010	0.012	0.000	0.006	0.010	0.011	0.010	0.025	0.019	0.021
Ni ²⁺	0.005	0.007	0.045	0.036	0.022	0.029	0.031	0.027	0.020	0.029	0.030	0.133	0.132	0.119
Zn ²⁺	0.000	0.000	0.014	0.014	0.008	0.014	0.013	0.000	0.015	0.018	0.000	0.034	0.040	0.037
Cu ²⁺	0.020	0.011	0.049	0.048	0.022	0.035	0.025	0.028	0.041	0.040	0.044	0.057	0.066	0.068
Mg ²⁺	0.000	0.081	0.125	0.193	0.242	0.150	0.197	0.114	0.111	0.104	0.105	0.158	0.161	0.155
Ca ²⁺	0.024	0.026	0.041	0.047	0.034	0.042	0.029	0.038	0.043	0.030	0.028	0.082	0.135	0.134
Ba ²⁺	0.000	0.000	0.014	0.013	0.020	0.016	0.013	0.019	0.024	0.023	0.024	0.000	0.000	0.000
Na ⁺	0.000	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.021	0.000	0.000
K ⁺	0.306	0.373	0.529	0.470	0.449	0.570	0.400	0.213	0.662	0.387	0.379	0.026	0.023	0.025
Catsum	6.539	6.554	6.857	6.949	6.804	6.821	6.695	6.639	7.018	6.736	6.740	8.640	8.802	8.744
# ^{tot}	0.354	0.425	0.677	0.591	0.556	0.686	0.485	0.326	0.795	0.493	0.523	0.210	0.292	0.292

Hodnoty ap₇ jsou vypočítány na základ 11 atomů kyslíku (slídy), resp. 14 atomů kyslíku (chlority).

rudních minerálů. Zde na popisované lokalitě představuje tento druhý typ patrně nejmladší stadium žilné výplně. Posledním typem žiloviny je vzácně se vyskytující limonitizovaný horninový materiál obsahující U-V mineralizaci.

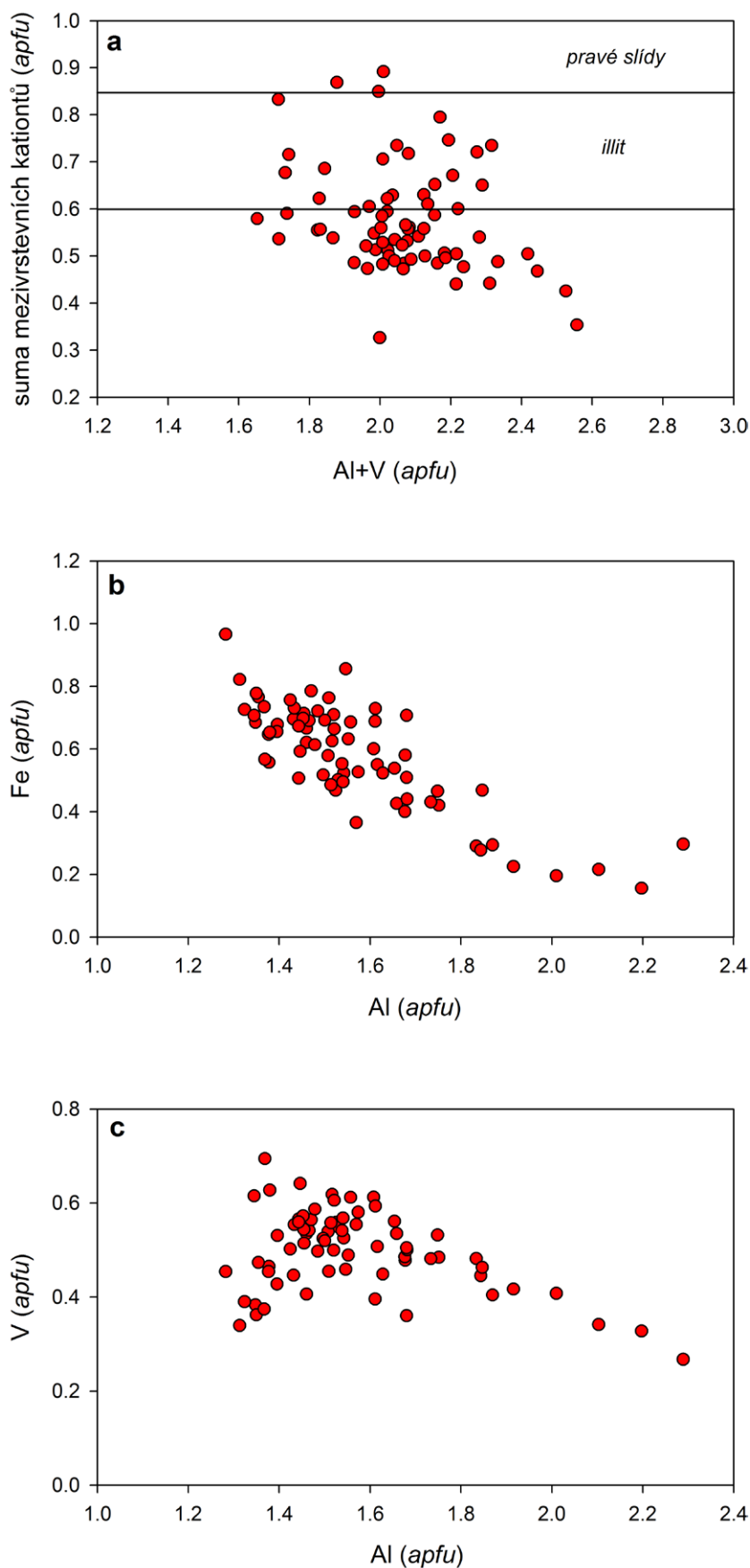
Charakteristika primární mineralizace

Antimonit byl ve studované asociaci zjištěn jen velmi vzácně v drobných dutinách žiloviny jako nevelké srůsty dlouze jehlicovitých krystalů o délce do 1 mm. Je ocelově šedý se zřetelnými kovovým leskem. Podle semikvantitativních chemických analýz (EDS) vedle Sb a S lokálně obsahuje i minoritní obsahy Pb nepřevyšující 5 hm. %.

Ryzí **bismut** vytváří v prokřemenně hydrotermálně alterované rure a křemenné žilovině žluté, kovově lesklé štěpné agregáty (obr. 5) o velikosti do 5 cm, vzácně byly v dutinách žiloviny pozorovány i jeho dokonale vyvinuté trigonální krystaly o velikosti do 0.3 mm. Dosti často jsou agregáty bismutu obrůstány rammelsbergitem, ve kterém místy bismut tvoří i zřetelné, kostrovitě vyvinuté krystaly (obr. 6) o délce až 1 cm. Jako ostatní primární minerály je bismut velmi často silně postižen supergenními procesy a v žilovině zůstávají jen relikty jeho korodovaných agregátů zatlačované řadou supergenních minerálů Bi. Chemické složení bylo ověřeno 16 kvantitativními (WD) bodovými analýzami v osmi různých nealterovaných zrnech a reliktech bismutu, vedle Bi nebyl zjištěn obsah žádného dalšího prvku.

V jednom případě bylo v asociaci s ryzím bismutem zjištěno idiomorfne omezené zrnko o velikosti $150 \times 220 \mu\text{m}$ zarůstající do rammelsbergitu. Podle BSE obrazu je zrnko zřetelně nehomogenní (obr. 7) a je představováno krystalograficky orientovanými srůsty ryzího Bi a tmavší fáze o složení Ni 18.03 - 18.93, Bi 31.72 - 37.46, As 46.42 - 49.72 a S 0.69 - 0.79 hm. %, které se stechiometricky blíží vzorci Ni_2BiAs_4 . Ondruš et al. (2003) popisují z jáchymovského revíru pravděpodobně analogické myrmekitické srůsty bismutu a rammelsbergitu, které interpretují jako produkt rozpadu neznámé vysokoteplotní fáze.

Bismutin byl zjištěn jen ojediněle jako nepravidelně omezené relikty agregátů o velikosti do 15 μm , intenzivně zatlačované bismitem a dále arsenáty Bi. Chemické složení bylo



Obr. 16 Variace v chemickém složení slíd. a - diagram suma mezivrstevních kationtů vs. Al+V; hranice pro slídy s.s. a illit převzaty z Riedera et al. (1998); b - diagram Al vs. Fe^{tot} ; c - diagram Al vs. V.



ověřeno dvěma kvantitativními (WD) bodovými analýzami; vedle Bi a S ve stechiometrickém poměru nebyl zjištěn obsah žádných dalších prvků.

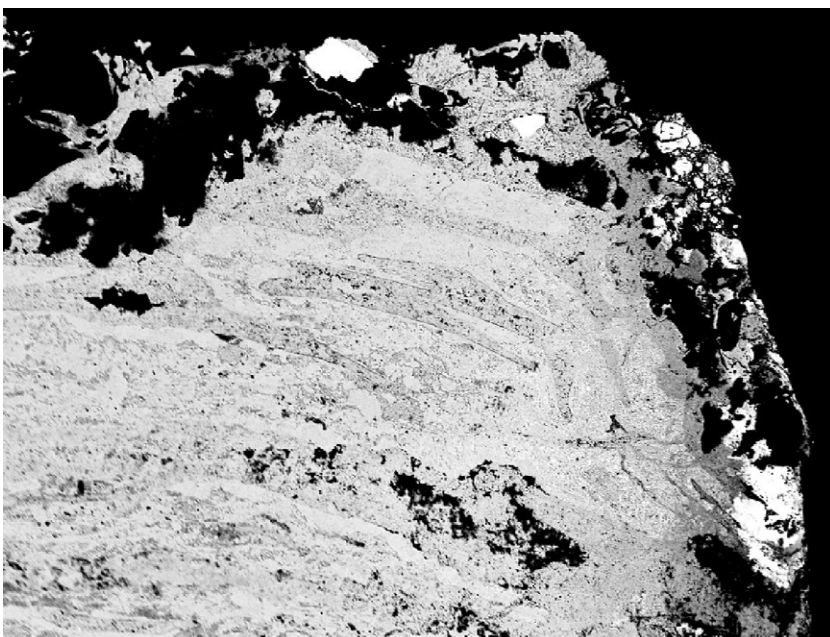
Galenit vytváří v navětralé křemenné žilovině drobně zrnité agregáty o velikosti do několika mm. Podle výsledků semikvantitativních chemických analýz (EDS) obsahuje pouze Pb a S, další prvky nebyly zjištěny.

Chalkopyrit tvoří drobná (okolo 1 mm) žlutá, kovově lesklá zrna v navětralé křemenné žilovině. Ověřen byl pomocí semikvantitativní chemické analýzy (EDS), zjištěny byly pouze obsahy Cu, Fe a S.

Pyrit byl nalezen jako drobná, kovově lesklá zrna a agregáty světle žluté barvy o velikosti kolem 1 mm v křemenné žilovině. Podle výsledků semikvantitativních chemických analýz (EDS) obsahuje pouze Fe a S, další prvky nebyly zjištěny.

Nikelín byl zjištěn až při podrobném mikroskopickém studiu, vytváří nepravidelné agregáty o velikosti do 30 - 50 μm , obvykle zarůstající do mladšího rammelsbergitu. Jeho chemické složení (tab. 1) je relativně jednoduché a blíží se ideální stechiometrii tohoto minerálu; v kationtu byly vedle dominantního Ni zjištěny jen minoritní obsahy Co (do 0.04 *apfu*) a Cu (do 0.02 *apfu*), obsahy Fe nepřevyšují 0.004 *apfu*. V aniontu byly jen lokálně zjištěny minimální obsahy Sb, Bi a je velmi chudý S (do 0.06 hm. %, 0.003 *apfu*). Jeho empirický vzorec (průměr šesti bodových analýz) lze na bázi 2 *apfu* vyjádřit následovně: $(\text{Ni}_{0.96}\text{Co}_{0.03}\text{Cu}_{0.01})_{\Sigma 1.00}\text{As}_{1.00}$.

Rammelsbergit vytváří v alterované křemenné žilovině kovově šedé agregáty o velikosti do několika cm, které často obsahují starší kostrovi-



Obr. 17 Kovově šedé drátkovité agregáty ryzího Ag, zčásti s černými povlaky akantitu v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 2 mm; foto P. Fuchs.

Obr. 18 Velmi drobné agregáty ryzí mědi (místa s náznaky až krystalového omezení) v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 1 mm; foto P. Fuchs.

Obr. 19 Drobné agregáty V-bohatého atelestitu (bílý) narůstající na voštinatý agregát kettneritu (šedý); Přísečnice; šířka záběru 1 mm; BSE foto J. Sejkora.

té krystaly nebo zrna ryzího bismutu (obr. 8). Agregáty rammelsbergitu někdy také uzavírají zrna staršího nikelinu nebo jsou lemovány mladším saffloritem a narůstají na ně agregáty nejmladšího niklskutteruditu (obr. 9). V BSE obraze jsou některé agregáty zřetelně chemicky zonální - vedle NiCo_1 substituce se lokálně výrazněji objevuje i zastupování AsS_1 (obr. 10). Při studiu chemického složení rammelsbergitu byly v kationtové části vzorce vedle dominantního Ni zjištěny obsahy Co nepřevyšující 0.21 *apfu* (obr. 11) a jen minoritní zastoupení Fe (do 0.04 *apfu*) a Cu (do 0.01 *apfu*). V aniontu je pak převažující As doprovázen Bi (do 0.01 *apfu*) a S, jejichž obsahy lokálně dosahují až 0.21 *apfu* (obr. 12). Koeficienty empirických vzorců jsou pro vybrané reprezentativní bodové analýzy rammelsbergitu uvedeny v tabulce 2.

Safflorit byl prokázán až během podrobného mikroskopického studia, vytváří úzké okraje agregátů staršího rammelsbergitu a částečně idiomorfne vyvinuté srostlice krystalů (obr. 9). Pro chemické složení saffloritu z Přísečnice jsou charakteristické vyšší obsahy Fe (do 0.21 *apfu*) a Ni (do 0.35 *apfu*) vedle převažujícího Co v kationtu (obr. 11); v aniontu pak vedle dominantního As byly zjištěny minoritní obsahy Bi (do 0.01 *apfu*) a obsahy S nepřevyšující 0.06 *apfu* (obr. 12). Koeficienty empirických vzorců pro vybrané reprezentativní bodové analýzy saffloritu jsou uvedeny v tabulce 3.

Niklskutterudit byl zjištěn jako cínové bílé, kovově lesklé zrnité agregáty o velikosti do několika mm a drobné idiomorfne krystaly (do 1 mm) v supergenně alterované křemenné žilovině. Je zřetelně mladší než safflorit a rammelsbergit. Chemické složení niklskutteruditu velmi dobře odpovídá ideální stechiometrii $(\text{Ni,Co,Fe})\text{As}_3$; možný deficit v aniontové části vzorce uváděný pro tento minerál (Anthony et al. 1990) nebyl zjištěn. V kationtové části vzorce je dominantní Ni s obsahy 0.38 - 0.75 *apfu* (obr. 13), který je poměrně výrazně substituován Co (0.15 - 0.40 *apfu*, izomorfní řada se skutteruditem) a také Fe v rozmezí 0.07 - 0.24 *apfu*. Obdobně zvýšené obsahy Fe byly zjištěny i pro některé vzorky niklskutteruditu z jáchymovského rudního revíru (do 0.35 *apfu* - Ondruš et al. 2003) nebo Michalových Hor (do 0.30 *apfu* - Sejkora et al. 2015). Zajímavé jsou i minoritní obsahy Cu dosahující až 0.08 *apfu*. V aniontové části vzorce byly vedle dominantního As zjištěny i minoritní obsahy S (do 0.03 *apfu*) a lokálně Bi (do 0.01 *apfu*). Koeficienty empirických vzorců jsou pro jednotlivé bodové analýzy uvedeny v tabulce 4.

Skutterudit byl pozorován jen mikroskopicky jako drobná, vysoce supergenně alterovaná zrna o velikosti do 30 μm a v jednom případě i jako neostře omezené zóny vystupující v niklskutteruditu (obr. 14). Pro chemické složení skutteruditu platí obdobné rysy jako v případě niklskutteruditu; v kationtu samozřejmě převažuje Co (0.36 - 0.60 *apfu* - obr. 13) nad Ni (0.03 - 0.33 *apfu*) a Fe (0.13 - 0.25 *apfu*), neobvyklé obsahy Cu dosahují až 0.17 *apfu*. V aniontu je pak dominantní As doprovázen S (do 0.06 *apfu*) a Bi (do 0.03 *apfu*). Koeficienty empirických vzorců

Tabulka 7 Rentgenová prášková data atelestitu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
1	0	0	6.691	14	6.682	2	1	1	2.735	80	2.734
0	1	1	6.063	16	6.048	1	1	-4	2.533	20	2.533
0	1	2	4.256	32	4.252	1	0	4	2.2072	22	2.2074
2	0	-2	3.277	61	3.276	3	1	0	2.1346	22	2.1340
1	1	2	3.251	82	3.252	1	3	2	2.0454	13	2.0468
1	2	-1	3.239	100	3.238	2	1	-5	1.9745	23	1.9746
0	1	3	3.132	56	3.132	3	2	-3	1.8825	9	1.8838
1	2	-2	2.954	28	2.950						

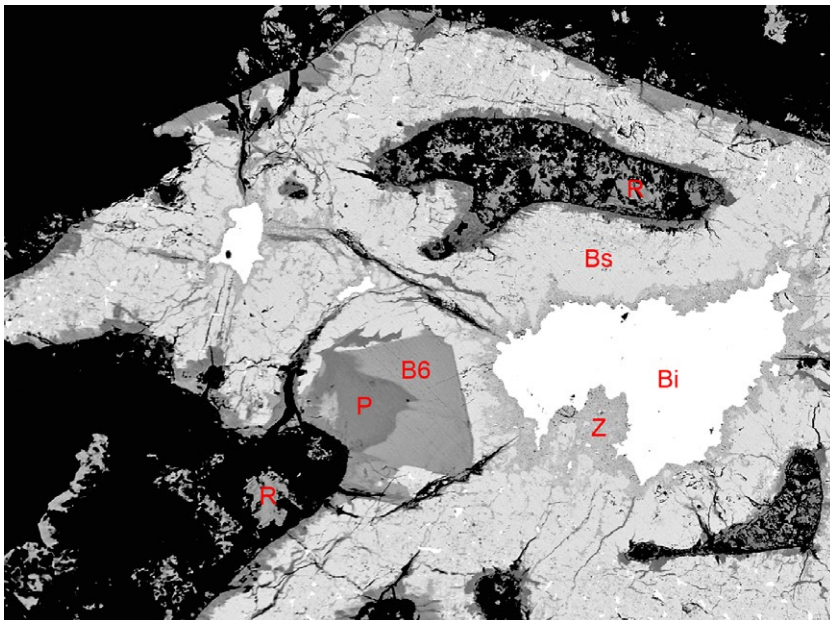
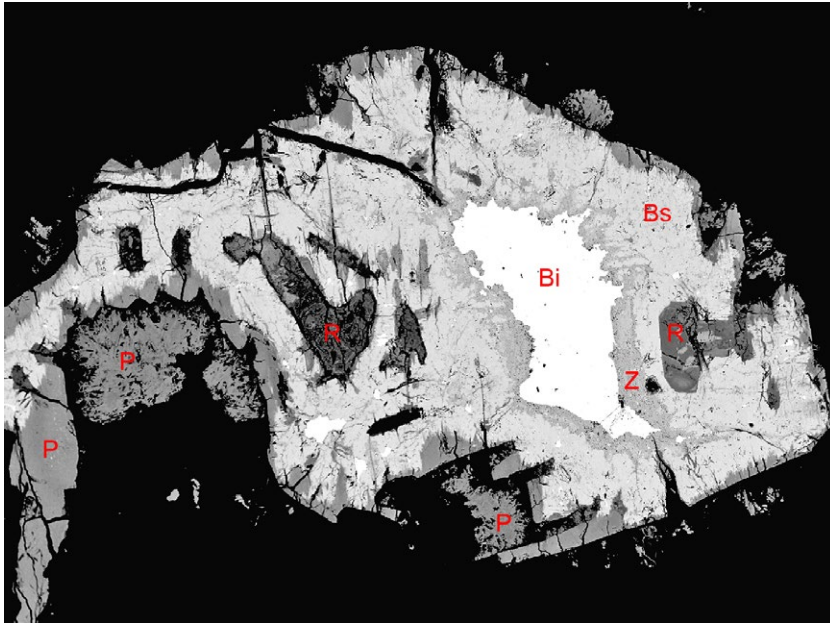
Tabulka 8 Parametry základní cely atelestitu (pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/c$)

	<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β [°]	<i>V</i> [Å ³]
Přísečnice tato práce	6.985(3)	7.449(4)	10.827(5)	106.94(3)	538.9(5)
Schneeberg Mereiter, Preisinger (1986)	7.000(2)	7.430(2)	10.831(2)	107.05(2)	538.5
Schneeberg Frost et al. (2011)	6.983(1)	7.432(1)	10.818(1)	106.97(1)	537.0(1)

Tabulka 9 Chemické složení atelestitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4
CaO	0.03	0.00	0.00	0.06	0.05
FeO	0.12	0.11	0.13	0.13	0.09
PbO	0.07	0.11	0.15	0.00	0.00
CuO	0.06	0.14	0.00	0.00	0.09
Bi_2O_3	79.16	79.24	79.81	78.46	79.15
SiO_2	0.40	0.35	0.49	0.47	0.30
As_2O_5	11.75	12.03	11.15	11.51	12.30
P_2O_5	0.70	0.74	0.64	0.61	0.80
V_2O_5	5.01	5.02	5.71	5.18	4.16
H_2O^*	1.34	1.27	1.26	1.27	1.59
total	98.63	99.01	99.34	97.69	98.51
Ca	0.003	0.000	0.000	0.006	0.005
Fe	0.009	0.009	0.010	0.011	0.007
Pb	0.002	0.003	0.004	0.000	0.000
Cu	0.004	0.010	0.000	0.000	0.007
Bi	1.954	1.930	1.935	1.941	2.011
Σ kationt	1.972	1.952	1.950	1.958	2.030
Si	0.039	0.033	0.046	0.045	0.029
As	0.588	0.594	0.548	0.578	0.634
P	0.057	0.059	0.051	0.050	0.066
V	0.317	0.313	0.355	0.328	0.271
Σ aniont	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH	0.856	0.800	0.790	0.813	1.045

Mean - průměr ze čtyř bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $\text{As}+\text{P}+\text{V}+\text{Si} = 1$ *apfu*; H_2O^* - obsah dopočtený na základě vyrovnání náboje.



jsou pro jednotlivé bodové analýzy uvedeny v tabulce 5.

Fluorit je v haldovém materiálu hojný a vyskytuje se v několika formách. Jednak tvoří hrubě krystalickou žilnou výplň o mocnosti cca 10 - 15 cm s různě zbarvenými vrstvami - převažuje zelená, méně je zastoupena žlutá a fialová barva; místy má žíla stébelnatou, radiálně paprscitou texturu. V ojedinělých dutinách tvoří drúzy kubických krystalů o velikosti do 5 mm, nebo rombododekaedrů složených z drobných krychlí. Zrna a drobné fialové krychle se často vyskytují i v pórovité křemenné žilovině, z ní však byl fluorit z větší části vyloužen a zanechal četné duté pseudomorfozy tvořené křemenem a limonitem. Řídké jsou nálezy úlomků drobně zrnité béžové fluorit-křemenné žiloviny až rohovcového vzhledu, ve které jsou vyvinuty idiomorfnní fialové krystaly fluoritu o velikosti 1 - 3 mm ve tvaru

Obr. 20 Agregát tvořený relikty ryzího bismutu (Bi) zatlačovaného zavarickitem (Z) a bismitem (Bs), jako mladší fáze vystupují preisingerit (P) a rooseveltit (R); Přísečnice; šířka záběru 800 μm ; BSE foto J. Sejkora.

Obr. 21 Agregát tvořený relikty ryzího bismutu (Bi) zatlačovaného zavarickitem (Z) a bismitem (Bs), jako mladší fáze vystupují preisingerit (P), nepojmenovaný $(\text{BiO})_6(\text{OH})_3(\text{AsO}_4)$ (B6) a rooseveltit (R); Přísečnice; šířka záběru 500 μm ; BSE foto J. Sejkora.

Tabulka 10 Rentgenová prášková data bismutitu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	0	2	6.884	6	6.895	0	0	6	2.2990	4	2.2983	1	2	1	1.7158	6	1.7158
1	0	1	3.723	42	3.723	1	1	4	2.1406	17	2.1422	2	0	4	1.6860	8	1.6862
0	1	1	3.723	42	3.723	2	0	0	1.9331	20	1.9333	0	2	4	1.6860	8	1.6862
1	0	3	2.961	100	2.959	0	2	0	1.9331	20	1.9333	2	1	3	1.6188	17	1.6185
0	1	3	2.961	100	2.959	2	0	2	1.8616	4	1.8615	1	2	3	1.6188	17	1.6185
1	1	0	2.734	58	2.734	0	2	2	1.8616	4	1.8615	2	0	6	1.4794	3	1.4795
1	1	2	2.543	9	2.542	2	1	1	1.7158	6	1.7158	0	2	6	1.4794	3	1.4795

Tabulka 11 Parametry základní cely bismutitu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Imm2*)

		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
Přísečnice	tato práce	3.8666(5)	3.8666(5)	13.790(3)	206.16(4)
neuveдено	Grice (2002)	3.865(2)	3.862(2)	13.675(6)	204.1(2)
Љubietová	Števkó et al. (2016)	3.873(2)	3.874(4)	13.722(9)	205.9(3)
Horní Blatná	Pauliš et al. (2015)	3.8679(8)	3.866(3)	13.683(2)	204.6(2)
Horní Slavkov	Sejkora et al. (2006)	3.878(7)	3.878(7)	13.65(3)	205.3(5)

spojky krychle a rombododekaedru. Pro zdejší fluoritovou žilovinu je charakteristická absence barytu.

Vanadem bohaté fylosilikáty vytváří součást celistvého, tmavě hnědého, silně limonitizovaného materiálu, makroskopicky odlišného od pórovité křemenné žiloviny s Bi a Ni-Co-As mineralizací. Fylosilikáty vytvářejí jemnozrnné agregáty nepravidelného tvaru o velikosti až prvních stovek μm , srůstající s křemenem. Fylosilikáty jsou lokálně intenzivně impregnovány či pronikány limonitem a/nebo různými arsenáty a vanadáty Pb, Cu, Fe, U a Bi (obr. 15). Při detailním studiu na mikroskopě byly zjištěny dvě fáze - jedna blízká slídkě, druhá chloritu. Slídková fáze je zcela převažujícím fylosilikátem, zatímco chlorit se vyskytuje jen akcesoricky. Chemické složení slídkové fáze bylo studováno pomocí 71 bodových analýz, jejichž výběr je uveden v tabulce 6. Chemismus je značně komplexní a obsahy jednotlivých složek velmi variabilní: 39.9 - 47.1 hm. % SiO_2 , 13.5 - 26.8 hm. % Al_2O_3 , 4.6 - 11.2 hm. % V_2O_5 , 2.6 - 14.4 hm. % FeO^{tot} , 2.1 - 6.4 hm. % K_2O a 0 - 2.2 hm. % MgO . Mírně zvýšené jsou v dané fázi i obsahy CuO (0.2 - 0.9 hm. %), NiO (0.1 - 0.7 hm. %), CaO (0.3 - 0.5 hm. %), často i BaO (max. 1.0 hm. %) a někdy i Na_2O (max. 2.1 hm. %) a P_2O_5 (max. 1.3 hm. %). Při přepočtu empirického vzorce na 11 atomů kyslíku lze konstatovat velmi vysoký obsah Si (3.23 - 3.56 *apfu*) a naopak nízký obsah kationtů v oktaedrické pozici (2.65 - 3.11 *apfu*), nízký obsah uvažovaných mezivrstevních kationtů ($\text{K}+\text{Na}+2\text{Ca}+2\text{Ba} = 0.33 - 0.87$ *apfu*) a ve většině analýz i sníženou celkovou sumu kationtů na vzorcovou jednotku (Catsum = 6.54 - 7.03). Pouze tři analýzy odpovídají klasifikačně pravé slídkě (suma mezivrstevních kationtů >0.85 *apfu*, Catsum = 7.00 - 7.03), 21 analýz odpovídá illitu (suma mezivrstevních kationtů mezi 0.85 a 0.60 *apfu*), zatímco zbylých 47 analýz má sumu mezivrstevních kationtů <0.60 *apfu* (obr. 16a). Charakteristickým rysem získaného datového souboru je absence statisticky významných korelací mezi obsahy jednotlivých prvků, s výjimkou dvojice Al-Fe, kde byla zjištěna zřetelná negativní korelace ($R^2 = 0.67$; obr. 16b) a dvojice Al-V, kde je rovněž pro většinu naměřených dat patrná negativní korelace (obr. 16c). Vzhledem k intenzivnímu supergennímu postižení daného materiálu (v asociaci s fylosilikáty se v daných vzorcích vyskytuje i

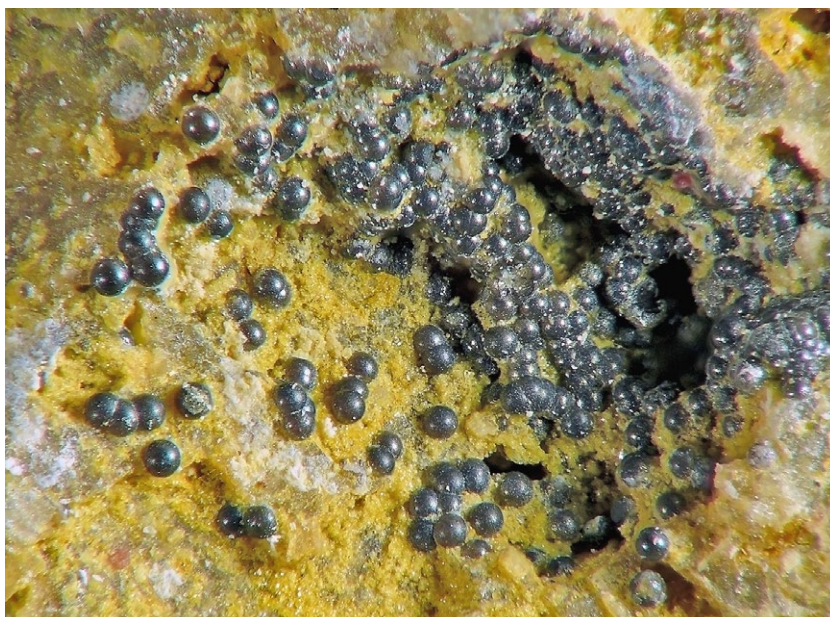
Tabulka 12 Chemické složení bismutitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3
Bi_2O_3	92.31	92.39	92.24	92.31
SiO_2	0.42	0.98	0.14	0.13
As_2O_5	0.30	0.63	0.15	0.12
CO_2^*	7.94	6.93	8.42	8.45
total	100.97	100.93	100.95	101.01
Bi	2.000	2.000	2.000	2.000
Si	0.035	0.082	0.012	0.011
As	0.013	0.027	0.007	0.005
C	0.911	0.794	0.966	0.969
Σ aniont	2.959	2.904	2.985	2.986

Mean - průměr ze tří bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi Bi = 1 *apfu*; CO_2^* - obsah dopočtený na základě vyrovnání náboje.



Obr. 22 Kulovitý agregát eulytinu v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 2.2 mm; foto P. Fuchs.



Obr. 23 Bohaté skupiny kulovitých agregátů eulytinu v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 3 mm; foto P. Fuchs.

limonit) je k získaným údajům o chemismu potřeba přistupovat obezřetně. Je velmi pravděpodobné, že chemické složení studované slídkové fáze bylo významně ovlivněno kyselými zvětrávacími roztoky, jejichž působením mohlo dojít k významnému odnosu mezivrstevních kationtů a případně i oktaedrických kationtů. Chemické složení fáze blízké chloritu bylo studováno prostřednictvím šesti bodových analýz (tab. 6). Hlavními složkami jsou SiO_2 (37.6 - 39.9 hm. %), Al_2O_3 (17.3 - 25.1 hm. %), FeO^{tot} (14.6 - 20.7 hm. %), V_2O_5 (2.7 - 3.4 hm. %), NiO (1.2 - 1.7 hm. %), CaO (0.8 - 1.2 hm. %) a MgO (0.8 - 1.6 hm. %). Průběžně mírně zvýšené jsou v dané fázi i obsahy CuO (0.7 - 0.9 hm. %), CoO (0.2 - 0.3 hm. %), ZnO (0.4 - 0.5 hm. %) a K_2O (0.1 - 0.2 hm. %). Při přepočtu empirického vzorce na

základ 14 atomů kyslíku lze konstatovat vysoký obsah Si (3.83 - 4.02 *apfu*), vysoký poměr $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ (0.84 - 0.92) a nízkou hodnotu celkového počtu kationtů na vzorcovou jednotku (8.64 - 8.81 *apfu*), která může indikovat buď příměs dioktaedrického chloritu (? smíšená struktura) nebo významnou oktaedrickou vakanci v trioktaedrickém chloritu ($\square = 1.2 - 1.4$ *pfu*). Hodnota oktaedrické vakance nijak nekoreluje s obsahem tetraedrického hliníku ($R^2 = 0.09$). Je proto velmi pravděpodobné, že chemické složení chloritu bylo podobné jako v případě slídk výrazněji modifikováno působením kyselých zvětrávacích roztoků. Obdobný, vanadem bohatý acidifikovaný slídkový minerál a Ni, Co, Cu, Zn bohatý chlorit popisuje Dolníček (2018) z U-Ni-Co-As-Ag/Bi ložiska Zálesí u Javorníka.

Tabulka 13 Rentgenová prášková data eulytinu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
1	1	2	4.205	100	4.206	1	3	4	2.0198	35	2.0206	3	1	6	1.5193	9	1.5191
2	0	2	3.642	3	3.643	2	1	5	1.8812	2	1.8811	4	4	4	1.4874	3	1.4871
3	0	1	3.257	88	3.258	0	4	4	1.8204	5	1.8214	3	4	5	1.4572	11	1.4571
2	1	3	2.752	77	2.754	0	3	5	1.7674	12	1.7670	3	3	6	1.4021	3	1.4021
0	0	4	2.575	14	2.576	2	3	5	1.6709	26	1.6714	4	2	6	1.3767	5	1.3768
2	3	3	2.1963	1	2.1966	6	0	2	1.6293	9	1.6291	0	3	7	1.3532	1	1.3529
2	2	4	2.1015	34	2.1031	1	4	5	1.5903	12	1.5898						

Tabulka 14 Parametry základní cely eulytinu (pro kubickou prostorovou grupu I-43d)

		<i>a</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
Přísečnice	tato práce	10.303(2)	1093.7(2)
synt.	Liu, Kuo (1997)	10.2867(5)	1088.5
synt.	Segal et al. (1966)	10.300	1092.7
Jáchymov	Sejkora (1992)	10.3146(6)	1097.4
Smrkovec	Sejkora (1992)	10.2971(5)	1091.8
Medvědín	Plášil et al. (2008)	10.296(3)	1091.6(9)
Medvědín	Plášil et al. (2011)	10.3076(1)	1095.13(3)
Zálesí	Pauliš et al. (2014)	10.311(5)	1095.1(9)

Tabulka 15 Chemické složení eulytinu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CaO	0.12	0.07	0.11	0.00	0.12	0.22	0.30	0.24	0.00	0.00
FeO	0.33	0.36	0.45	0.20	0.37	0.35	0.44	0.37	0.19	0.27
PbO	0.03	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
Al_2O_3	0.08	0.13	0.11	0.00	0.09	0.11	0.14	0.13	0.00	0.00
Bi_2O_3	80.31	79.39	79.22	82.72	79.15	80.19	78.68	77.98	83.54	81.97
SiO_2	15.16	14.85	14.86	14.90	14.90	14.91	15.22	15.30	15.58	15.94
As_2O_5	1.09	1.24	1.33	1.35	1.23	1.19	0.81	0.92	0.94	0.77
P_2O_5	0.49	0.56	0.50	0.38	0.58	0.49	0.49	0.53	0.43	0.40
V_2O_5	0.23	0.30	0.33	0.20	0.26	0.35	0.34	0.32	0.00	0.00
total	97.84	96.89	96.91	99.87	96.71	97.80	96.42	95.79	100.82	99.35
Ca	0.023	0.014	0.021	0.000	0.023	0.043	0.059	0.047	0.000	0.000
Fe	0.051	0.055	0.069	0.032	0.058	0.055	0.068	0.056	0.029	0.041
Pb	0.001	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
Al	0.017	0.028	0.024	0.000	0.020	0.024	0.030	0.028	0.000	0.000
Bi	3.813	3.797	3.783	3.985	3.777	3.835	3.739	3.668	3.932	3.802
Σ kationt	3.906	3.893	3.897	4.024	3.878	3.956	3.897	3.800	3.968	3.843
Si	2.791	2.754	2.752	2.784	2.757	2.765	2.805	2.791	2.844	2.866
As	0.105	0.120	0.129	0.132	0.119	0.115	0.078	0.088	0.090	0.073
P	0.076	0.089	0.078	0.060	0.092	0.077	0.076	0.082	0.067	0.061
V	0.028	0.037	0.041	0.024	0.032	0.043	0.041	0.039	0.000	0.000
Σ aniont	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

mean - průměr z devíti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $\text{Si}+\text{As}+\text{P}+\text{V}=3$ *apfu*.

Charakteristika supergenní mineralizace

Ryzí kovy a sulfidy

Akantit vytváří černé povlaky na ojedinělých drátkovitých agregátech ryzího stříbra (obr. 17) nebo nehojně plíškovité agregáty o velikosti do 0.5 mm v dutinách silně supergenně alterované křemenné žiloviny. Podle výsledků semikvantitativních chemických analýz (EDS) obsahuje akantit pouze Ag a S, další prvky nebyly zjištěny.

Ryzí **měď** byla nalezena jen vzácně v podobě velmi drobných nepravidelných agregátů (obr. 18) v dutinách

korodované křemenné žiloviny o velikosti do 1 mm. Její výskyt byl ověřen pomocí semikvantitativní chemické analýzy (EDS), zjištěn byl pouze obsah Cu bez přítomnosti dalších prvků.

Ryzí **stříbro** bylo vzácně zjištěno v korozních dutinách křemenné žiloviny jako drobné drátkovité (obr. 17) a plíškovité agregáty o velikosti v desetinách mm v asociaci s černými povlaky a plíškovitými agregáty akantitu. Podle výsledků semikvantitativních chemických analýz (EDS) nebyly v ryzím stříbře zjištěny obsahy dalších prvků.

Tabulka 16 Rentgenová prášková data kettneritu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	0	1	13.661	21	13.631	1	1	4	2.538	23	2.538	1	3	1	1.6879	16	1.6877
0	0	2	6.827	22	6.816	0	0	6	2.2717	12	2.2719	2	2	4	1.6610	6	1.6605
1	1	1	3.667	55	3.663	0	2	4	2.1108	41	2.1111	3	1	2	1.6498	9	1.6502
0	0	4	3.407	18	3.408	2	0	4	2.1108	41	2.1111	1	3	2	1.6498	9	1.6502
1	1	2	3.323	58	3.321	2	2	0	1.9017	33	1.9016	3	1	3	1.5925	31	1.5929
1	1	3	2.917	100	2.916	2	2	1	1.8835	12	1.8833	1	3	3	1.5925	31	1.5929
0	2	0	2.690	91	2.689	2	2	2	1.8320	4	1.8316	1	1	8	1.5550	10	1.5550
2	0	0	2.690	91	2.689	1	1	7	1.7334	38	1.7333	3	1	4	1.5214	13	1.5218
0	2	1	2.639	47	2.638	3	1	1	1.6879	16	1.6877	1	3	4	1.5214	13	1.5218
2	0	1	2.639	47	2.638												

Tabulka 17 Parametry základní cely kettneritu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pbaa*)

		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
Přísečnice	tato práce	5.3784(6)	5.3784(6)	13.631(2)	394.31(6)
Krupka	Hybler, Dušek (2007)	5.3641(1)	5.3641(1)	13.5771(2)	390.66(1)
Krupka	Žák, Syneček (1960)	5.36(2)	5.36(2)	13.59(3)	390.4

Tabulka 18 Chemické složení kettneritu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
CaO	14.68	15.33	14.57	15.27	14.81	14.72	13.36
FeO	0.31	0.32	0.29	0.28	0.17	0.22	0.58
PbO	0.16	0.17	0.14	0.13	0.18	0.16	0.19
Al ₂ O ₃	0.14	0.14	0.17	0.13	0.14	0.12	0.14
Bi ₂ O ₃	68.51	68.17	68.36	68.83	68.19	69.53	67.96
SiO ₂	0.91	0.81	1.10	1.07	0.88	0.64	0.99
As ₂ O ₅	0.27	0.20	0.20	0.22	0.18	0.27	0.55
P ₂ O ₅	0.48	0.39	0.50	0.44	0.47	0.44	0.66
V ₂ O ₅	0.39	0.32	0.26	0.39	0.44	0.45	0.46
CO ₂ *	11.14	11.56	11.03	11.33	11.16	11.42	10.35
F	4.43	4.65	4.53	4.50	4.31	4.53	4.04
O=F	-1.86	-1.96	-1.91	-1.90	-1.81	-1.91	-1.70
total	99.55	100.09	99.24	100.69	99.10	100.59	97.59
Ca	0.929	0.952	0.926	0.948	0.939	0.926	0.880
Fe	0.015	0.016	0.014	0.014	0.008	0.011	0.030
Pb	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
Al	0.010	0.009	0.012	0.009	0.010	0.008	0.010
Bi	1.044	1.020	1.046	1.028	1.041	1.052	1.077
Σ kationt	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Si	0.054	0.047	0.065	0.062	0.052	0.037	0.061
As	0.008	0.006	0.006	0.007	0.005	0.008	0.018
P	0.024	0.019	0.025	0.022	0.023	0.022	0.034
V	0.015	0.012	0.010	0.015	0.017	0.017	0.019
C	0.898	0.916	0.893	0.896	0.902	0.915	0.868
Σ aniont	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F	0.827	0.853	0.850	0.824	0.806	0.841	0.786

mean - průměr z šesti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi kationtů = 2 *apfu*; obsah CO₂* dopočten na základě 1 *apfu* v aniontu.

Minerály bismutu

Atelestit byl zjištěn velmi vzácně mikroskopicky jako součást protáhlých bělavých až šedavých pseudomorfůz po agregátech ryzího bismutu v silně alterované křemenné žilovině, které dosahují délky až několika mm. Vytváří zde nepravidelná zrna o velikosti do 100 μm v asociaci s kettneritem (obr. 19), bismutitem nebo bismitem. Pomocí

rentgenových práškových dat byl atelestit identifikován ve směsi s bismutitem a kettneritem; získaná data (tab. 7) v základních rysech odpovídají publikovaným údajům i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Mereiter, Preisinger 1986). Vzhledem k malému množství materiálu dostupného pro studium a příměsím (bismutit, kettnerit, křemen) byly pozorovány jen difrakce s vyššími

Tabulka 19 Rentgenová prášková data mixitu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	1	0	11.785	100	11.805	0	2	2	2.651	4	2.651	2	5	2	1.5928	2	1.5942
1	1	0	6.889	6	6.816	0	4	1	2.640	2	2.642	1	7	0	1.5639	1	1.5636
0	1	1	5.277	3	5.302	2	3	1	2.4612	2	2.4637	1	6	2	1.5401	3	1.5390
1	1	1	4.502	2	4.475	1	4	1	2.3649	3	2.3630	3	3	3	1.4918	1	1.4917
0	2	1	4.164	9	4.185	3	3	0	2.2744	2	2.2718	0	8	0	1.4753	1	1.4756
0	3	0	3.953	28	3.935	2	2	2	2.2390	3	2.2376	4	5	1	1.4621	1	1.4647
1	2	1	3.560	44	3.566	0	2	3	1.8736	1	1.8754	3	6	1	1.4433	1	1.4426
1	3	0	3.278	18	3.274	0	3	3	1.7673	2	1.7672	1	2	4	1.4086	1	1.4076
0	4	0	2.951	8	2.951	1	6	1	1.7228	2	1.7227	3	4	3	1.3841	1	1.3852
2	3	0	2.709	3	2.708	0	6	2	1.6403	2	1.6397	1	8	1	1.3466	1	1.3457

Tabulka 20 Parametry základní cely mixitu a zálesiitu (pro hexagonální prostorovou grupu $P6_3/m$)

mixit	<i>a</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]	
Přísečnice	tato práce	13.631(17)	5.9336(5)	955(1)
Krupka	Sejkora et al. (2013a)	13.631(1)	5.912(1)	951.3(1)
H. Slavkov	Sejkora et al. (2006)	13.605(2)	5.909(1)	947.2
Jáchymov	Frost et al. (2010)	13.620(1)	5.903(1)	948.2(2)
Smrkovec	Sejkora et al. (1997)	13.6482(9)	5.9148(8)	954.1(1)
Smrkovec	Frost et al. (2010)	13.637(1)	5.910(1)	951.8(2)
Cínovec	Sejkora, Šrein (1996)	13.598(6)	5.916(6)	947(1)
	Mereiter, Preisinger (1986)	13.646(2)	5.920(1)	954.7
zálesiit				
Zálesí	Sejkora et al. (1999)	13.571(1)	5.880(1)	937.8(2)
Zálesí	Čejka et al. (2011)	13.570(2)	5.887(2)	938.9(4)
Fuka mine	Tanaka et al. (2009)	13.656(9)	5.850(4)	945(1)
S. Lucia	Olmi et al. (1991)	13.631	5.906	950.8
S. Lucia	Olmi et al. (1991)	13.615	5.900	946.4
S. Lucia	Olmi et al. (1991)	13.641	5.898	946.4
S. Lucia	Olmi et al. (1991)	13.625	5.903	949.2
M. Cidro	Olmi et al. (1991)	13.650	5.915	953.6
M. Cidro	Olmi et al. (1991)	13.613	5.899	946.4
S. Duchesa	Olmi et al. (1991)	13.633	5.906	950.8

Tabulka 21 Chemické složení mixitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3		mean	1	2	3
CaO	2.30	2.39	2.27	2.23	Ca	0.493	0.506	0.485	0.487
FeO	0.17	0.26	0.08	0.17	Fe	0.028	0.042	0.013	0.029
CuO	37.98	37.17	38.14	38.64	Cu	5.751	5.548	5.756	5.957
ZnO	0.08	0.06	0.09	0.07	Zn	0.011	0.009	0.014	0.011
Al ₂ O ₃	0.44	0.44	0.37	0.51	Al	0.104	0.102	0.088	0.122
Bi ₂ O ₃	11.68	11.58	11.84	11.61	Bi	0.604	0.590	0.610	0.611
SiO ₂	0.20	0.20	0.17	0.22	Si	0.039	0.039	0.034	0.044
As ₂ O ₅	28.15	28.47	28.36	27.62	As	2.950	2.941	2.962	2.947
P ₂ O ₅	0.06	0.12	0.02	0.05	P	0.011	0.020	0.004	0.008
H ₂ O*	8.72	8.54	8.70	8.91	Σ aniont	3.000	3.000	3.000	3.000
total	89.77	89.22	90.05	90.02	OH	5.652	5.248	5.598	6.125
					H ₂ O	3	3	3	3

mean - průměr z tří bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+P+Si= 3 *apfu*; H₂O* - obsah dopočtený na základě vyrovnání nábojů a ideálního obsahu 3 H₂O.

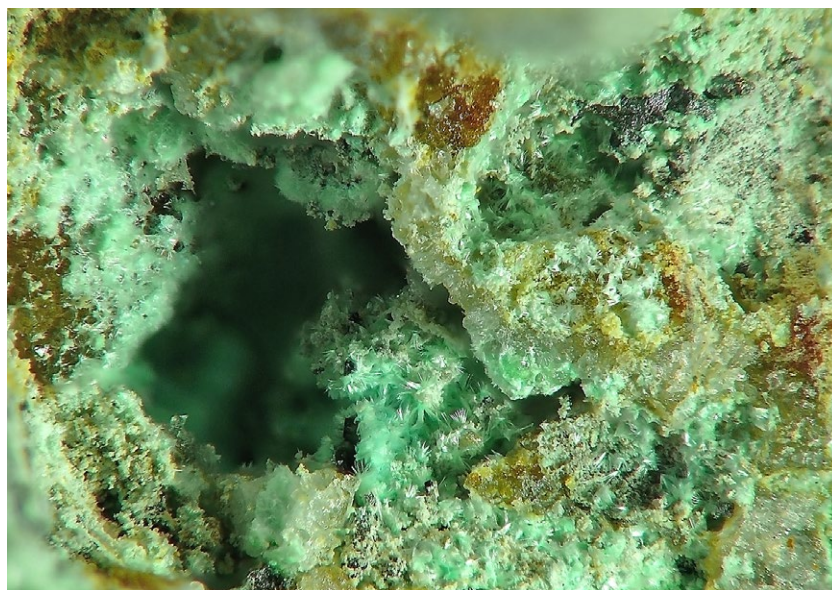
hodnotami relativní intenzity. Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 8 porovnány s publikovanými daty. Atelestit byl ověřen i pomocí kvantitativních chemických dat (tab. 9), které odpovídají stechiometrii ideálního vzorce $\text{Bi}_2\text{O}(\text{OH})(\text{AsO}_4)_2$. V kationtové části vzorce byly vedle zcela převládajícího Bi zjištěny i minoritní obsahy Ca, Fe, Cu a Pb, které nepřevyšují 0.01 *apfu*. V aniontu je dominantní As doprovázen minoritními obsahy Si (do 0.05 *apfu*), P (0.05 - 0.07 *apfu*) a zejména významnějšími obsahy V v rozmezí 0.27 - 0.35 *apfu*. Rozsáhlá izomorfie v aniontu mezi atelestitem (As), smrkovecitem

(P) a hechtsbergitem (V) je zmiňována Řídkošilem et al. (1996) a Krausem et al. (1997). Empirický vzorec atelestitu (průměr čtyř bodových analýz) lze vyjádřit na bázi 1 *apfu* v aniontu jako $(\text{Bi}_{1.95}\text{Fe}_{0.01})_{\Sigma 1.96}\text{O}(\text{OH})_{0.86}[(\text{AsO}_4)_{4/0.58}(\text{VO}_4)_{4/0.32}(\text{PO}_4)_{4/0.06}(\text{SiO}_4)_{4/0.04}]_{\Sigma 1.00}$.

Bismit byl zjištěn jako hojná součást celistvých až protáhlých bělošedých agregátů o velikosti do několika mm v silně supergenně alterované žilovině (obr. 20 a 21), kde vystupuje v asociaci s preisingeritem, nepojmenovaným $(\text{BiO})_6(\text{OH})_3(\text{AsO}_4)$, zavarickitem, rooseveltitem a kettneritem. Chemické složení bismitu je velmi jednoduché, pomocí kvantitativní chemické analýzy byly zjištěny jen obsahy Bi_2O_3 v rozmezí 99.10 - 100.36 hm. % (tři bodové analýzy), což odpovídá ideálnímu složení tohoto minerálního druhu.

Bismutit tvoří relativně hojnou součást bělošedých pseudomorfůz

po ryzím bismutu v alterované křemenné žilovině, nejčastěji vystupuje v asociaci s kettneritem, bismitem a atelestitem. Rentgenová prášková data bismutitu (tab. 10) jsou ve shodě s publikovanými údaji i teoretickým záznamem vypočteným z krystalové struktury (Grice 2002); vzhledem k hůře krystalickému charakteru studované fáze (široká difrakční maxima) není možné v záznamu rozlišit hodnoty s blízkými ortorombickými indexy typu 103/013 nebo 200/020. Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 11 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Při studiu chemického složení bis-



Obr. 24 Světle zelené agregáty mixitu tvořené jehličkovitými krystaly v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 2.5 mm; foto P. Fuchs.

Tabulka 22 Chemické složení preisingeritu z Přísečnice (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CaO	0.34	0.31	0.19	0.18	0.15	0.20	0.16	0.19	0.18	0.19	0.52
FeO	0.06	0.00	0.24	0.28	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.05	0.24
CuO	0.16	0.00	0.00	0.00	0.43	0.36	0.22	0.55	0.00	0.34	0.56
NiO	0.00	0.00	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.20	0.24
Bi_2O_3	75.87	74.86	71.14	70.35	74.71	75.51	73.59	75.06	72.78	74.41	69.84
SiO_2	0.58	0.72	0.28	0.32	0.20	0.20	0.14	0.17	0.14	0.16	0.15
As_2O_5	13.24	13.57	23.22	23.24	23.30	23.94	24.03	24.13	24.39	24.53	25.07
P_2O_5	1.20	1.09	0.93	0.76	0.32	0.24	0.35	0.34	0.25	0.13	0.19
V_2O_5	7.71	7.07	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
H_2O^*	0.71	0.63	0.41	0.37	1.19	1.15	0.82	1.03	0.68	0.95	0.41
total	99.88	98.24	96.60	95.70	100.29	101.69	99.30	101.47	98.65	100.97	97.31
Ca	0.053	0.049	0.031	0.030	0.025	0.033	0.026	0.030	0.030	0.031	0.083
Fe	0.007	0.000	0.030	0.036	0.000	0.012	0.000	0.000	0.012	0.007	0.030
Cu	0.018	0.000	0.000	0.000	0.051	0.042	0.025	0.064	0.000	0.039	0.063
Ni	0.000	0.000	0.015	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.025	0.029
Bi	2.874	2.880	2.768	2.754	3.045	3.016	2.920	2.962	2.866	2.931	2.674
Σ kationt	2.953	2.929	2.844	2.833	3.121	3.104	2.971	3.056	2.925	3.032	2.878
Si	0.084	0.107	0.042	0.049	0.032	0.030	0.022	0.026	0.021	0.025	0.023
As	1.017	1.058	1.832	1.844	1.926	1.938	1.933	1.930	1.947	1.959	1.945
P	0.150	0.138	0.119	0.098	0.043	0.031	0.045	0.044	0.032	0.016	0.024
V	0.749	0.697	0.007	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
Σ aniont	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
OH	0.696	0.627	0.413	0.375	1.255	1.188	0.842	1.051	0.693	0.968	0.406

Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $\text{As}+\text{P}+\text{V}+\text{Si}=2$ *apfu*; H_2O^* - obsah dopočtený na základě vyrovnání náboje.

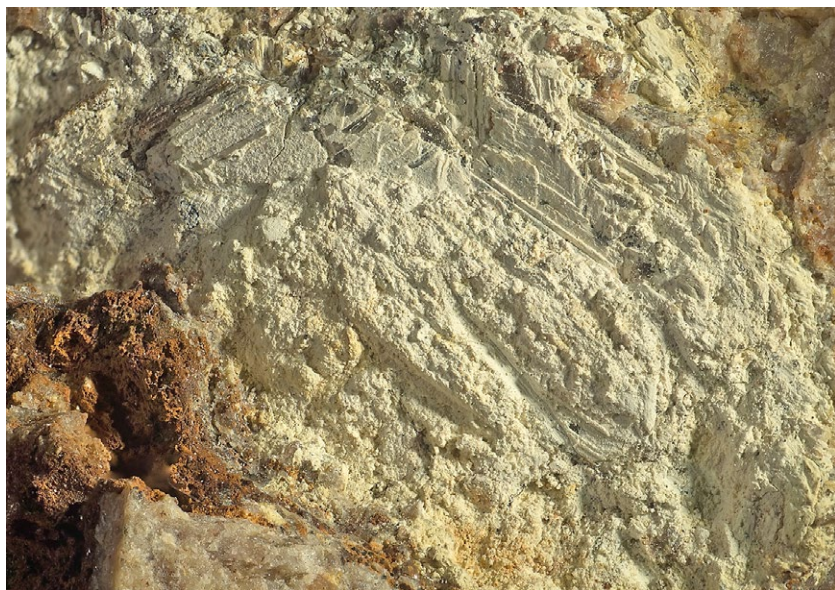
mutitu (tab. 12) bylo v aniontové části vzorce zjištěno vedle převládajícího karbonátu minoritní zastoupení Si (do 0.08 *apfu*) a As (do 0.03 *apfu*); v kationtu vystupuje pouze bismut. Empirický vzorec bismutitu z Přísečnice (průměr tří bodových analýz) lze na bázi Bi = 2 *apfu* vyjádřit jako $\text{Bi}_{2.00}\text{O}_{2.00}[(\text{CO}_3)_{3/0.91}(\text{SiO}_4)_{4/0.04}(\text{AsO}_4)_{4/0.01}]_{\Sigma 0.96}$.

Eulytin vytváří dosti hojné, neprůhledné kulovité a ledvinité agregáty, zelenavě černé, černé a vzácně i šedé barvy o velikosti do 0.1 - 1 mm, které ve vyvětralých dutinách křemenné žiloviny vystupují izolovaně (obr. 22) nebo tvoří bohaté skupiny (obr. 23). Rentgenová prášková data eulytinu z Přísečnice (tab. 13) dobře odpovídají publikovaným údajům i teoretickému záznamu vypočte-

nému z krystalové struktury (Liu, Kuo 1997). Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 14 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Při studiu chemického složení eulytinu (tab. 15) bylo v kationtové části vzorce vedle převládajícího Bi zjištěno i minoritní zastoupení Fe, Ca a Al nepřevyšující 0.03 - 0.07 *apfu*. V aniontové části vzorce bylo vedle dominantního Si zjištěno i zastoupení As (do 0.13 *apfu*), P (do 0.09 *apfu*) a V (do 0.04 *apfu*). Empirický vzorec eulytinu z Přísečnice (průměr devíti bodových analýz) je možno na bázi Si+As+P+V = 3 *apfu* vyjádřit následovně: $(\text{Bi}_{3.82}\text{Fe}_{0.05}\text{Ca}_{0.02}\text{Al}_{0.02})_{\Sigma 3.91}[(\text{SiO}_4)_{4/2.79}(\text{AsO}_4)_{4/0.10}(\text{PO}_4)_{0.08}(\text{VO}_4)_{4/0.03}]_{\Sigma 3.00}$.

Kettnerit je lokálně převažující součástí protáhlých

bělavých až šedavých pseudomorfóz po agregátech ryzího bismutu v silně alterované křemenné žilovině, které dosahují délky až několika mm. Obvykle vystupuje v asociaci s bismutem, bismitem a atelestitem. V BSE obraze vypadají jeho agregáty nehomogenní (obr. 19), tato nehomogenita však není odrazem různého chemického složení, ale voštinatého charakteru agregátů. Rentgenová prášková data kettneritu (tab. 16) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Hybler, Dušek 2007); významnější rozdíly v relativních intenzitách jednotlivých difrakčních maxim jsou pravděpodobně vyvolány nedokonalým krystalickým stavem studované fáze (široká maxima) a také jejím výskytem ve směsi s dalšími minerály (bismutit, křemen). Zpřesněné parametry jeho základní cely



Obr. 25 Bělošedé práškovité pseudomorfozy pro ryzím Bi v alterované žilovině tvořené rooseveltitem a dalšími minerály Bi, Přísečnice; šířka záběru 20 mm; foto P. Fuchs.

Tabulka 23 Rentgenová prášková data rooseveltitu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
-1	0	1	5.397	2	5.394	-3	0	1	2.2829	3	2.2848	3	2	1	1.7151	1	1.7128
0	1	1	4.830	19	4.816	0	3	1	2.2431	15	2.2420	-4	1	1	1.6736	4	1.6725
-1	1	1	4.312	9	4.310	-3	1	1	2.1749	4	2.1768	4	0	0	1.6626	8	1.6621
1	0	1	4.152	2	4.147	-2	2	2	2.1551	6	2.1548	1	4	1	1.6431	3	1.6444
1	1	1	3.591	6	3.589	2	2	1	2.1519	8	2.1525	0	0	4	1.6263	7	1.6260
2	0	0	3.323	44	3.324	3	1	0	2.1168	4	2.1172	-4	1	2	1.6199	1	1.6204
0	0	2	3.262	11	3.252	2	0	2	2.0728	4	2.0733	-3	2	3	1.6062	5	1.6070
1	2	0	3.156	100	3.154	-2	1	3	1.9951	21	1.9946	0	1	4	1.5851	3	1.5857
-2	1	1	3.016	19	3.018	-2	3	1	1.9401	10	1.9402	-3	3	2	1.5778	7	1.5770
-1	2	1	2.979	47	2.984	-1	3	2	1.9307	24	1.9292	3	2	2	1.4937	1	1.4949
-1	1	2	2.972	64	2.977	3	2	0	1.8852	<1	1.8847	-2	4	2	1.4915	5	1.4922
-2	0	2	2.699	24	2.697	0	2	3	1.8547	<1	1.8548	0	2	4	1.4796	1	1.4807
-2	1	2	2.525	13	2.524	-3	2	2	1.8129	21	1.8116	0	4	3	1.3807	5	1.3809
1	1	2	2.502	16	2.496	2	2	2	1.7937	8	1.7945	3	1	3	1.3572	1	1.3572
-1	2	2	2.4197	10	2.4161	1	4	0	1.7304	1	1.7296						

Tabulka 24 Parametry základní cely rooseveltitu (pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/n$)

		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β [°]	<i>V</i> [Å ³]
Přísečnice	tato práce	6.880(2)	7.165(2)	6.731(3)	104.90(3)	320.6(2)
Argentina	Bedlivy et al. (1972)	6.878(1)	7.163(1)	6.735(1)	104.77(2)	320.9
Argentina	Bedlivy, Mereiter (1982)	6.879(1)	7.159(1)	6.732(1)	104.83(1)	320.4
Moldava	Sejkora et al. (1994)	6.877(7)	7.162(5)	6.750(5)	104.73(5)	321.5(5)

(tab. 17) jsou v souladu s publikovanými daty pro tento minerální druh. Zjištěné chemické složení kettneritu (tab. 18) se blíží ideálnímu vzorci $\text{CaBi}(\text{CO}_3)\text{OF}$; v kationtu byly zjištěny jen minoritní obsahy Fe (do 0.03 *apfu*) a Al (do 0.01 *apfu*); v aniontové části je pravděpodobně karbonátový aniont částečně zastupován i Si, P, As a V (do 0.02 - 0.06 *apfu*). Empirický vzorec kettneritu (průměr šesti bodových analýz) je možno na bázi Σ kationtů = 2 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Ca}_{0.93}\text{Fe}_{0.02}\text{Al}_{0.01})_{\Sigma 0.96}\text{Bi}_{1.04}[(\text{CO}_3)_{0.90}(\text{SiO}_4)_{0.05}(\text{PO}_4)_{0.02}(\text{VO}_4)_{0.02}(\text{AsO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 1.00}\text{OF}_{0.83}$.

Mixit byl zjištěn jako světle zelené povlaky a jehličkovité agregáty (obr. 24) v dutinách zvětralé a silně pórovité křemenné žiloviny spolu s dalšími supergenními fázemi Bi. Délka jednotlivých jehlicovitých krystalů nepřevyšuje 1 mm. Rentgenová prášková data studovaného mixitu (tab. 19) odpovídají teoretickým hodnotám vypočteným z krystalové struktury publikované v práci Mererter, Preisinger (1986). Zpřesněné parametry jeho základní cely (tab. 20) jsou v souladu s publikovanými daty pro mixit. Vzhledem k rozsahu izomorfie v A- (REE-Y, Ca, Pb apod.) a T-pozici obecného vzorce (As-P) nelze na základě rentgenových práškových dat ani zpřesněných mřížkových parametrů jednotlivé Bi-Ca-REE As-dominantní členy skupiny mixitu zcela jednoznačně rozlišit (Olimi et al. 1991; Sejkora, Šrein 1996; Plášil et al. 2009). Chemické složení minerálů skupiny mixitu lze vyjádřit obecným vzorcem $\text{ACu}_6(\text{TO}_4)_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Na základě obsazení A- a T-pozic obecného vzorce jsou pak definovány jednotlivé minerální druhy této skupiny. V A-pozici strukturního vzorce je možná široká izomorfie - zjištěny zde byly obsahy Bi, Al, Y a REE, Ca, Pb a menší míře i Fe a dalších prvků, v aniontové T-pozici se izomorfne zastupují především As a P a v menší míře i Si a další prvky (Olimi et al. 1991). Ve strukturní pozici A studovaného mixitu z Přísečnice (tab. 21) mírně převládá složka mixitová (0.59 - 0.49 *apfu* Bi) nad zálesíťovou (0.49 - 0.50 *apfu* Ca) a goudeyťovou (0.09 - 0.12 *apfu* Al); obsahy agarditové (Y,REE) komponenty ve studovaných vzorcích zjištěny nebyly. V aniontové T pozici vzorce As vysoce převládá nad minoritními Si a P (s obsahy do 0.04 a 0.02 *apfu*). Empirický vzorec studovaného mixitu (průměr tří bodových analýz) lze na bázi $\text{As}+\text{Si}+\text{P} = 3$ *apfu* vyjádřit jako

Tabulka 25 Chemické složení rooseveltitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
CaO	0.65	0.61	0.56	0.47	0.80	0.73	0.73
FeO	0.62	0.00	0.00	0.00	1.24	1.27	1.19
PbO	0.37	0.00	0.00	0.00	0.76	0.73	0.72
CuO	0.29	0.54	0.79	0.43	0.00	0.00	0.00
NiO	0.09	0.00	0.11	0.00	0.28	0.18	0.00
Bi ₂ O ₃	63.83	64.04	62.75	65.04	63.09	64.38	63.68
SiO ₂	0.10	0.09	0.00	0.09	0.19	0.07	0.16
As ₂ O ₅	32.33	34.50	33.51	33.35	30.89	31.58	30.15
P ₂ O ₅	0.53	0.09	0.08	0.00	1.08	0.86	1.10
V ₂ O ₅	0.08	0.00	0.08	0.10	0.14	0.06	0.10
total	98.89	99.87	97.87	99.48	98.46	99.86	97.82
Ca	0.040	0.036	0.034	0.029	0.049	0.045	0.046
Fe	0.029	0.000	0.000	0.000	0.060	0.061	0.059
Pb	0.006	0.000	0.000	0.000	0.012	0.011	0.011
Cu	0.013	0.022	0.034	0.018	0.000	0.000	0.000
Ni	0.004	0.000	0.005	0.000	0.013	0.008	0.000
Bi	0.940	0.908	0.918	0.953	0.938	0.957	0.971
Σ kationt	1.032	0.966	0.991	1.001	1.072	1.083	1.087
Si	0.006	0.005	0.000	0.005	0.011	0.004	0.010
As	0.966	0.991	0.993	0.991	0.931	0.952	0.932
P	0.026	0.004	0.004	0.000	0.053	0.042	0.055
V	0.003	0.000	0.003	0.004	0.006	0.002	0.004
Σ aniont	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

mean - průměr z šesti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $\text{As}+\text{P}+\text{V}+\text{Si} = 1$ *apfu*.

Tabulka 26 Chemické složení zavaritskitu z Přísečnice (hm. %)

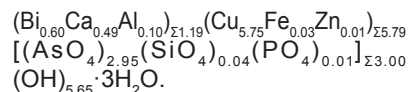
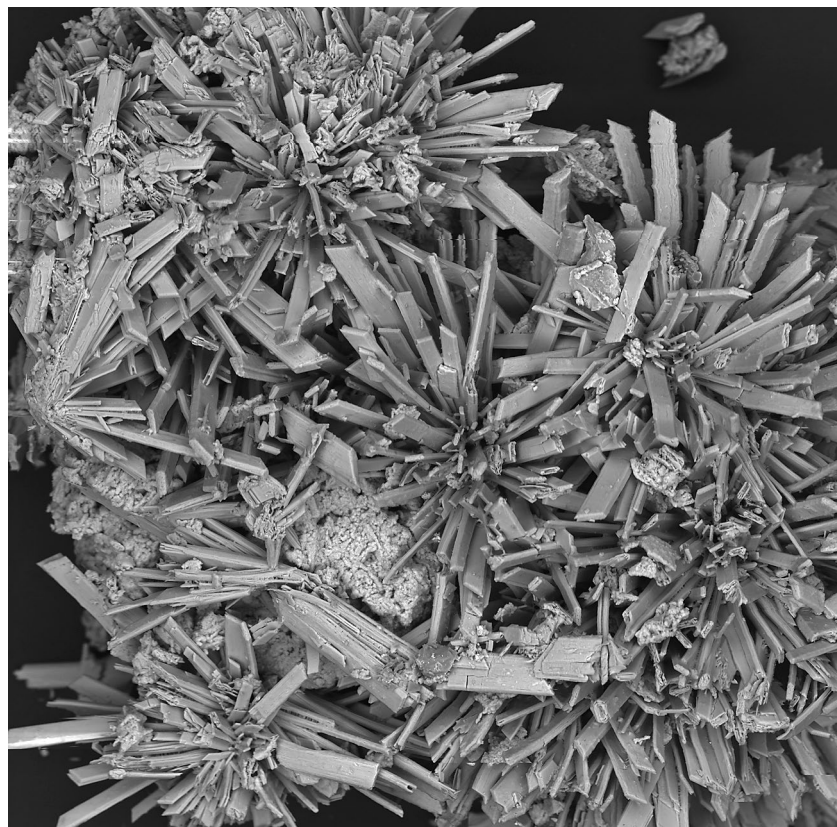
	mean	1	2	3
Bi ₂ O ₃	95.17	95.78	94.23	95.50
F	7.81	7.61	8.44	7.38
-O=F	-3.29	-3.20	-3.55	-3.11
total	99.69	100.18	99.11	99.77
Bi	1.000	1.000	1.000	1.000
O	1.000	1.000	1.000	1.000
F	1.006	0.974	1.098	0.948

mean - průměr z tří bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi Bi = 1 *apfu*.

Tabulka 27 Chemické složení nepojmenovaného (BiO)₆(OH)₃(AsO₄) (?) z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4
CaO	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07
CuO	0.46	0.44	0.45	0.32	0.64
NiO	0.06	0.00	0.00	0.21	0.00
Bi ₂ O ₃	86.76	86.46	86.81	87.50	86.25
SiO ₂	0.06	0.00	0.06	0.08	0.12
As ₂ O ₅	6.87	6.75	6.78	7.18	6.76
P ₂ O ₅	0.11	0.11	0.09	0.13	0.12
H ₂ O*	1.76	2.01	1.91	1.41	1.72
total	96.15	95.84	96.16	96.90	95.70
Ca	0.020	0.023	0.020	0.018	0.019
Cu	0.093	0.092	0.091	0.061	0.128
Ni	0.011	0.000	0.000	0.043	0.000
Bi	5.966	6.156	6.081	5.719	5.928
Σ kationt	6.091	6.271	6.192	5.841	6.081
Si	0.017	0.000	0.017	0.021	0.031
As	0.957	0.974	0.963	0.951	0.942
P	0.026	0.026	0.021	0.028	0.028
Σ aniont	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH	3.130	3.702	3.461	2.383	3.057

mean - průměr ze čtyř bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $\text{As}+\text{P}+\text{Si} = 1$ *apfu*; H₂O* - obsah vypočtený na základě vyrovnání náboje v navrženém idealizovaném vzorci.



Preisingerit byl identifikován jako součást bělošedých zemitých pseudomorfů po zrnech ryzího bismutu o velikosti do několika mm v supergenně silně alterované křemenné žilovině. Podle mikroskopického pozorování vytváří celistvé nebo drobně krystalické agregáty o velikosti do 200 μm zatlačující starší bismut a zavarickit (obr. 20), pozorovány byly i jeho srůsty s nepojmenovanou fází o složení blízkém $(\text{BiO})_6(\text{OH})_3(\text{AsO}_4)$ (obr. 21). Vzhledem k minimálním rozměrům agregátů preisingeritu ve studované asociaci byl ověřen jen na základě kvantitativních chemických dat. Jeho chemické složení odpovídá ideálnímu vzorci $\text{Bi}_3\text{O}(\text{OH})(\text{AsO}_4)_2$; v kationtu byly vedle převládajícího

Obr. 26 Radiálně paprscité srůsty krystalů annabergitu, Přísečnice; šířka záběru 640 μm ; BSE foto O. Pour

Tabulka 28 Chemické složení annabergitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7
CaO	0.06	0.13	0.09	0.08	0.08	0.00	0.00	0.06
FeO	0.19	0.10	0.22	0.16	0.17	0.26	0.16	0.22
MgO	0.11	0.18	0.16	0.10	0.05	0.08	0.09	0.09
CuO	0.11	0.09	0.21	0.31	0.00	0.00	0.00	0.18
CoO	4.19	4.39	4.33	4.53	4.25	3.73	4.20	3.90
NiO	30.88	30.86	30.31	31.00	30.53	31.84	31.03	30.57
MnO	0.06	0.07	0.09	0.00	0.06	0.00	0.06	0.14
ZnO	0.26	0.17	0.38	0.38	0.28	0.19	0.17	0.26
Al ₂ O ₃	0.08	0.00	0.11	0.08	0.10	0.14	0.00	0.15
SiO ₂	0.27	0.12	0.39	0.35	0.31	0.29	0.16	0.27
As ₂ O ₅	37.79	38.86	36.96	38.03	38.40	37.14	37.24	37.90
V ₂ O ₅	0.22	0.14	0.10	0.83	0.09	0.00	0.15	0.19
SO ₃	0.07	0.16	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.14
H ₂ O*	24.25	24.75	23.85	24.92	24.58	23.64	23.66	24.25
total	98.53	100.01	97.34	100.76	98.97	97.30	96.91	98.32
Ca	0.007	0.013	0.010	0.008	0.009	0.000	0.000	0.006
Fe	0.015	0.008	0.019	0.013	0.014	0.022	0.014	0.019
Mg	0.016	0.026	0.024	0.014	0.008	0.012	0.013	0.013
Cu	0.008	0.007	0.016	0.022	0.000	0.000	0.000	0.014
Co	0.332	0.341	0.349	0.350	0.332	0.304	0.341	0.307
Ni	2.456	2.405	2.452	2.400	2.395	2.599	2.530	2.420
Mn	0.005	0.006	0.007	0.000	0.005	0.000	0.005	0.011
Zn	0.019	0.012	0.028	0.027	0.020	0.014	0.012	0.019
Al	0.010	0.000	0.012	0.009	0.011	0.017	0.000	0.018
Σ kat.	2.868	2.818	2.917	2.844	2.794	2.967	2.916	2.826
Si	0.026	0.011	0.039	0.033	0.030	0.030	0.016	0.027
As	1.954	1.969	1.943	1.914	1.959	1.970	1.974	1.950
V	0.014	0.009	0.007	0.053	0.006	0.000	0.010	0.013
S	0.006	0.011	0.011	0.000	0.006	0.000	0.000	0.010
Σ an.	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
H ₂ O	8	8	8	8	8	8	8	8

mean - průměr ze sedmi bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $\text{As}+\text{V}+\text{Si}+\text{S} = 2 \text{ apfu}$; H₂O* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu 8 H₂O.

Bi zjištěny i minoritní obsahy Ca, Cu, Fe a Ni nepřevyšující 0.03 až 0.08 *apfu*. V aniontové části vzorce je dominantní As doprovázen obsahy Si (do 0.11 *apfu*) a P (do 0.15 *apfu*); v případě jednoho studovaného zrna byly zjištěny i významnější obsahy V v rozmezí 0.70 - 0.75 *apfu*; pravděpodobná úplná izomorfie mezi preisingeritem (As), schumacheritem (V) a petitjeanitem (P) je uváděna i Sejkorou (1992) a Krausem et al. (1993). Koeficienty empirických vzorců jsou pro jednotlivé bodové analýzy uvedeny v tabulce 22.

Rooseveltit vytváří lokálně poměrně hojné bělošedé, nažloutlé práškovité agregáty a zemité výplně dutin o velikosti až do 1 cm, většinou ve směsi s relikty ryzího bismutu, bismitem a dalšími arsenáty Bi. Vystupuje i jako součást protáhlých bělavých až šedavých pseudomorfůz po agregátech ryzího bismutu v silně alterované křemenné žilovině (obr. 25) Podle mikroskopického pozorování patří k nejmladším minerálům v asociaci (obr. 20 a 21). Rentgenová prášková data rooseveltitu z Přísečnice (tab. 23) jsou v dobré shodě s publikovanými údaji i teoretickým záznamem vypočteným z krystalové struktury (Bedlivý, Mereiter 1982). Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 24 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Při studiu jeho chemického složení (tab. 25) bylo v kationtové části vzorce zjištěno vedle převládajícího Bi i minoritní zastoupení Ca, Fe, Pb, Cu a Ni; v aniontu je zcela dominantní As doprovázen nevelkými obsahy Si, P a V. Empirický vzorec rooseveltitu z Přísečnice (průměr šesti bodových analýz) je možno na bázi $As+Si+P+V = 1$ *apfu* vyjádřit jako $(Bi_{0.94}Ca_{0.04}Fe_{0.03}Cu_{0.01}Pb_{0.01})_{\Sigma 1.03}[(AsO_{4,0.97}(PO_{4,0.03})_{\Sigma 1.00}]$

Zavarickit byl zjištěn jen mikroskopicky jako lemy (do 20 μm) kolem reliktního bismutu, jeho agregáty jsou pak dále zatlačovány zejména bismitem (obr. 20 a 21). Vzhledem k minimálním rozměrům zjištěných agregátů byl ověřen jen na základě kvantitativních chemických dat (tab. 26); jeho chemické složení je velmi jednoduché a lze ho vyjádřit na bázi 1 *apfu* Bi empirickým vzorcem $Bi_{1.00}O_{1.00}F_{1.01}$ (průměr tří bodových analýz).

Nepojmenovaná minerální fáze o složení blízkém ideálnímu vzorci $(BiO)_6(OH)_3(AsO)_3$ byla pozorována pouze v jednom nábrusu, kde vytváří nepravidelný homogenní agregát



Obr. 27 Drobné jasně žluté krystaly bariofarmakosideritu-Q v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 3 mm; foto P. Fuchs.



Obr. 28 Drobné jasně žluté krystaly bariofarmakosideritu-Q srůstající s čirými až bílými prizmatickými krystaly skoroditu, Přísečnice; šířka záběru 3 mm; foto P. Fuchs.

Tabulka 29 Rentgenová prášková data bariofarmakosideritu-Q z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	0	1	8.073	100	8.055	3	1	2	2.1300	1	2.1321
0	1	0	7.967	55	7.947	2	3	1	2.1270	2	2.1260
0	1	1	5.658	2	5.657	0	4	0	1.9820	3	1.9868
1	1	1	4.616	6	4.609	3	2	2	1.9311	1	1.9336
0	0	2	4.028	21	4.028	1	4	1	1.8750	2	1.8746
0	2	0	3.982	17	3.974	0	2	4	1.7996	1	1.7963
0	2	1	3.567	2	3.564	2	3	3	1.7070	2	1.7037
1	1	2	3.286	25	3.274	0	0	5	1.6087	1	1.6111
1	2	1	3.259	15	3.252	3	4	0	1.5896	1	1.5894
0	2	2	2.832	17	2.829	0	1	5	1.5772	1	1.5790
2	2	0	2.812	8	2.810	3	2	4	1.4852	1	1.4867
2	2	1	2.653	8	2.653	5	1	2	1.4542	1	1.4535
1	0	3	2.547	6	2.544	2	5	1	1.4509	1	1.4516
0	3	1	2.519	13	2.516	4	4	1	1.3834	1	1.3840
1	1	3	2.4257	8	2.4228	3	0	5	1.3764	1	1.3765
1	3	1	2.4011	1	2.3991	3	3	4	1.3713	1	1.3716
2	2	2	2.3089	2	2.3044						

Tabulka 30 Parametry základní cely bariofarmakosideritu-Q (pro tetragonální prostorovou grupu P-42m)

		a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Přísečnice	tato práce	7.947(5)	8.0555(4)	508.8(3)
Sunny Corner	Hager et al. (2010)	7.947(1)	8.049(2)	508.33
Farbiště	Števkó et al. (2011)	7.9317(5)	8.0568(7)	506.87(4)
Vysoká	Pauliš et al. (2012)	7.947(6)	8.0456(9)	508.1(4)
Moldava	Pauliš et al. (2013)	7.944(7)	8.0657(7)	509.1(4)

Tabulka 31 Chemické složení bariofarmakosideritu-Q z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na ₂ O	0.17	0.07	0.00	0.05	0.00	0.20	0.76	0.29	0.00	0.16
K ₂ O	0.39	0.05	0.00	0.05	0.06	0.33	0.40	0.55	0.63	1.46
CaO	0.07	0.07	0.10	0.08	0.11	0.04	0.08	0.09	0.04	0.03
BaO	9.15	9.46	8.98	9.86	9.38	8.83	8.89	9.15	8.79	9.02
ZnO	0.25	0.39	0.34	0.16	0.44	0.11	0.25	0.34	0.10	0.12
Al ₂ O ₃	0.56	0.50	0.42	0.36	0.53	0.61	0.91	0.99	0.11	0.63
Fe ₂ O ₃	35.99	36.10	35.73	36.82	35.48	36.65	36.41	35.05	36.51	35.17
SiO ₂	0.21	0.18	0.21	0.12	0.16	0.56	0.57	0.00	0.00	0.13
As ₂ O ₅	39.33	38.02	37.39	38.90	39.38	40.54	39.58	40.49	39.65	40.00
P ₂ O ₅	0.38	0.74	0.81	0.70	0.27	0.31	0.00	0.23	0.00	0.34
H ₂ O*	14.78	14.74	14.47	14.93	14.56	14.94	15.21	14.82	14.64	14.71
total	101.29	100.33	98.46	102.05	100.37	103.12	103.06	102.00	100.47	101.77
Na	0.047	0.019	0.000	0.015	0.000	0.053	0.208	0.079	0.000	0.044
K	0.071	0.009	0.000	0.010	0.011	0.057	0.072	0.099	0.116	0.262
Ca	0.011	0.012	0.016	0.012	0.017	0.006	0.012	0.014	0.006	0.005
Ba	0.510	0.538	0.516	0.551	0.526	0.471	0.491	0.503	0.498	0.497
Na+K+Ca+Ba	0.639	0.577	0.533	0.588	0.554	0.587	0.783	0.694	0.621	0.807
Zn	0.026	0.042	0.037	0.017	0.047	0.011	0.026	0.035	0.011	0.012
Al	0.094	0.086	0.073	0.060	0.090	0.098	0.151	0.164	0.019	0.104
Fe	3.851	3.940	3.944	3.949	3.819	3.758	3.866	3.704	3.976	3.722
Zn+Al+Fe	3.972	4.068	4.055	4.027	3.956	3.867	4.043	3.903	4.005	3.839
Si	0.030	0.026	0.031	0.017	0.023	0.076	0.080	0.000	0.000	0.018
As	2.924	2.883	2.868	2.899	2.945	2.888	2.920	2.973	3.000	2.941
P	0.046	0.091	0.101	0.085	0.032	0.036	0.000	0.027	0.000	0.040
Si+As+P	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
OH	4.020	4.262	4.161	4.197	3.894	3.577	4.309	3.884	4.131	3.795
H ₂ O	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

mean - průměr z devíti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+P+Si = 3 apfu; H₂O* - obsah dopočtený na základě vyrovnání nábojů a ideálního obsahu 5 H₂O.

Tabulka 32 Rentgenová prášková data parasymplektu z Přísečnice

h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}	h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}	h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}
1	1	0	8.004	21	8.021	0	4	1	2.717	8	2.721	3	1	2	1.6872	2	1.6873
0	2	0	6.738	100	6.737	3	3	0	2.667	6	2.674	1	5	2	1.6722	9	1.6711
2	0	0	4.976	12	4.991	-2	4	1	2.559	9	2.559	-5	5	1	1.6243	8	1.6239
-1	1	1	4.406	2	4.418	-4	0	1	2.4848	4	2.4809	0	0	3	1.5385	2	1.5383
2	2	0	4.006	<1	4.010	-2	0	2	2.3385	15	2.3383	-1	7	2	1.4971	3	1.4987
1	1	1	3.689	4	3.682	3	3	1	2.1293	35	2.1289	1	7	2	1.4284	2	1.4282
-1	3	1	3.243	66	3.239	4	0	1	1.9904	36	1.9897	4	8	0	1.3970	2	1.3960
3	1	0	3.225	16	3.230	-4	0	2	1.9662	39	1.9677	-7	1	2	1.3767	2	1.3770
2	0	1	3.015	18	3.020	-3	3	2	1.9612	6	1.9607	2	0	3	1.3734	1	1.3732
2	4	0	2.795	49	2.792	-5	1	2	1.7384	4	1.7367						

Tabulka 33 Parametry základní cely parasymplektu (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m)

	Přísečnice	Kiuva	Ojuela mine, PXRD	Ojuela mine, SXRD	Ojuela mine
	tato práce	Ito et al. (1954)	Sturman (1976)	Sturman (1976)	Yoshiasa et al. (2016)
a [Å]	10.336(4)	10.25	10.276(4)	10.30(2)	10.342(1)
b [Å]	13.474(6)	13.48	13.480(5)	13.45(2)	13.484(2)
c [Å]	4.779(1)	4.71	4.771(2)	4.78(2)	4.7756(1)
β [°]	105.0(2)	103.83	105.02(5)	104.8(3)	105.306(4)
V [Å ³]	642.7(5)	631.9	638.3	640.4	642.3

o velikosti cca 50 × 50 μm, srůstající s preisingeritem a uzavřený v bismutu (obr. 21). Vzhledem k minimálním rozměrům studované fáze nebylo možné její ověření pomocí rentgenových práškových dat a její chemické složení (tab. 27) neodpovídá žádnému známému minerálnímu druhu v systému Bi-As-O a blíží se možnému ideálnímu vzorci (BiO)₆(OH)₃(AsO₄). Na tomto místě je však nezbytné poznamenat, že o zastoupení a počtu atomů kyslíku a hydroxylových skupin nebo případných molekul H₂O v tomto minerálu nemáme bližší informace. V kationtové části vzorce byly vedle dominantního Bi zjištěny i minoritní obsahy Cu (do 0.13 *apfu*), Ni (do 0.04 *apfu*) a Ca (do 0.02 *apfu*); v aniontu je pak zcela převládající As doprovázen nevelkými obsahy P a Si (do 0.02 *apfu*). Empirický vzorec této nepojmenované fáze (průměr čtyř bodových analýz) je možno na bázi As+Si+P = 1 *apfu* vyjádřit jako (Bi_{5.97}Cu_{0.09}Ca_{0.02}Ni_{0.01})_{Σ6.09}O_{5.97}(OH)_{3.13}[(AsO₄)_{4.0.95}(PO₄)_{0.03}(SiO₄)_{0.02}]_{Σ1.00}.

Arsenáty Fe-Ni

Annabergit tvoří v dutinách supergenně alterované křemenné žiloviny šedé až šedozelené jehličkovité krystaly (velmi dlouze protáhlé tabulky) o délce do 1 mm, místy srůstající do radiálně uspořádaných agregátů (obr. 26). Vzhledem k minimálnímu množství materiálu dostupného pro studium byl potvrzen pouze kvantitativní chemickou analýzou. Chemické složení minerálů skupiny vivianitu je možno vyjádřit obecným vzorcem A₃(TO₄)₂·8H₂O, kde v pozici A vystupují izomorfně se zastupující kationty jako Ni, Mg, Fe, Co, Zn, Mn a Cu; v tetraedrické pozici T pak As a P. Chemické složení annabergitu z Přísečnice (tab. 28) ukazuje na dominantní zastoupení As (1.91 - 1.97 *apfu*) v aniontové pozici doprovázené jen minoritními obsahy Si, V a S. V kationtové pozici byly zjištěny vedle dominantního zastoupení Ni (2.40 - 2.60 *apfu*) i významnější obsahy Co (erytrínová komponenta, 0.30 - 0.35 *apfu*) a nevelké (do 0.03 *apfu*) obsahy Ca, Fe, Mg, Cu, Mn, Zn a Al. Empirický vzorec studovaného annabergitu (průměr sedmi bodových analýz) lze na bázi As+Si+V+S = 2 *apfu* vyjádřit jako (Ni_{2.46}Co_{0.32}Mg_{0.02}Fe_{0.02}Zn_{0.02}Ca_{0.01}Cu_{0.01}Mn_{0.01}Al_{0.01})_{Σ2.89}[(AsO₄)_{1.95}(SiO₄)_{0.03}(VO₄)_{0.01}(SO₄)_{0.01}]_{Σ2.00}·8H₂O.

Bariofarmakosiderit-Q vytváří nápadně žluté, drobné (do 0.2 mm), průsvitné až průhledné pseudokubické krystaly s intenzivním skelným

Tabulka 34 Chemické složení parasymplesitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
CaO	0.09	0.09	0.06	0.05	0.14	0.11
FeO	23.84	23.25	23.82	24.28	24.27	23.57
MgO	0.41	0.32	0.40	0.41	0.54	0.37
CuO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00
CoO	2.55	2.82	2.48	2.69	2.65	2.10
NiO	7.19	6.95	7.38	6.72	7.21	7.67
MnO	3.49	3.40	3.30	3.75	3.55	3.44
ZnO	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.07
Al ₂ O ₃	0.12	0.00	0.00	0.00	0.07	0.53
SiO ₂	0.28	0.00	0.00	0.08	0.18	1.13
As ₂ O ₅	41.62	41.44	42.16	43.67	39.55	41.27
P ₂ O ₅	0.07	0.00	0.00	0.18	0.05	0.14
H ₂ O*	26.50	25.98	26.44	27.66	25.08	27.38
total	106.21	104.31	106.04	109.49	103.49	107.77
Ca	0.009	0.009	0.006	0.005	0.015	0.010
Fe	1.804	1.795	1.808	1.761	1.942	1.727
Mg	0.055	0.045	0.054	0.054	0.077	0.049
Cu	0.002	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000
Co	0.185	0.209	0.180	0.187	0.204	0.147
Ni	0.523	0.516	0.539	0.469	0.555	0.540
Mn	0.267	0.266	0.254	0.275	0.288	0.255
Zn	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.005
Al	0.013	0.000	0.000	0.000	0.008	0.054
Σ kat.	2.860	2.843	2.840	2.750	3.101	2.788
Si	0.025	0.000	0.000	0.007	0.017	0.099
As	1.969	2.000	2.000	1.980	1.978	1.891
P	0.006	0.000	0.000	0.013	0.004	0.010
Σ an.	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
H ₂ O	8	8	8	8	8	8

mean - průměr z pěti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+P+Si = 2 *apfu*; H₂O* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu 8 H₂O.



Obr. 29 Bohaté skupiny prizmatických krystalů skoroditu v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 2.5 mm; foto P. Fuchs.

leskem, které narůstají jednotlivě nebo v malých skupinách na goethit nebo křemen v dutinách alterované žiloviny (obr. 27).

Pozorovány byly i srůsty jeho krystalů s prizmatickými čirými až bílými krystaly skoroditu (obr. 28). Prášková rentgenová data studovaného bariofarmakosideritu-Q

(tab. 29) dobře odpovídají publikovaným hodnotám pro tetragonální modifikace minerálů skupiny farmakosideritu (Hager et al. 2010; Števkó et al. 2011). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 30 porovnány s publikovanými údaji pro Ba-bohaté členy skupiny farmakosideritu. Chemické složení minerálů skupiny farmakosideritu je

Tabulka 35 Rentgenová prášková data skoroditu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	1	5.611	34	5.610	1	2	3	2.706	3	2.706	1	3	4	1.9927	1	1.9928
0	0	2	5.159	4	5.162	2	3	0	2.680	6	2.681	1	4	3	1.9777	2	1.9783
0	2	0	5.025	42	5.022	1	3	2	2.680	6	2.680	3	0	4	1.9515	2	1.9520
2	0	0	4.481	83	4.476	2	3	1	2.595	24	2.595	0	2	5	1.9091	2	1.9096
1	0	2	4.474	100	4.472	0	0	4	2.581	12	2.581	2	1	5	1.8427	1	1.8430
2	1	0	4.093	5	4.088	0	4	0	2.510	3	2.511	1	5	2	1.8317	1	1.8324
1	1	2	4.088	5	4.085	3	1	2	2.502	7	2.502	3	4	2	1.8007	4	1.8006
1	2	1	4.032	8	4.032	1	3	3	2.3185	3	2.3178	0	4	4	1.8007	4	1.7997
2	1	1	3.803	7	3.801	4	0	0	2.2377	2	2.2379	2	2	5	1.7565	2	1.7564
2	0	2	3.382	4	3.382	4	1	0	2.1838	3	2.1844	1	3	5	1.7248	1	1.7245
2	2	1	3.179	20	3.179	2	4	1	2.1427	2	2.1423	0	0	6	1.7204	4	1.7206
1	1	3	3.058	11	3.059	2	3	3	2.1153	1	2.1149	5	2	1	1.6639	7	1.6643
1	3	1	3.000	7	3.000	4	1	2	2.0117	2	2.0117	3	5	1	1.6452	3	1.6451
3	1	1	2.757	2	2.756	4	2	1	2.0051	7	2.0052						

Tabulka 36 Parametry základní cely skoroditu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pcba*)

		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
Přísečnice	tato práce	8.9517(9)	10.044(1)	10.323(1)	928.2(1)
neuveдено	Hawthorne (1976)	8.937(1)	9.996(2)	10.278(2)	918.2
Krupka	Sejkora et al. (2013a)	8.939(2)	9.999(3)	10.279(3)	918.8(4)
Krásno	Sejkora et al. (2006)	8.973(3)	10.063(3)	10.334(4)	933.1
Jáchymov	Ondruš et al. (1997)	8.9530(7)	10.0456(8)	10.3264(6)	928.74

Tabulka 37 Chemické složení skoroditu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CoO	0.31	0.35	0.15	0.34	0.30	0.24	0.37	0.15	0.52	0.33	0.22	0.31	0.44	0.50
NiO	0.80	1.13	0.86	1.27	1.00	0.58	1.54	0.75	0.94	0.46	0.63	0.55	0.75	1.02
ZnO	0.16	0.19	0.11	0.23	0.12	0.18	0.17	0.10	0.18	0.23	0.09	0.26	0.07	0.15
Fe ₂ O ₃	33.33	32.07	32.27	32.54	32.57	33.00	33.04	33.06	33.33	33.65	33.70	34.29	34.52	34.72
Al ₂ O ₃	0.67	1.15	1.51	0.43	0.85	1.78	0.14	1.44	0.00	0.47	0.79	0.00	0.00	0.00
Bi ₂ O ₃	0.22	0.32	0.29	0.64	0.14	0.23	0.21	0.17	0.17	0.00	0.23	0.09	0.00	0.29
SiO ₂	0.02	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.11	0.14	0.00	0.00	0.00
As ₂ O ₅	49.91	49.75	49.62	49.14	50.28	49.58	50.29	49.64	49.92	50.57	49.75	48.97	48.78	48.59
P ₂ O ₅	0.37	0.38	0.33	0.86	0.00	0.39	0.34	0.53	0.50	0.65	0.50	0.00	0.21	0.56
V ₂ O ₅	0.10	0.22	0.26	0.07	0.25	0.23	0.11	0.16	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
H ₂ O*	15.89	15.88	15.89	15.87	15.86	15.83	15.98	15.94	15.91	16.25	15.98	15.35	15.40	15.52
total	101.78	101.44	101.40	101.39	101.37	102.04	102.19	102.01	101.47	102.72	102.13	99.82	100.17	101.35
Co	0.009	0.011	0.005	0.010	0.009	0.007	0.011	0.005	0.016	0.010	0.007	0.010	0.014	0.015
Ni	0.024	0.034	0.026	0.039	0.030	0.018	0.046	0.023	0.029	0.014	0.019	0.017	0.023	0.032
Zn	0.004	0.005	0.003	0.006	0.003	0.005	0.005	0.003	0.005	0.006	0.002	0.007	0.002	0.004
Fe	0.947	0.911	0.916	0.925	0.926	0.940	0.933	0.936	0.946	0.905	0.952	1.008	1.011	1.010
Al	0.030	0.051	0.067	0.019	0.038	0.079	0.006	0.064	0.000	0.020	0.035	0.000	0.000	0.000
Bi	0.002	0.003	0.003	0.006	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	0.003
Σ kationt	1.017	1.016	1.020	1.006	1.009	1.052	1.003	1.032	0.997	0.955	1.017	1.043	1.051	1.064
Si	0.001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000
As	0.985	0.982	0.979	0.971	0.994	0.982	0.986	0.977	0.984	0.976	0.976	1.000	0.993	0.982
P	0.012	0.012	0.011	0.028	0.000	0.013	0.011	0.017	0.016	0.020	0.016	0.000	0.007	0.018
V	0.003	0.005	0.006	0.002	0.006	0.006	0.003	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Σ aniont	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
H ₂ O	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.001	2.000	2.001	2.000	2.000	2.000

mean - průměr z 22 bodových analýz; 1-13 - reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+P+V+Si = 1 *apfu*; H₂O* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu 2 H₂O.

možno vyjádřit obecným vzorcem $AB_4(TO_4)_3(OH)_4 \cdot nH_2O$, kde v pozici *A* vystupuje velký kationt jako K, Na, Ba nebo H_3O , v *B* pozici Fe a Al, v tetraedrické pozici *T* pak As převládá na P (Rumsey et al. 2010). Pro chemické složení studovaného bariofarmakosideritu-Q (tab. 31) je charakteristická dominance Ba v *A* pozici (0.47 - 0.55 *apfu*) doprovázená minoritními obsahy K (do 0.26 *apfu*) a Na (do 0.21 *apfu*). V *B* pozici je dominantní Fe částečně nahrazeno Al (do 0.16 *apfu*); obsahy P a Si zastupující As v tetraedrické pozici jsou pak minimální (do 0.10 *apfu*). Empirický vzorec studovaného bariofarmakosideritu-Q (průměr devíti bodových analýz) lze na bázi $As+P+Si = 3 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(Ba_{0.51}K_{0.07}Na_{0.05}Ca_{0.01})_{\Sigma 0.64}(Fe_{3.85}Al_{0.09}Zn_{0.03})_{\Sigma 3.97}[(AsO_4)_{2.92}(PO_4)_{0.05}(SiO_4)_{0.03}]_{\Sigma 3.00}(OH)_{4.02} \cdot 5H_2O$.

Parasymplesit byl zjištěn jako modravé polokulovité agregáty o velikosti do několika mm v supergenně alterované křemenné žilovině. Jeho rentgenová prášková data (tab. 32) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Sturman 1976); přítomnost jeho triklinické polymorfni modifikace (symplesitu) nebyla zjištěna ani v minimálním množství. Zpřesněné parametry základní cely parasymplesitu z Přísečnice jsou v tabulce 33 porovnány s publikovanými hodnotami pro tuto minerální fázi. Při studiu chemického složení parasymplesitu z Přísečnice (tab. 34) byla v kationtové pozici zjištěna rozsáhlá izomorfie - vedle dominantního zastoupení Fe (1.73 - 1.94 *apfu*) byly zjištěny i významnější obsahy Ni (annabergitová komponenta, 0.47 - 0.55 *apfu*), Mn (manganohornesitová komponenta, 0.25 - 0.29 *apfu*) a Co (erytrínová komponenta, 0.15 - 0.21 *apfu*) doprovázené minoritními obsahy Ca, Mg, Zn a Cu. V aniontové pozici převažuje As (1.89 - 2 *apfu*) nad Si (do 0.10 *apfu*) a P (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec parasymplesitu (průměr pěti bodových analýz) lze na bázi $As+Si+P = 2 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(Fe_{1.80}Ni_{0.52}Mn_{0.26}Co_{0.18}Mg_{0.06}Ca_{0.01}Cu_{0.01})_{\Sigma 2.84}[(AsO_4)_{1.97}(SiO_4)_{0.02}(PO_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.00} \cdot 8H_2O$.

Skorodit byl zjištěn jako čiré až bělavé prizmatické až jehlicovité krystaly o délce do 1 mm, srůstající do vějířovitých až radiálně uspořádaných agregátů (obr. 29); místy jeho agregáty srůstají se skupinami krystalů jasně žlutého bariofarmakosideritu-Q (obr. 28). Jeho rentgenová prášková data (tab. 35) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Hawthorne 1976). Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 36 porovnány s publikovanými údaji. Chemické složení skoroditu z Přísečnice (tab. 37) se blíží ideální

stechiometrii tohoto minerálního druhu; v kationtu byly vedle dominantního Fe zjištěny minoritní obsahy Al (do 0.08 *apfu*), Ni (do 0.05 *apfu*), Co (do 0.02 *apfu*) a Bi (do 0.01 *apfu*). V aniontové části vzorce je pak převažující As doprovázen obsahy P (do 0.03 *apfu*), V a Si (oba do 0.01 *apfu*). Jeho empirický vzorec (průměr 22 bodových analýz) lze na bázi $As+P+V+Si = 1 \text{ apfu}$ vyjádřit následovně: $(Fe_{0.95}Al_{0.03}Ni_{0.02}Co_{0.01})_{\Sigma 1.01}[(AsO_4)_{0.99}(PO_4)_{0.01}]_{\Sigma 1.00} \cdot 2H_2O$.

Minerály uranu

Francevillit byl nalezen v asociaci s metařamunitem v celistvém tmavohnědém, silně limonitizovaném materiálu, makroskopicky odlišném od křemenné alterované žiloviny s Bi-mineralizací. Na drobných trhlinách



Obr. 30 Žluté povlaky francevillitu, místy tvořené drobnými prizmatickými krystaly, Přísečnice; šířka záběru 2.7 mm; foto P. Fuchs.

Tabulka 38 Rentgenová prášková data francevillitu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	0	2	8.391	6	8.374	2	0	6	2.4612	1	2.4602
1	1	1	6.148	1	6.134	1	3	3	2.4586	4	2.4588
1	1	2	5.189	2	5.180	1	2	6	2.2783	3	2.2779
2	0	1	4.983	<1	4.973	2	2	6	2.1310	3	2.1302
1	1	3	4.261	24	4.260	3	3	2	2.1263	1	2.1256
0	0	4	4.193	4	4.187	1	4	1	2.0709	<1	2.0698
0	2	2	3.795	<1	3.795	5	1	2	1.9661	1	1.9667
2	2	0	3.347	100	3.327	3	3	4	1.9464	<1	1.9458
2	2	0	3.295	1	3.296	4	3	3	1.8152	5	1.8146
2	0	4	3.257	1	3.263	2	2	8	1.7674	<1	1.7672
3	1	0	3.212	1	3.215	0	0	10	1.6741	2	1.6749
2	2	2	3.066	1	3.067	1	4	6	1.6706	1	1.6709
3	1	2	3.002	1	3.001	2	5	1	1.6100	<1	1.6113
1	3	1	2.705	<1	2.703						

Tabulka 39 Parametry základní cely francevillitu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pcan*)

	tato práce	Mereiter (1986)
<i>a</i> [Å]	10.415(4)	10.419
<i>b</i> [Å]	8.516(2)	8.510
<i>c</i> [Å]	16.749(5)	16.763
<i>V</i> [Å ³]	1485.4(8)	1486.3

tohoto materiálu vytváří jasně žluté povlaky, místy složené z drobných (do 0.5 mm) prizmatických krystalů (obr. 30). Jeho rentgenová prášková data (tab. 38) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Mereiter 1986); zpřesněné parametry jeho základní celky jsou

v tabulce 39 porovnány s publikovanými hodnotami pro tuto minerální fázi. Při studiu jeho chemického složení (tab. 40) bylo v kationtové části vzorce zjištěno vedle dominantního Ba (0.66 - 0.79 *apfu*) i minoritní zastoupení Ca, Fe, Cu, Al, Bi, K a Pb; v aniontu pak vedle V (1.75 - 1.99 *apfu*) i nevelké obsahy As a Si. Chemické složení

studovaného francevillitu (průměr šesti analýz) je možné vyjádřit empirickým vzorcem na bázi As+Si+V = 2 *apfu* ($\text{Ba}_{0.72}\text{Ca}_{0.10}\text{Fe}_{0.06}\text{Cu}_{0.03}\text{Al}_{0.03}\text{Bi}_{0.03}\text{K}_{0.02}\text{Pb}_{0.01}\text{UO}_{2.170}\text{V}_{1.90}\text{As}_{0.05}\text{Si}_{0.05}\text{O}_{8.22.00}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Metaťujamunit se vyskytuje v asociaci s francevillitem, tvoří na trhlínách limonitizované horniny žluté až oranžově žluté povlaky a drobné agregáty složené z tabulkovitých krystalů o velikosti do 0.2 mm (obr. 31). Jeho rentgenová prášková data (tab. 41) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi; příměs plně hydratovaného ůjamunitu (s maximy u 10.141 a 5.059 Å) zjištěna nebyla. Zpřesněné parametry základní celky metaťujamunitu z Přísečnice jsou v tabulce 42 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Při studiu chemického složení metaťujamunitu z Přísečnice (tab. 43) byly v kationtu vedle převládajícího Ca (0.71 - 0.95 *apfu*) zjištěny i zvýšené obsahy Fe (lokálně do 0.30 *apfu*) a minoritní obsahy Ba, Cu, K, Pb a Ni. Do aniontu pak vedle V (1.88 - 1.96 *apfu*) v malé míře vstupují i Si, P, As a S. Jeho průměrné složení (sedm bodových analýz) lze na bázi V+Si+P+As+S = 2 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem ($\text{Ca}_{0.90}\text{Fe}_{0.17}\text{Ba}_{0.05}\text{Cu}_{0.02}\text{K}_{0.01}\text{Ni}_{0.01}\text{UO}_{2.171}[(\text{VO}_{4})_{1.90}(\text{AsO}_{4})_{0.06}(\text{SiO}_{4})_{0.04}]\text{O}_{8.22.00}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Zeunerit byl pozorován jak v dutinách navětralé křemenné žiloviny s Bi-mineralizací, tak i na trhlínách limonitizované horniny v asociaci s francevillitem a metaťujamunitem. Vytváří ojedinělé drobné (do 0.5 - 1 mm) tabulkovité krystaly jasně zelené barvy. Vzhledem k minimálnímu množství dostupného materiálu nebylo možno přítomnost zeuneritu (nebo případně jeho metaformy) potvrdit pomocí práškové rentgenové difrakce. Určen byl pouze na základě kvantitativní chemické analýzy (tab. 44), kde v kationtu je dominantní Cu doprovázena minoritními obsahy Co a Ni. V aniontové části vzorce pak byly vedle převládajícího As zjištěny i zvýšené obsahy P (0.32 - 0.80 *apfu*) a lokálně nevelké obsahy V (do 0.07 *apfu*). Empirický vzorec zeuneritu z Přísečnice (průměr tří bodových analýz) je možno

Tabulka 40 Chemické složení francevillitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
K ₂ O	0.10	0.10	0.00	0.16	0.15	0.00	0.16
CaO	0.60	0.52	0.33	0.67	0.70	0.56	0.85
FeO	0.47	1.05	1.28	0.21	0.14	0.00	0.12
BaO	12.27	11.10	11.23	11.87	12.69	13.39	13.36
PbO	0.16	0.00	0.59	0.06	0.08	0.25	0.00
CuO	0.29	0.00	0.52	0.85	0.00	0.00	0.36
Al ₂ O ₃	0.19	0.65	0.21	0.00	0.15	0.00	0.12
Bi ₂ O ₃	0.65	1.14	0.03	0.69	0.08	1.07	0.91
SiO ₂	0.31	1.32	0.19	0.00	0.22	0.00	0.10
As ₂ O ₅	0.70	0.54	2.61	0.14	0.26	0.66	0.00
V ₂ O ₅	19.28	17.58	16.93	20.15	20.09	20.97	19.96
UO ₃	54.29	49.86	50.62	55.48	57.26	55.22	57.28
H ₂ O*	10.05	9.90	9.55	10.03	10.22	10.64	9.96
total	99.35	93.75	94.09	100.31	102.03	102.75	103.17
K	0.018	0.020	0.000	0.031	0.028	0.000	0.031
Ca	0.096	0.085	0.055	0.108	0.110	0.084	0.136
Fe	0.058	0.132	0.168	0.026	0.018	0.000	0.015
Ba	0.717	0.658	0.691	0.695	0.730	0.739	0.788
Pb	0.006	0.000	0.025	0.002	0.003	0.009	0.000
Cu	0.033	0.000	0.062	0.096	0.000	0.000	0.041
Al	0.033	0.116	0.040	0.000	0.026	0.000	0.020
Bi	0.025	0.045	0.001	0.027	0.003	0.039	0.035
Σ kationt	0.987	1.055	1.042	0.984	0.917	0.871	1.067
Si	0.046	0.200	0.030	0.000	0.032	0.000	0.015
As	0.055	0.042	0.214	0.011	0.020	0.049	0.000
V	1.900	1.758	1.756	1.989	1.948	1.951	1.985
Σ aniont	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
UO ₂	1.701	1.585	1.670	1.741	1.765	1.634	1.810
H ₂ O	5	5	5	5	5	5	5

mean - průměr ze šesti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+V+Si = 2 *apfu*; H₂O* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu 5 H₂O.



Obr. 31 Žluté agregáty metaťujamunitu tvořené drobnými tabulkovitými krystaly, Přísečnice; šířka záběru 1.9 mm; foto P. Fuchs.

Tabulka 41 Rentgenová prášková data metařujamunitu z Přisečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	0	2	8.401	100	8.469	1	3	0	2.692	5	2.697	4	3	3	1.8212	5	1.8209
1	1	1	6.142	1	6.128	3	1	4	2.585	4	2.585	6	1	1	1.7210	2	1.7245
1	1	2	5.195	3	5.193	4	1	1	2.503	5	2.505	4	3	5	1.6738	2	1.6728
0	1	3	4.720	1	4.680	2	3	0	2.4615	7	2.4689	5	2	5	1.6536	<1	1.6541
2	0	2	4.534	1	4.502	1	2	6	2.2842	3	2.2851	1	5	1	1.6440	1	1.6446
1	1	3	4.262	22	4.283	3	2	4	2.2792	3	2.2788	6	1	4	1.6046	1	1.6043
1	2	1	3.797	1	3.793	4	2	0	2.2442	2	2.2432	0	3	9	1.5595	2	1.5599
1	1	4	3.562	3	3.560	2	1	7	2.1310	4	2.1298	1	3	9	1.5441	3	1.5433
2	2	0	3.296	3	3.287	1	3	5	2.1087	1	2.1098	3	1	10	1.5038	<1	1.5034
3	1	0	3.265	1	3.263	4	2	4	1.9842	1	1.9822	2	1	11	1.4547	<1	1.4565
2	2	2	3.069	10	3.064	2	0	8	1.9667	1	1.9670	4	4	6	1.4197	1	1.4202
0	2	4	2.985	10	2.975	2	2	7	1.9490	1	1.9486	7	2	3	1.3843	<1	1.3840
2	0	5	2.857	1	2.857	4	3	2	1.8782	1	1.8759	0	5	7	1.3759	<1	1.3760

Tabulka 42 Parametry základní cely metařujamunitu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pnam*)

	Přisečnice	Small spot mine	Jáchymov	Prachovice
	tato práce	Stern et al. (1956)	Plášil et al. (2014)	Sejkora et al. (2013b)
<i>a</i> [Å]	10.632(5)	10.63	10.615(5)	10.600(2)
<i>b</i> [Å]	8.363(5)	8.36	8.399(5)	8.411(2)
<i>c</i> [Å]	16.939(8)	16.96	16.824(5)	16.865(2)
<i>V</i> [Å ³]	1506(1)	1507	1500(1)	1503.6(3)

Tabulka 43 Chemické složení metařujamunitu z Přisečnice (hm. %)

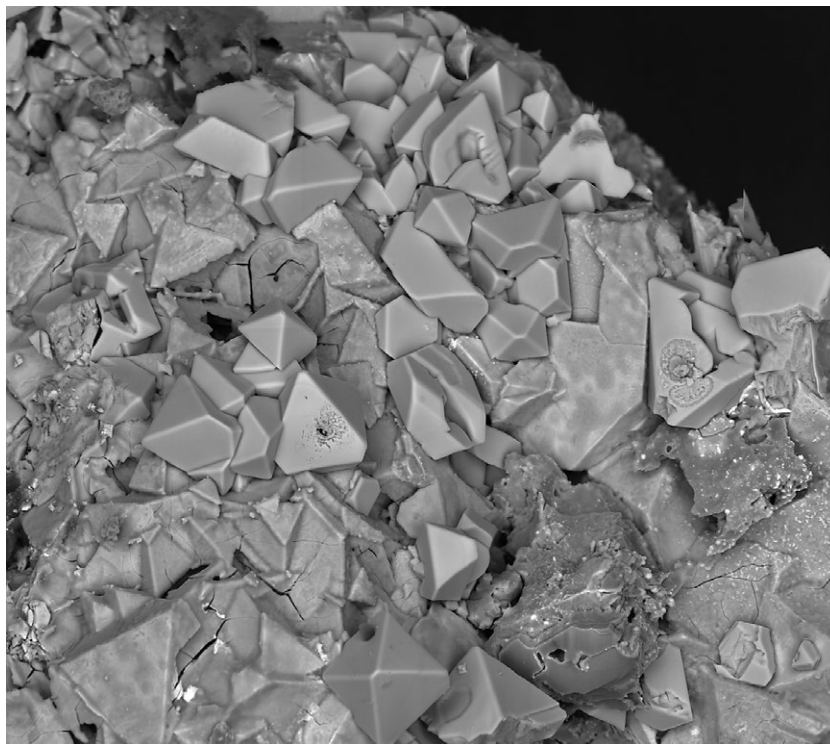
	mean	1	2	3	4	5	6	7
K ₂ O	0.08	0.19	0.00	0.00	0.25	0.12	0.00	0.00
CaO	5.82	5.61	5.11	5.63	5.96	5.95	6.21	6.26
FeO	1.39	2.47	2.13	2.20	0.08	1.12	1.07	0.66
BaO	0.90	1.17	2.31	0.93	0.60	0.09	0.50	0.71
PbO	0.07	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00
CuO	0.17	0.00	0.00	0.34	0.41	0.00	0.44	0.00
NiO	0.09	0.00	0.27	0.22	0.13	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	0.25	0.24	0.30	0.32	0.26	0.28	0.20	0.17
As ₂ O ₅	0.30	0.61	0.59	0.28	0.09	0.37	0.17	0.00
P ₂ O ₅	0.05	0.12	0.10	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00
V ₂ O ₅	20.10	19.75	19.48	19.24	20.61	19.98	20.74	20.92
SO ₃	0.14	0.19	0.00	0.00	0.00	0.13	0.43	0.21
UO ₃	56.25	55.24	55.31	54.78	56.90	56.98	56.80	57.71
H ₂ O*	6.22	6.23	6.10	5.92	6.26	6.19	6.49	6.36
total	91.83	91.98	91.70	89.85	91.54	91.21	93.51	93.00
K	0.015	0.035	0.000	0.000	0.046	0.022	0.000	0.000
Ca	0.901	0.868	0.807	0.916	0.917	0.926	0.922	0.948
Fe	0.168	0.299	0.263	0.279	0.010	0.136	0.124	0.078
Ba	0.051	0.066	0.133	0.055	0.033	0.005	0.027	0.039
Pb	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000
Cu	0.019	0.000	0.000	0.039	0.044	0.000	0.046	0.000
Ni	0.010	0.000	0.032	0.027	0.015	0.000	0.000	0.000
Σ kationt	1.166	1.273	1.235	1.317	1.065	1.089	1.131	1.065
Si	0.037	0.035	0.045	0.048	0.038	0.041	0.028	0.023
As	0.023	0.046	0.046	0.022	0.007	0.028	0.012	0.000
P	0.006	0.015	0.012	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000
V	1.920	1.884	1.898	1.930	1.956	1.917	1.900	1.954
S	0.015	0.020	0.000	0.000	0.000	0.014	0.044	0.023
Σ aniont	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
UO ₂	1.708	1.675	1.713	1.747	1.717	1.738	1.655	1.713
H ₂ O	3	3	3	3	3	3	3	3

mean - průměr ze sedmi bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi V+As+P+Si+S = 2 apfu; H₂O* - dopočetný obsah na základě ideálního obsahu 3 H₂O.

Tabulka 44 Chemické složení zeuneritu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	2
CuO	7.81	8.05	7.29	8.09
CoO	0.05	0.14	0.00	0.00
NiO	0.03	0.00	0.00	0.10
As ₂ O ₅	14.98	12.25	15.77	16.93
P ₂ O ₅	3.25	4.99	2.70	2.06
V ₂ O ₅	0.31	0.00	0.40	0.54
UO ₃	52.94	54.66	52.27	51.90
H ₂ O*	19.42	19.13	19.42	19.71
total	98.80	99.23	97.85	99.34
Cu	1.093	1.143	1.020	1.116
Co	0.007	0.021	0.000	0.000
Ni	0.005	0.000	0.000	0.015
Σ	1.105	1.164	1.020	1.131
As	1.452	1.205	1.527	1.616
P	0.510	0.795	0.424	0.318
V	0.038	0.000	0.049	0.065
Σ	2.000	2.000	2.000	2.000
UO ₂	2.061	2.159	2.035	1.991
H ₂ O	12	12	12	12

mean - průměr ze tří bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+P+V = 2 apfu; H₂O* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu 12 H₂O.



Obr. 32 Srůsty idiomorfních krystalů arsenolitu, Přísečnice; šířka záběru 140 μm; BSE foto O. Pour.

Tabulka 45 Rentgenová prášková data arsenolitu z Přísečnice

h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}	h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}
1	1	1	6.396	72	6.394	4	4	0	1.9580	20	1.9579
2	2	2	3.197	100	3.197	5	3	1	1.8723	6	1.8721
4	0	0	2.769	22	2.769	4	4	2	1.8459	6	1.8459
3	3	1	2.541	75	2.541	6	2	2	1.6701	24	1.6697
4	2	2	2.2604	10	2.2608	4	4	4	1.5984	36	1.5986
5	1	1	2.1308	24	2.1315						

na bázi As+P+V = 2 apfu vyjádřit jako $(\text{Cu}_{1.09}\text{Co}_{0.01}\text{Ni}_{0.01})_{\Sigma 1.11}(\text{UO}_2)_{2/2.06}[(\text{AsO}_4)_{1.45}(\text{PO}_4)_{0.51}(\text{VO}_4)_{0.04}]_{\Sigma 2.00} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Ostatní supergenní minerály

Arsenolit byl zjištěn v alterované křemenné žilovině jako relativně hojně, světle až tmavě šedé agregáty se skelným až mastným leskem o velikosti do 1 cm, které jsou tvořeny drobnými (10 - 50 μm), dokonale idiomorfně vyvinutými oktaedrickými krystaly (obr. 32). Jeho rentgenová prášková data (tab. 45) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerál i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Ballirano, Maras 2002); menší počet zjištěných difrakčních maxim a částečně i jejich experimentální intenzity jsou ovlivněny jen minimálním množstvím dostupného materiálu. Zpřesněný parametr jeho základní cely je v tabulce 46 porovnán s publikovanými údaji. Podle výsledků semikvantitativních chemických analýz (EDS) obsahuje arsenolit pouze As a O, další prvky nebyly zjištěny.

Goethit vytváří hojně agregáty v supergenně alterované žilovině, vedle amorfních fází zde představuje hlavní součást kompaktního limonitu. V některých až několika cm velkých dutinách byl pozorován vývoj zřetelně krystalických, tmavě hnědých ledvinitých kůr goethitu s černohnědým až černým „sametovým“ povrchem (obr. 33). Jeho rentgenová prášková data (tab. 47) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Alvarez et al. 2008); zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 48 porovnány s publikovanými hodnotami. Podle výsledků semikvantitativních chemických analýz (EDS) obsahuje většina vzorků goethitu pouze Fe a O, další prvky nebyly zjištěny. Významnější variabilní obsahy As a dalších prvků (Mn, Co, Ni, Bi, Si apod.) byly zjištěny kvantitativními analýzami (tab. 49) ve voštinatém goethitu srůstajícím se skoroditem. Goethit je v tomto případě nejpravděpodobněji produktem rekrystalizace původního amorfního limonitu, ve kterém byly tyto prvky sorbovány z působících supergenních fluid. Chemicky velmi komplexní limonit byl analyzován ve vzorcích obsahujících vanadem bohaté fylosilikáty (tab. 50). WDS analýzy ukázaly vedle dominantního Fe₂O₃ (52.0 - 58.6 hm. %) i vysoké obsahy V₂O₃ (14.0 - 24.8 hm. %), SiO₂ (1.0 -

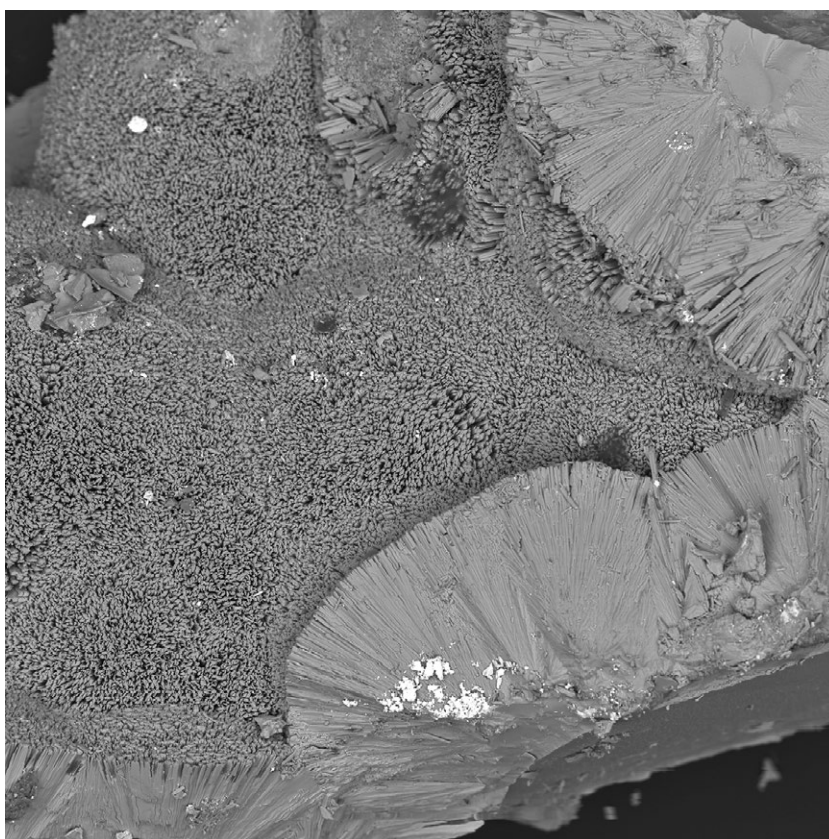
12.7 hm. %), Al_2O_3 (0.9 - 4.6 hm. %), dále mírně zvýšené obsahy NiO (0.3 - 1.5 hm. %), CuO (0.3 - 1.4 hm. %), CaO (0.3 - 0.6 hm. %) a CoO (0.1 - 0.3 hm. %), v některých případech i As_2O_5 (max. 1.9 hm. %), MgO (max. 1.0 hm. %) a P_2O_5 (max. 0.5 hm. %). Analytické sumy se pohybují mezi 82 a 89 hm. %. Výsledky analýz nasvědčují převaze goethitu s 15 až 31 mol. % montroseitové komponenty.

Kuprit byl vzácně nalezen v alterované křemenné žilovině, kde tvoří červené zrnité agregáty a vzácně i idiomorfne vyvinuté, jasně červené oktaedrické krystaly o velikosti do 0.3 mm (obr. 34). Kuprit byl ověřen na základě semikvantitativních chemických analýz (EDS), zjištěna byla pouze přítomnost Cu a O.

Mimetesit byl zjištěn v drobných dutinách křemenné žiloviny, kde vytváří v asociaci s bariofarmakosideritem-Q a supergenními minerály Bi bílé až slabě nažloutlé agregáty o velikosti do 2 mm, složené z jehličkovitých krystalů (obr. 35). Jeho rentgenová prášková data (tab. 51) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Okudera 2013); zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 52 porovnány s publikovanými hodnotami pro tuto minerální fázi. Chemické složení minerálů skupiny apatitu je možné vyjádřit idealizovaným vzorcem $\text{M}_5(\text{TO}_4)_3\text{X}$, kde se v jednotlivých pozicích uplatňují zejména M: Ca, Pb, Ba, Sr; T: P, As a V; X: Cl, F a OH. Při studiu chemického složení mimetesitu z Přísečnice (tab. 53) bylo v kationtové části vzorce zjištěno vedle dominantního Pb jen minoritní zastoupení Ca (do 0.06 *apfu*) a Zn (do 0.07 *apfu*). V aniontu pak zcela převládající As doplňují jen minimální obsahy Si (do 0.05 *apfu*) a V (do 0.03 *apfu*), přítomnost P zjištěna nebyla. Jeho empirický vzorec (průměr pěti bodových analýz) je možno na bázi $\text{As}+\text{Si}+\text{V} = 3$ *apfu* vyjádřit jako $(\text{Pb}_{4.88}\text{Ca}_{0.04}\text{Zn}_{0.03})_{\Sigma 4.95}[(\text{AsO}_4)_{2.95}(\text{SiO}_4)_{0.03}(\text{VO}_4)_{0.02}]_{\Sigma 3.00}[\text{Cl}_{0.84}(\text{OH})_{0.03}]_{\Sigma 0.87}$.

Tabulka 46 Parametry základní cely arsenolitu (pro kubickou prostorovou grupu Fd3m)

		a [Å]	V [Å ³]
Přísečnice	tato práce	11.0754(6)	1358.5(2)
Dobšiná	Ozdín et al. (2018)	11.0497(8)	1349.1(3)
Dobšiná	Ozdín et al. (2018)	11.0742(4)	1358.1(2)
Jáchymov	Ondruš et al. (1997)	11.051(3)	1349.60
synt.	Ballirano, Maras (2012)	11.07343(5)	1357.83
synt.	Pertlik (1978)	11.074	1358.04



Obr. 33 Kůry goethitu složené z jehlicovitých krystalů, Přísečnice; šířka záběru 600 μm; BSE foto O. Pour.

Tabulka 47 Rentgenová prášková data goethitu z Přísečnice

h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}	h	k	l	d _{obs}	l _{obs}	d _{calc}
0	2	0	4.979	19	4.974	2	1	1	1.8015	2	1.8013
1	1	0	4.182	100	4.181	2	2	1	1.7190	7	1.7188
1	2	0	3.382	10	3.380	2	4	0	1.6903	7	1.6902
1	3	0	2.693	41	2.692	0	6	0	1.6580	4	1.6581
0	2	1	2.581	3	2.581	2	3	1	1.6034	1	1.6033
0	4	0	2.4873	20	2.4872	1	5	1	1.5631	5	1.5629
1	1	1	2.4482	11	2.4477	0	0	2	1.5093	2	1.5096
2	0	0	2.3041	2	2.3039	2	5	0	1.5057	3	1.5059
1	2	1	2.2522	3	2.2518	3	2	0	1.4674	2	1.4676
2	1	0	2.2442	3	2.2445	0	6	1	1.4531	2	1.4534
1	4	0	2.1888	23	2.1887	3	3	0	1.3936	3	1.3937

Tabulka 48 Parametry základní cely goethitu (pro ortorombickou prostorovou grupu Pbnm)

		a [Å]	b [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Přísečnice	tato práce	4.6079(3)	9.9489(8)	3.0191(3)	138.41(1)
synt.	Alvarez et al. (2008)	4.6163(3)	9.9564(4)	3.0248(1)	139.02(1)
synt.	Nagai et al. (2003)	4.6250(1)	9.9900(2)	3.0370(1)	140.45(1)
Park Co, USA	Yang et al. (2006)	4.5979(2)	9.9510(5)	3.0178(1)	138.08(1)

Diskuse a závěr

Interpretaci vzniku studované primární rudní mineralizace komplikuje velmi silná supergenní alterace studovaných vzorků. Nicméně její zjištěné základní rysy - vznik

v sekvenci ryzí bismut → monoarsenidy (nikelín) → diarzenidy (rammelsbergit, safflorit) → triarsenidy (niklskutterudit, skutterudit) velmi dobře odpovídá tzv. bismutové paragenézi arsenidového stádia vývoje jáchymovského

Tabulka 49 Chemické složení chemicky anomálního goethitu z Přísečnice (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7
CaO	0.45	0.48	0.58	0.60	0.60	0.47	0.65
Fe ₂ O ₃	78.45	80.49	76.76	75.39	75.76	71.64	69.43
CuO	0.06	0.00	0.19	0.40	0.28	0.55	0.46
CoO	0.14	0.12	0.17	0.28	0.25	0.32	0.35
NiO	0.66	0.59	1.37	1.46	1.45	1.27	1.32
MnO	0.43	0.53	0.47	0.33	0.43	0.40	0.36
ZnO	0.34	0.39	0.40	0.60	0.47	0.49	0.54
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.11	1.68	0.20	0.82	1.09
Bi ₂ O ₃	0.15	0.11	0.69	1.14	0.58	0.83	1.17
SiO ₂	4.80	2.25	0.82	0.63	1.07	0.62	0.68
As ₂ O ₅	2.36	2.90	4.55	5.87	6.44	9.05	10.08
P ₂ O ₅	0.00	0.00	1.18	0.18	0.49	0.33	0.72
V ₂ O ₅	0.06	0.05	0.12	0.24	0.20	0.19	0.20
total	87.90	87.91	87.41	88.80	88.22	86.98	87.05
Ca	0.72	0.78	0.96	0.97	0.98	0.79	1.09
Fe	88.20	91.47	88.81	85.85	87.29	84.57	82.13
Cu	0.07	0.00	0.22	0.46	0.32	0.65	0.55
Co	0.17	0.15	0.21	0.34	0.31	0.40	0.44
Ni	0.79	0.72	1.69	1.78	1.79	1.60	1.67
Mn	0.54	0.68	0.61	0.42	0.56	0.53	0.48
Zn	0.38	0.43	0.45	0.67	0.53	0.57	0.63
Al	0.00	0.00	0.20	3.00	0.36	1.52	2.02
Bi	0.06	0.04	0.27	0.44	0.23	0.34	0.47
Si	7.17	3.40	1.26	0.95	1.64	0.97	1.07
As	1.84	2.29	3.66	4.64	5.16	7.42	8.28
P	0.00	0.00	1.54	0.23	0.64	0.44	0.96
V	0.06	0.05	0.12	0.24	0.20	0.20	0.21

Bodové analýzy přepočteny na at. % (tj. báze přepočtu 100 apfu).

Tabulka 50 Chemické složení V-bohatého „limonitu“ z Přísečnice (hm. %)

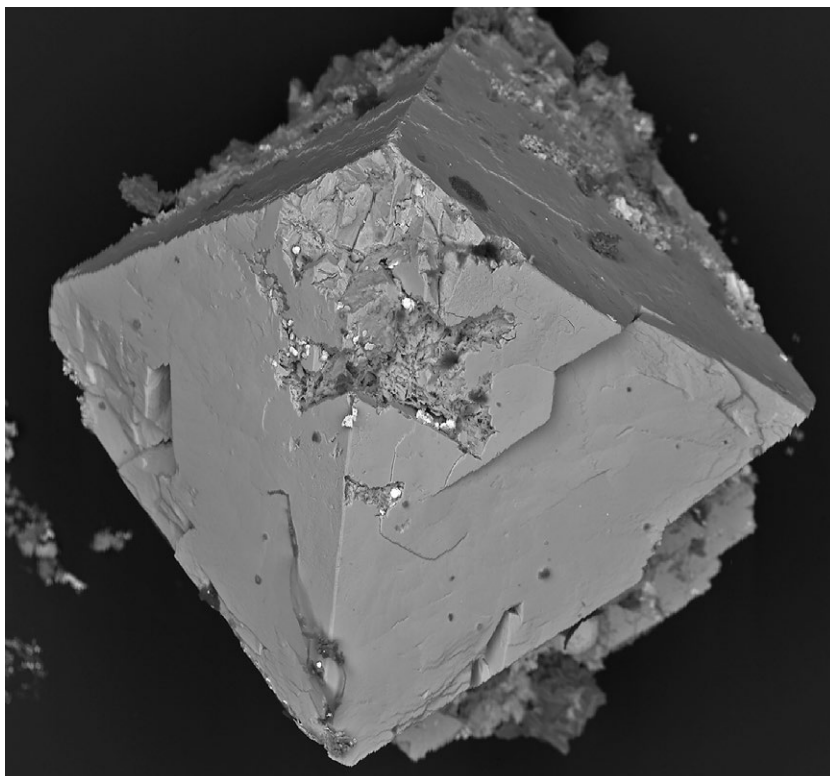
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P ₂ O ₅	0.00	0.41	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.46	0.11
As ₂ O ₅	0.00	1.91	0.89	0.00	0.00	0.89	0.66	0.99	0.00
SiO ₂	1.04	4.21	9.56	9.50	10.53	10.38	12.66	12.66	5.61
Al ₂ O ₃	0.91	3.00	3.98	3.97	4.59	4.51	4.01	4.47	2.75
V ₂ O ₃	24.80	18.28	15.50	15.44	15.88	15.56	14.58	13.98	16.11
Fe ₂ O ₃	52.92	58.55	54.81	55.62	53.97	54.47	53.41	51.98	55.62
MgO	0.00	0.00	0.70	0.68	0.07	0.64	0.96	0.68	0.78
CaO	0.51	0.31	0.55	0.55	0.55	0.58	0.58	0.64	0.48
CuO	1.39	0.42	0.43	0.32	0.42	0.43	0.45	0.42	0.46
CoO	0.07	0.20	0.11	0.17	0.16	0.25	0.23	0.18	0.12
NiO	0.32	1.29	1.24	1.13	1.16	1.45	1.19	1.30	1.08
total	81.96	88.58	87.77	87.66	87.33	89.16	88.73	87.76	83.12
P ⁵⁺	0.000	0.005	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001
As ⁵⁺	0.000	0.014	0.006	0.000	0.000	0.006	0.005	0.007	0.000
Si ⁴⁺	0.016	0.059	0.129	0.129	0.142	0.137	0.166	0.166	0.083
Al ³⁺	0.017	0.050	0.063	0.063	0.073	0.070	0.062	0.069	0.048
V ³⁺	0.313	0.205	0.168	0.168	0.172	0.165	0.153	0.147	0.191
Fe ³⁺	0.628	0.618	0.558	0.566	0.548	0.542	0.526	0.514	0.619
Mg ²⁺	0.000	0.000	0.014	0.014	0.001	0.013	0.019	0.013	0.017
Ca ²⁺	0.009	0.005	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.008
Cu ²⁺	0.017	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Co ²⁺	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001
Ni ²⁺	0.004	0.015	0.013	0.012	0.013	0.015	0.013	0.014	0.013
Catsum	1.005	0.976	0.966	0.968	0.962	0.965	0.957	0.951	0.986

Bodové analýzy přepočteny 1.5 apfu O v bezvodé bázi goethitu.

rudního revíru (Ondruš et al. 2003). Mladší fáze v jednotlivých skupinách arsenidů jsou zpravidla bohatší Co. Nízké obsahy S ve zjištěných arsenidech a nepřítomnost sulfoarsenidů (gersdorffit, arzenopyrit) naznačují relativně nižší fugacitu síry při vzniku studované primární mineralizace.

Nevyjasněná zůstává paragenetická příslušnost vanadem bohatých fylosilikátů, které se vyskytují v supergenními procesy silně postiženém haldovém materiálu neobsahujícím primární rudní mineralizaci. Na ložiskách uranu s naloženou „pětiprvkovou“ mineralizací vznikaly vanadem bohaté slídy (roscoelit v Jáchymově a acidifikovaný V-bohatý muskovit či illit v Zálesí) v rámci nejstaršího uraninitového mineralizačního stádia (Ondruš et al. 2003; Dolníček 2018). Na studované lokalitě byly vanadem bohaté silikáty nalezeny jen v asociaci s povlaky supergenních minerálů uranu, což při vysoké mobilitě U v zóně supergeneze nelze považovat za jednoznačný důkaz genetického sepjetí V-silikátů s uraninitovou mineralizací. V dané situaci tak nelze zcela vyloučit ani možnost výskytu V-obohaceného horizontu v bočních horninách, nesouvisejícího s uranovou mineralizací, podobně jako v případě poloh vanadem bohatých kvarcitů v metamorfovaných parasériích moldanubika (Houzar 1995). Roscoelit obsahující polohy v grafitických svorech popisují z jáchymovského ložiska Ondruš et al. (2003).

Charakter zjištěných supergenních minerálních asociací naznačuje jejich vznik v supergenní zóně *in-situ* v několika etapách za místně i časově proměnlivých podmínek. Jako zdrojové fáze do supergenního procesu vstupovaly zejména ryzí Bi a Ni(Co-Fe) arsenidy v křemenné žilovině. Vzhledem ke zvýšeným obsahům vanadu v některých supergenních arsenátech je velmi pravděpodobná prostorová sblíženost výskytu Bi-mineralizace v křemenné žilovině s horninami se zastoupením V-bohatých fylosilikátů.



Obr. 34 Oktaedrický krystal kupritu, Přísečnice; šířka záběru 390 μm ; BSE foto O. Pour.



Obr. 35 Krystalický agregát mimetesitu v dutině alterované žiloviny, Přísečnice; šířka záběru 1 mm; foto P. Fuchs.

Tabulka 51 Rentgenová prášková data mimetesitu z Přísečnice

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}
0	2	0	4.444	20	4.434	0	2	3	2.1616	12	2.1660	3	3	0	1.7061	3	1.7066
0	0	2	3.702	6	3.724	1	3	2	2.0557	6	2.0522	2	4	0	1.6734	3	1.6758
0	1	2	3.445	10	3.433	2	3	0	2.0381	4	2.0344	2	4	1	1.6333	10	1.6349
1	2	1	3.057	100	3.056	2	3	1	1.9597	11	1.9625	1	5	0	1.5931	2	1.5927
1	1	2	3.012	75	3.011	1	4	0	1.9362	10	1.9351	2	4	2	1.5304	4	1.5282
0	3	0	2.957	55	2.956	0	4	2	1.9102	3	1.9048	2	2	4	1.5032	20	1.5057
2	2	0	2.556	5	2.560	1	4	1	1.8752	1	1.8729	1	3	4	1.4854	1	1.4844
1	3	0	2.4574	<1	2.4594	0	1	4	1.8191	2	1.8220	0	6	1	1.4501	2	1.4497
1	1	3	2.2379	4	2.2336	0	2	4	1.7191	2	1.7166	2	5	0	1.4192	1	1.4199

Tabulka 52 Parametry základní cely mimetesitu (pro hexagonální prostorovou grupu $P6_3/m$)

		a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Přísečnice	tato práce	10.239(13)	7.44771(6)	676.2(9)
Pingtouling	Okudera (2013)	10.2382(14)	7.4502(12)	676.31
Dolní Kramolín	Vrtiška et al. (2017)	10.247(5)	7.4506(2)	677.5(3)
Čavoj	Števkó et al. (2015)	10.236(10)	7.4126(9)	673(1)
Durango, Mexiko	Dai et al. (1991)	10.212(2)	7.419(4)	669.9
Slivice, ČR	Sejkora et al. (2008)	10.2417(5)	7.4431(7)	676.12(7)
Jáchymov, ČR	Sejkora et al. (2011)	10.24(2)	7.4151(6)	673(1)
Krupka, ČR	Sejkora et al. (2009)	10.2395(6)	7.4380(8)	675.37(8)

Tabulka 53 Chemické složení mimetesitu z Přísečnice (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
CaO	0.14	0.21	0.22	0.20	0.09	0.00
PbO	74.36	74.24	74.91	74.68	73.97	73.97
ZnO	0.19	0.14	0.14	0.09	0.42	0.15
SiO ₂	0.11	0.00	0.19	0.16	0.10	0.11
As ₂ O ₅	23.16	23.24	22.66	23.43	23.72	22.77
V ₂ O ₅	0.11	0.14	0.16	0.00	0.14	0.11
Cl	2.03	1.84	1.98	2.23	1.68	2.42
O=Cl	-0.46	-0.42	-0.45	-0.50	-0.38	-0.55
H ₂ O*	0.02	0.12	0.16	0.00	0.00	0.00
total	99.66	99.51	99.97	100.29	99.74	98.97
Ca	0.037	0.055	0.057	0.051	0.022	0.000
Pb	4.884	4.898	4.984	4.860	4.742	4.944
Zn	0.034	0.025	0.026	0.017	0.073	0.027
Σ M	4.955	4.977	5.067	4.928	4.838	4.971
Si	0.028	0.000	0.046	0.039	0.025	0.028
As	2.955	2.978	2.928	2.961	2.953	2.955
V	0.017	0.022	0.026	0.000	0.022	0.017
Σ T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cl	0.839	0.766	0.831	0.912	0.678	1.017
OH	0.033	0.196	0.264	0.000	0.000	0.000
Σ X	0.872	0.962	1.095	0.912	0.678	1.017

mean - průměr z pěti bodových analýz; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi As+Si+V = 3 apfu; H₂O* - dočtený obsah na základě vyrovnání nábojů.

První etapou vzniku pozorované mineralizace byla alterace ryzího bismutu za vzniku agregátů zavarickitu a bismitu. Zde vedle možných supergenních procesů může jít i o projev nízké temperovaných, pozdně hydrotermálních fluid oxidací charakteru s obsahem F. Podobný typ výskytu asociací celistvých agregátů zavarickitu/bismitu nebo zavarickitu/bismitu je popisován z řady lokalit (např. Sejkora 1992; Ondruš et al. 1994; Sejkora et al. 2006). Otázkou je výskyt místy častého kettneritu, voštinatý charakter jeho agregátů a nedokonale krystalický stav naznačují jeho vznik ve stejné (pozdně hydrotermální) etapě jako asociace zavarickit/bismit a pak jeho částečnému rozpouštění a případné rekrystalizaci působícími supergenními roztoky.

V další etapě pak vznikají zejména Bi-arsenáty v bezprostřední blízkosti alterovaných agregátů Bi-minerálů, jejich vzájemný vztah a zřetelně nejmladší vznik rooseveltitu naznačují postupný nárůst aktivity As v působících fluidech. Minimální mobilita bismutu v této etapě indikuje relativně málo kyselých prostředí (pH > 6 - Sejkora 1992; Ondruš et al. 1994).

V následující etapě pak alterací dalšího objemu primárních Ni(Co-Fe) arsenidů dochází k acidifikaci roztoků a zvýšení aktivity As, v nevelké vzdálenosti od primární mineralizace dochází ke vzniku mixitu a eulytinu. Zvýšenou reaktivitu roztoků naznačuje i uvolnění Si nezbytného pro

vznik eulytinu a Ca a Al zjištěných ve zvýšené míře v případě mixitu. Ve stejné etapě dochází k formování Fe a Ni arsenátů (annabergitu, bariofarmakosideritu-Q, parasymplektitu, skoroditu) a mimetesitu ve vyvětralých dutinách křemenné žiloviny. Hodnoty pH působících supergenních fluid v této etapě nebyly nižší než cca 4, vzhledem ke stabilitě mimetitu a nepřítomnosti Pb-bohatých členů alunitové superskupiny (Sejkora et al. 2011). Pro uvedenou hodnotu pH hovoří i nepřítomnost „kyselých“ (se skupinou AsO₃OH) a výhradní uplatnění normálních a „bazických“ (se skupinou OH) arsenátů ve studované asociaci.

Samostatnou otázkou je vznik ryzího stříbra, akantitu, ryzí mědi a pravděpodobně i kupritu v drobných dutinách supergenně silně alterované křemenné žiloviny; jejich výskyt dokumentuje, že muselo docházet ke změně hodnot Eh působících supergenních fluid a lokálně a krátkodobě k nastolení zřetelně redukčního prostředí.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat Mgr. Radku Škodovi PhD. z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (Brno) za spolupráci při laboratorním výzkumu. Dále pak P. Fuschsovi (Teplíce) za pořízení fotografií studovaných vzorků. Předložená práce vznikla za finanční podpory Grantové agentury ČR v rámci projektu 17-09161S.

Literatura

- ALVAREZ M, SILEO EE, RUEDA E H (2008) Structure and reactivity of synthetic Co-substituted goethites. *Am Mineral* 93(4): 584-590
- ANTHONY JW, BIDEAUX RA, BLADH KW, NICHOLS MC (1990) Handbook of mineralogy. Volume I. Elements, sulfides, sulfosalts. *Mineral data publishing, Tucson, Arizona*, 588 s.
- BALÁŠOVÁ M, BURGHARDT I (2014) Neznámá listina z roku 1339 jako nejstarší písemný doklad o těžbě stříbra v českém Krušnohoří. In *ArchaeoMontan 2014, Výsledky a výhledy 167-174*. Dresden
- BALÁŠOVÁ M, CRKAL J, ČERNÁ R, DERNER K, LISSEK P (2012) Kremsiger, k. ú. Přísečnice, okr. Chomutov - současný stav poznání a povrchový průzkum hornického sídliště. In: *ArchaeoMontan 2012, Erkunden - Erfassen - Erforschen. Arbeits- u. Forschungsber sächs Bodendenkmalpl, Beih 26*: 69-82
- BALLIRANO P, MARAS A (2012) Refinement of the crystal structure of arsenolite, As_2O_3 . *Z Kristall* 217: 177-178
- BEDLIVY D, MEREITER K (1982) Structure of α -BiAsO₄ (rooseveltite). *Acta Cryst B38*: 1559-1561
- BEDLIVY D, LLAMBIAS EJ, ASTARLOA JFH (1972) Rooseveltit von San Francisco de los Andes und Cerro Negro de la Aguadita, San Juan, Argentinien. *Tschermaks Min Petr Mitt* 17: 65-75
- BÍLEK J, JANGL L, URBAN J (1976) Dějiny hornictví na Chomutovsku. Vlastivědné muzeum v Chomutově
- CRKAL J, WOLF M (2014) Počátky města Přísečnice. In *ArchaeoMontan 2013, Krušná krajina - Erz(gebirgs)landschaft 95-102*. Dresden
- ČEJKA J, SEJKORA J, PLÁŠIL J, KEEFFE EC, BAHFENNE S, PALMER SJ, FROST RL (2011) A Raman and infrared spectroscopic study of Ca²⁺ dominant members of the mixite group from the Czech Republic. *J Raman Spectrosc* 42, 1154-1159
- ČERNÁ E, KAČERIK A (2006) Závěrečná zpráva o záchraném archeologickém výzkumu. MS, ÚAPP Most
- DAI Y, HUGHES JM, MOORE PB (1991) The crystal structures of mimetite and clinomimetite, $Pb_5(AsO_4)_3Cl$. *Can Mineral* 29: 369-376
- DOLNÍČEK Z (2018) Vanadem, niklem a olovem bohaté fylsilikáty z U-Ni-Co-As-Ag/Bi ložiska Zálesí u Javorníka. *Bull Mineral Petrolog* 26: 196-205
- FORMAN J (1965) Úsek Přísečnice, závěrečná zpráva. MS, JD Geologický průzkum, Ostrov nad Ohří
- FROST RL, ČEJKA J, SEJKORA J, PLÁŠIL J, BAHFENNE S, PALMER SJ (2010) Raman spectroscopy of the mixite mineral $BiCu_6(AsO_4)_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$ from the Czech Republic. *J Raman Spectrosc* 41, 566-570
- FROST RL, ČEJKA J, SEJKORA J, PLÁŠIL J, JAGANNADHA RB, KEEFFE EC (2011) Raman spectroscopic study of a hydroxy-arsenate mineral containing bismuth - atelestite $Bi_2O(OH)(AsO_4)$. *Spectrochim Acta A, Molec Biomolec Spectrosc* 78(1): 494-496
- GRAMBLÍČKA P, PAULIŠ P, FEDIUK F, MALÍKOVÁ R (2014) Nový výskyt harmotomu z Přísečnice v Krušných horách. *Minerál* 22(1): 34-39
- GRICE JD (2002) A solution to the crystal structures of bismutite and beyerite. *Can Mineral* 40: 693-698
- HAGER SL, LEVERETT P, WILLIAMS PA, MILLS SJ, HIBBS DE, RAUDSEPP M, KAMPF AR, BIRCH WD (2010) The single-crystal X-ray structures of bariopharmacosiderite-C, bariopharmacosiderite-Q and natropharmacosiderite. *Can Mineral* 48: 1477-1485
- HAWTHORNE FC (1976) The hydrogen positions in scorodite. *Acta Cryst B32*: 2891-2892
- HERZBERG F (1910) Beiträge zur geologischen Kenntnis der Pressnitzer Erzlagerstätten. Freiberg Craz & Gerlach (Joh. Stettner).
- HOUZAR S (1995) Grafitické kvarcity s vanad obsahujícími minerály v moravském moldanubiku. *Geol Výzk Mor Slez v r 1994*: 89-90
- HYBLER J, DUŠEK M (2007) Revision of the crystal structure of kettnerite $CaBi[O(FCO_3)]$. *Eur J Mineral* 19: 411-418
- CHLUPÁČ I, BRZOBOHATÝ R, KOVANDA J, STRÁNÍK Z (2011) Geologická minulost České republiky. *Academia Praha*.
- CHRT J (1999): Rozšíření Bi-Co-Ni-Ag mineralizace v Krušných horách a Slavkovském lese. *Uhlí Rudy Geol Průzk* 7-8: 29-38
- ITO T, MINATO H, SAKURAI (1954) Parasymplesite, a new mineral polymorphous with symplectite. *Proc Jap Acad* 30: 318-324
- JANGL L (1957) Zpráva o výsledcích báňkohistorického výzkumu Přísečnice. MS, ÚVR, ČBA Kutná Hora
- JANGL L (1965) Staré báňské práce v prostoru nádrže Kryštofovy Hamry. MS Geofond Kutná Hora
- KRATOCHVÍL J (1962) Topografická mineralogie Čech V. NČSAV, Praha
- KRAUSE W, BELLENDORFF K, BERNHARDT H-J (1993) Petitjeanite, $Bi_3O(OH)(PO_4)_2$, a new mineral, and additional data for the corresponding arsenate and vanadate, preisingerite and schumacherite. *N Jb Mineral, Mh* 1993(11): 487-503
- KRAUSE W, BERNHARDT H-J, BLASS G, EFFENBERGER H, GRAF H-W (1997) Hechtsbergite, $Bi_2O(OH)(VO_4)$, a new mineral from the Black Forest, Germany. *N Jb Mineral, Mh* 1997: 271-287
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011
- LISSEK P, DERNER K, ŠREIN V, BOHDÁLEK P, KŘIVÁNEK R (2014) Výzkum hornického sídliště Kremsiger v roce 2013. In *ArchaeoMontan 2014, Výsledky a výhledy 151-160*. Dresden
- LIU H, KUO C (1997) Crystal structure of bismuth(III) silicate, $Bi_4(SiO_4)_3$. *Z Krist* 48: 212
- LOWAG J (1903) Die Vorkommen von silberhaltigen Bleiglanz, Kobalt und Nickelerze bei Pressnitz im böhmischen Erzgebirge. *Österr Z Berg- u Hüttenwes* 51: 532-534
- MALKOVSKÝ M a kolektiv (1985) Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. Ústí. Ústav geol., Praha.
- MEREITER K (1986) Crystal structure refinements of two francevillites, $(Ba,Pb)[(UO_2)_2V_2O_8] \cdot 5H_2O$. *N Jb Mineral, Mh* 1986: 552-560
- MEREITER K, PREISINGER A (1986) Kristallstrukturdaten der Wismutminerale Atelestite, Mixit und Pucherit. *Oest Akad Wissen, math - naturwiss Kl* 123, 79-81
- MRŇA F, PAVLŮ D (1967) Ložiska Ag-Bi-Co-Ni-As-formace v Českém masívu. *Sbor geol Věd, ložisk Geol* 9: 7-104
- MÜLLER H (2001) Beschreibung der Grubengabäude im Rewier Pressnitz im Erzgebirge. Band 1-4, Tessiner str 134, München
- MÜLLER H, CRKAL J, URBAN M (2015) Přísečnice. In Urban M (ed.) *Horní města Krušných hor, Ústecký kraj 242-271*. Vyd Fornica publishing

- NAGAI T, KAGI H, YAMANAKA T (2003) Variation of hydrogen bonded O... O distances in goethite at high pressure. *Am Mineral* 88(10): 1423-1427
- OKUDERA H (2013) Relationships among channel topology and atomic displacements in the structures of $Pb_5(BO_4)_3Cl$ with $B = P$ (pyromorphite), V (vanadinite), and As (mimetite). *Am Mineral* 98: 1573-1579
- OLMI F, SABELLI C, TROSTI FERRONI R (1991) A contribution to the crystal chemistry of mixite group minerals from Sardinia (Italy). *N Jb Mineral, Mh* 487-499
- ONDRUŠ P, JANSÁ J, NOVÁK F, VAVŘÍN I (1994) Origin and relationships of bismuth secondary minerals at the Moldava deposit in the Krušné hory Mts. *Věst Čes geol Úst* 69: 79-86
- ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F, HLOUŠEK J, SKÁLA R, FRÝDA J, ČEJKA J, GABAŠOVÁ A (1997) Secondary minerals of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. *J Czech Geol Soc* 42: 3-76
- 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: 19-147
- OZDÍN D, LÁSKOVÁ K, KUČEROVÁ G, VÁCHOVÁ L (2018) Kryštalochemické štúdium a Ramanova spektroskopie arzenolitu z Dobšinej (Slovensko). *Bull Mineral Petrolog* 26(2): 206-212
- PAULIŠ P, KOPECKÝ S, JEBAVÁ I (2012) Corkit a bariofarmakosiderit-Q z Vysoké u Havlíčkova Brodu (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 20(1): 106-109
- PAULIŠ P, DVOŘÁK Z, JEBAVÁ I, ZEMAN M (2013) Bariofarmakosiderit-Q z fluoritového ložiska Moldava v Krušných horách (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 21(1): 74-77
- PAULIŠ P, TOEGEL V, MALÍKOVÁ R. (2014) Eulytin z ložiska uranových rud Zálesí v Rychlebských horách (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22(1): 120-122
- PAULIŠ P, URBAN M, MALÍKOVÁ R, POUR O (2015) Bismutit z ložiska manganových rud Horní Blatná v Krušných horách (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(1): 109-112
- PERTLIK F (1978) Strukturverfeinerung von kubischem As_2O_3 (Arsenolith) mit Einkristalldaten. *Czechoslovak J Phys* B28: 170-176
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, GOLIÁŠ V (2008) Vizmutová mineralizace z uranového ložiska Medvědin u Špindlerova Mlýna. *Opera corcont* 45: 5-11
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, ČEJKA J, ŠKÁCHA P, GOLIÁŠ V (2009) Supergene mineralization of the Medvědin uranium deposit, Krkonoše Mountains, Czech Republic. *J Geosci* 54, 15-56
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, PLECHÁČEK J, JEBAVÁ I, ŠKÁCHA P, ŠKODA R, FEJFAROVÁ K (2011) Walpurgin z uranového ložiska Medvědin, Krkonoše (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár. Muz (Praha)* 19: 171-181
- PLÁŠIL J, HLOUŠEK J, KASATKIN AV (2014) Pozoruhodný výskyt metařamunitu a minerálů mixitové skupiny na Dušní žíle (Geister), Jáchymov (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22(2): 215-220
- POUCHOU JL, PICHOR F (1985) "PAP" (ppZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- RIEDER M, CAVAZZINI G, D'YAKONOV YS, KAMENETSKII VAF, GOTTARDI G, GUGGENHEIM S, KOVAL' PV, MUELLER G, NEIVA AMR, RADOSLOVICH EW, ROBERT JL, SASSI FP, TAKEDA H, WEISS Z, WONES DR (1998) Nomenclature of micas. *Can Mineral* 36: 905-912
- RUMSEY MS, MILLS SJ, SPRATT J (2010) Natropharmacolumite, $NaAl_4[(OH)_4(AsO_4)_3]_4H_2O$, a new mineral of the pharmacosiderite supergroup and the renaming of aluminopharmacosiderite to pharmacolumite. *Mineral Mag* 74, 929-936
- ŘIDKOŠIL T, SEJKORA J, ŠREIN V (1996) Smrkovecité, monoclinic $Bi_2O(OH)(PO_4)$, a new mineral of the atelestite group. *N Jb Mineral, Mh* 1996(3): 97-102
- SEGAL DJ, SANTORO RP, NEWHAM RE (1966) Neutron diffraction study of $Bi_4Si_3O_{12}$. *Zeit Krist* 123: 73-76
- SEJKORA J (1992) Mineralogie oxidických fází s bismutem. MS Dipl práce, Přír fakulta Univ Karol Praha, 1-154
- SEJKORA J, ŠREIN V (1996) Příspěvek ke krystalochemii mixitu z lokalit Českého masívu. *Zpr geol výzk v r* 1995: 153-155
- SEJKORA J, ŘIDKOŠIL T, ŠREIN V (1994) Rooseveltite from Moldava, Krušné hory Mts., Czech Republic. *N Jb Mineral, Mh* 1994(1): 40-48
- SEJKORA J, GABAŠOVÁ A, NOVOTNÁ M (1997) Mixit ze Smrkovce u Mariánských Lázní. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 4-5: 185-187
- SEJKORA J, ŘIDKOŠIL T, ŠREIN V (1999) Zálesíte, a new mineral of the mixite group, from Zálesí, Rychlebské hory Mts., Czech Republic. *N Jb Mineral, Abh* 175(2): 105-124
- SEJKORA J, ONDRUŠ P, FIKAR M, VESELOVSKÝ F, MACH Z, GABAŠOVÁ A, ŠKODA R, BERAN P (2006) Supergene minerals at the Huber stock and Schnöd stock deposits, Krásno ore district, the Slavkovský les area, Czech Republic. *J Czech Geol Soc* 51: 57-101
- SEJKORA J, LITOCHEB J, STRNAD J, KUBICA J (2008) Supergenní mineralizace slivického pásma (žíla Karel) jv. od Příbrami, Česká republika. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 16: 1-10
- SEJKORA J, ŠKOVÍRA J, ČEJKA J, PLÁŠIL J (2009) Cu-rich members of the beudantite-seginitite series from the Krupka ore district, the Krušné hory Mountains, Czech Republic. *J Geosci* 54: 355-371
- SEJKORA J, PLÁŠIL J, CISAŘOVÁ I, ŠKODA R, HLOUŠEK J, VESELOVSKÝ F, JEBAVÁ I (2011) Interesting supergene Pb-rich mineral association from the Rovnost mining field, Jáchymov (St. Joachimsthal), Czech Republic. *J Geosci* 56: 257-271
- SEJKORA J, PAULIŠ P, MALÍKOVÁ R, ZEMAN M, KRTEK V (2013a) Supergenní minerály As ze štoly č. 2 Preisselberg, rudní revír Krupka (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 21: 201-209
- SEJKORA J, ŠKÁCHA P, VENCLÍK V, PLÁŠIL J (2013b) Vanad-uranová mineralizace v lomu Prachovice (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 21(2): 113-130
- SEJKORA J, KOPECKÝ S S, PAULIŠ P, KOPECKÝ S J (2015) Ni-Sb mineralizace z rudního revíru Michalovy Hory (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(2): 129-146
- SCHLESS J (1979) Operativní přepočty zásob a návrh geologického průzkumu ložiska Fe rud Přísečnice, stav k 31.7.1979. MS ČGS Geofond Praha, 20 s. P 104073
- STERN TW, STIEFF LR, GIRHARD MN, MEYROWITZ R (1956) The occurrence and properties of metatyuyamunite, $Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3-5H_2O$. *Am Mineral* 41: 187-201

- STURMAN BD (1976) New data for köttigite and parasymplectite. *Can Mineral* 14: 437-441
- SYNEČEK V, ŽÁK L (1960) The crystal structure of kettnerite, $(\text{BiO})(\text{CaF})\text{CO}_3$. *Czech J Phys* 10: 195-207
- ŠREIN V (2015) Pětiprvková formace v českém Krušnohoří – mineralogie, geochemie ložiskových minerálů a rudotvorné procesy. MS ZZ ČGS Praha
- ŠREIN V, BOHDÁLEK P, SEJKORA J (1996a) Stručný přehled minerálů uranu v širokém okolí Měděnce. Zpravodaj - geologický pavilon prof. F. Pošepného 6, 35-39 Ostrava
- ŠREIN V, BOHDÁLEK P, ŠREINOVÁ B, SEJKORA J (1996b) Průvodce po mineralogických a geologicko-montanistických lokalitách střední části Krušných hor. Měděnec
- ŠTEVKO M, GRAMBLIČKA R, MALÍKOVÁ R (2015) Nové údaje o supergenných minerálech z polymetalického ložiska Čavoj, Strážovské vrchy (Slovenská republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(1): 63-74
- ŠTEVKO M, SEJKORA J, BAČÍK P (2011) Mineralogy and origin of supergene mineralization at the Farbišče ore occurrence near Poniky, central Slovakia. *J Geosci* 56(3): 273-298
- ŠTEVKO M, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2016) Nové údaje o supergenných minerálech z banského pola Rainer, ložisko Lubietová - Podlipa (Slovenská republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24(1): 1-12
- TANAKA T, MINAKAWA T, KUSACHI I, TANABE M (2009) Bi-bearing and REE-free zálesite from the Fuka mine, Okayama Prefecture, Japan. *J Mineral Petrolog Sci* 104(3): 164-167
- VRTIŠKA L, PAULIŠ P, GRAMBLIČKA R, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O (2017) Supergenní mineralizace rudního revíru Michalovy Hory (Česká republika). *Bull Mineral Petrolog* 25(2): 228-244
- YANG H, LU R, DOWNS RT, COSTIN G (2006) Goethite, $\alpha\text{-Fe-O}(\text{OH})$, from single-crystal data. *Acta Cryst E* 62(12): i250-i252
- YOSHIIASA A, MIYANO Y, ISOBE H, SUGIYAMA K, ARIMA H, NAKATSUKA A, MOMMA K, MIYAWAKI R (2016) Structural refinement of köttigite–parasymplectite solid solution: Unique cation site occupancy and chemical bonding with water molecules. *J Mineral Petrolog Sci* 111(5): 363-369