

<https://doi.org/10.46861/bmp.28.385>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Neobvyklá žilná Cu-Zn-Ag-Pb-As-Sb-Se-Sn-Bi mineralizace z Jedové jámy u Vejprty v Krušných horách (Česká republika)

Unusual vein Cu-Zn-Ag-Pb-As-Sb-Se-Sn-Bi mineralization from Jedová jáma mine near Vejprty in the Krušné hory Mts. (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾, ROMAN GRAMBLIČKA³⁾ A ONDŘEJ POUR⁴⁾

¹⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; *e-mail: petr.paulis@post.cz

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

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

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

PAULIŠ P, DOLNÍČEK Z, GRAMBLIČKA R, POUR O (2020) Neobvyklá žilná Cu-Zn-Ag-Pb-As-Sb-Se-Sn-Bi mineralizace z Jedové jámy u Vejprty v Krušných horách (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 28(2): 385-405 ISSN 2570-7337

Abstract

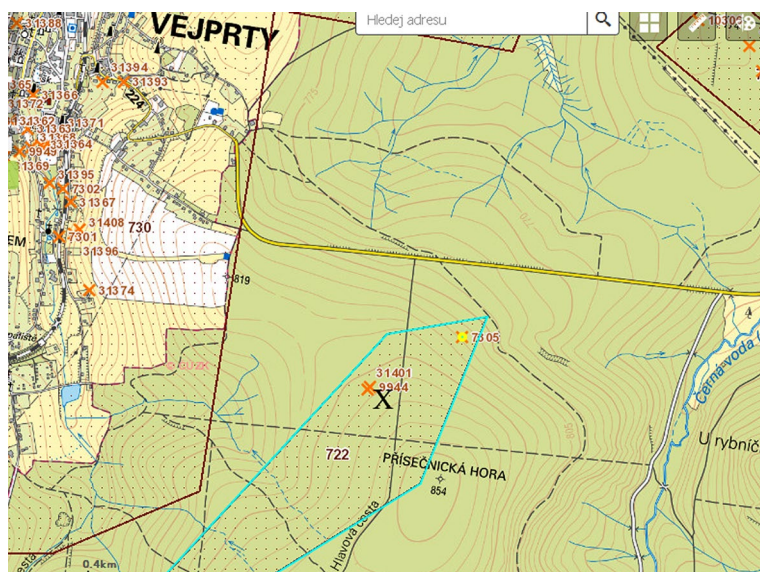
An extraordinary rich mineral assemblage consisting of 27 minerals has been newly discovered in quartz veins of the abandoned ore deposit, once exploited by the Drei König Mine, called also Giftschacht (Jedová jáma - Toxic shaft), situated approximately 2 km SE of Vejprty town. It includes 16 sulphides (plus one unnamed) with far prevailing arsenopyrite. In addition to common sulphides (chalcopyrite, sphalerite, galena and minerals of the tetrahedrite group), a wide suite of sulphosalts with substantial Bi-content was identified. Besides common bismuthinite and emplectite, also relatively rare Bi minerals (matildite, aikinite, hammarite, wittichenite), in the Czech Republic known from few localities only, have been found here. Bi is bound also in a rather exotic selenide bohdanowitzite and native bismuth. Bi is substantially present in some domains of tetrahedrites [tetrahedrite-(Zn), tennantite-(Zn) and tennantite-(Fe)]. In addition to local Bi enrichment, also Sn-minerals occur in the ore, represented by cassiterite and rare sulphides (kësterite and stannoidite). The presence of phosphates of the plumbogummite group [plumbogummite, goyazite and florencite-(Ce)] contributes to the remarkable mineral assemblage. From geochemical point of view, very interesting is the presence of florencite-(Ce), in which REE with dominating Ce are fixed. In addition, grains of fluorite, fluorapatite, rutile, topaz and aggregates of illite and a phase from kaolinite group are present. Supergene mineralization is represented besides limonite by abundant scorodite and rare strengite.

Key words: arsenopyrite deposit, sulphidic mineralization, Bi-Sn mineralization, minerals of the plumbogummite group, Jedová jáma mine near Vejprty, Krušné hory Mts., Czech Republic

Obdrženo 26. 10. 2020; přijato 7. 12. 2020

Úvod

Přibližně 2 km jv. od Vejprty a cca 600 m sz. od Přísečnické hory (854 m n.m.) (GPS: 50°29'0.7"N, 13°3'9.6"E; obr. 1) se nachází málo známá lokalita arsenové mineralizace. Jde o starý opuštěný důl označovaný v minulosti jako Dreikönig, Harald či Giftschacht (Jedová jáma), který je součástí černopotočského revíru. Poprvé se o něm zmiňují Fritsch a Pöschl (1813 in Jangl 1957) jako o dole Dreikönigschachte, později jej uvádí Jokély (1857) jako důl Drei König. Podle něho sestával důl z těžní šachty 22 m hluboké, ze které byla sv. směrem vyražena sledná chodba, a ze dvou větracích jam. Patrně jde o starý důl, zmáhaný v letech 1811 a 1843 (Kořan 1947) a v první polovině 20. století pak důlní společností Argenta, kterou založil ing. Goettel. Ten tu po skončení první světové války, kdy byla v sousedním Sasku velká poptávka po arsenových ru-



Obr. 1 Geografická pozice studované lokality (označena X) (https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani).



Obr. 2 Zbytky odvalů u Jedové jámy u Vejprtu, foto P. Pauliš (2019).



Obr. 3 Krystal arsenopyritu z Jedové jámy u Vejprtu; šířka záběru 10 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 4 Drúza kubických krystalů fluoritu na křemeni z Jedové jámy u Vejprtu; šířka záběru 36 mm, foto R. Gramblička.

dách, zahájil čerpání důlních vod a malotěžbu. Poté, co se 10. července 1924 v tomto dole otrávil šest horníků zplodinami benzínového motoru čerpadla, však byla těžba ukončena (Hrabánek 2006). V roce 1964 byl důl vyzmáhán pracovníky Geologického průzkumu v rámci prospekce na fluorit, přičemž bylo zjištěno, že zrudněná zóna s arsenopyritem byla v minulosti sledována v délce 60 m (Veľbil, Přebil 2012). V registru důlních děl a poddolování ČGS - Geofondu jsou vyznačeny v těsném sousedství dvě jámy - větrací (č. 9944) a těžební (č. 31401). Do současnosti se tu zachovaly dvě šachetní ústí zakrytá betonovými deskami. Většina rudního materiálu byla po ukončení průzkumných prací odvezena, zbylá část haldy rozhrnuta (informace V. Šrein) (obr. 2). Přesto lze v terénu v okolí šachet najít typické ukázky zdejšího zrudnění, především arsenopyritu a supergenního skoroditu.

Geologie a mineralogie ložiska

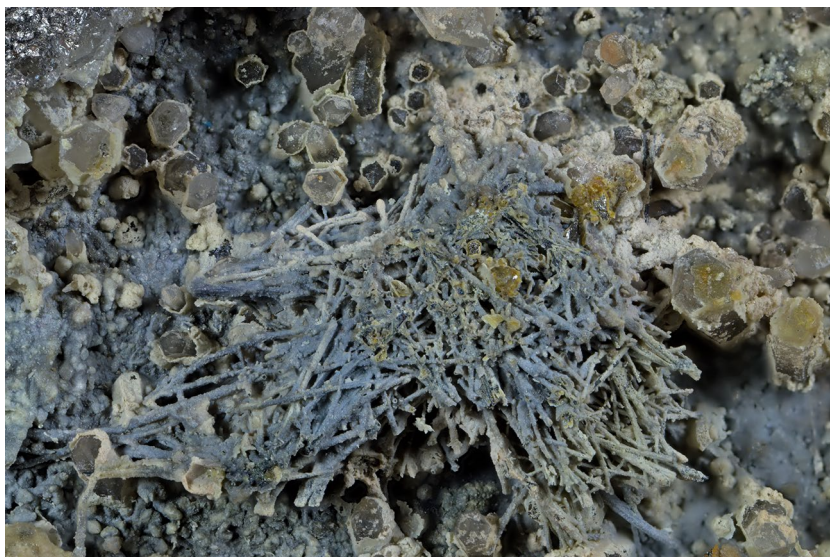
Z geologického hlediska je tato oblast budována především metamorfovanými proterozoickými a paleozoickými horninami krušnohorského krystalinika. Proterozoické horniny v Krušných horách tvoří přísečnickou skupinu, v jejíž spodní části se vyčleňuje rusovské souvrství tvořené převážně muskoviticko-biotitickými 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 nalézají pestrý sled různých typů pararul s tělesy metadrob, krystalických vápenců, bazických metavulkanitů a metakonglomerátů (Chlu-páč 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 deskovitá tělesa granitových porfyrů a křemenných žil, tak pro válcovitá tělesa neovulkanitů, které svým složením vesměs odpovídají alkalickým bazaltoidům (nefelinity, bazanity až tefrity) oligocénního až miocénního stáří, které jsou vázány na riftový vulkanismus oherského riftu (Malkovský et al. 1985).

Vlastní ložisko je tvořeno Jedovou žílou, která má směr 15 - 20°, sklon 90°, mocnost až přes 2 m. V oblasti Jedové jámy je její vývoj znám v délce cca 60 m. Jde spíše o pásmo drobných výplní poruch, v jejichž okolí došlo k alteraci rul, k jejich vybělení a prokřemenění. Vedle

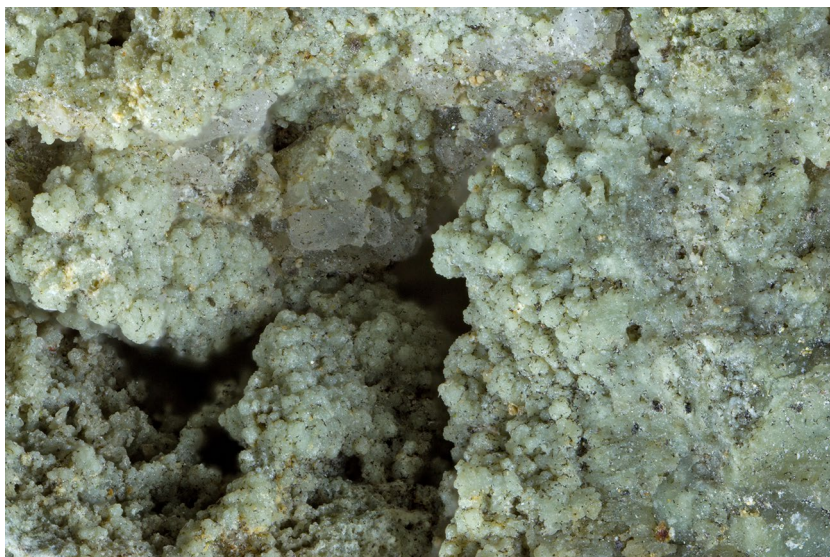
arsenopyritu obsahuje též pyrit a opál. Drobné žilky a proniky fialového fluoritu jsou patrně starší než arsenopyritové zrudnění (Bouška in Mayerová, Mayer 1967). Podle bývalého zaměstnance Argentiny J. Weisbacha zde bylo nalezeno i ryzí stříbro. Tento nález by potvrzovaly i vysoké obsahy Ag ve vzorcích, které si nechala společnost Argenta analyzovat (Mayerová, Mayer 1967). Fluorit tvoří pouze povlaky a drobná zrna v křemenné žilovině, obsahy CaF_2 nepřekračovaly 5 %. Arsenopyrit, jako dominující sulfid, tu tvoří masivní akumulace v prokřemenělé hydrotermálně alterované rule. Zóna se zrudněním směru SV - JZ tu údajně dosahovala mocnosti kolem 4 m (Jokély 1857). Žilná struktura tu vystupuje v muskovitických pararlách krušnohorského krystalinika. Nověji se výzkumu této lokality věnovali Gramblička et al. (2015), kteří popisují bohaté impregnace arsenopyritu v křemenu i okolní hornině, které místy přecházejí v téměř litou rudu. Na puklinách tvoří arsenopyrit prizmatické krystaly do 5 mm velikosti, vzácněji do 1 cm (obr. 3). Provází ho drobně krystalovaný křemen a jílové minerály. Křemen se zde vyskytuje nejméně ve dvou generacích. První impregnuje ruly a na puklinách tvoří prizmatické krystaly do 5 mm délky, druhá generace křemene tvoří tenké palisádovité žilky s drobnými krystaly, na které nasedají hematit a fluorit. Vzácnějším sulfidem je pyrit, tvořící zrna a na puklinách zploštělé krystaly a agregáty do 10 mm. Poměrně častý je na tenkých křemenných žilkách hematit, nejčastěji v podobě lesklých černých, radiálně paprscitých agregátů až 5 mm mocných. Vzácnější jsou až 5 mm velké kulovité agregáty hematitu, složené z drobných krystalů. Na těchto žilkách se vyskytuje i fluorit, tvořící bělavé až bledě fialové kubické krystaly, maximálně 4 mm veliké (obr. 4). Z dalších minerálů tu byly na reliktech hald zjištěny baryt, drobné sloupečky fluorapatitu, zrnitý a drobně krystalovaný chalkopyrit, drobná zrna tetradritu a černý sferit. K nejzajímavějším minerálům patří emplektit (obr. 5), tvořící vzácně shluky kovově šedých jehličkovitých krystalů až 5 mm dlouhých, které jsou někdy povlečeny opálem (obr. 6). Ze supergenních minerálů byly zjištěny pouze *limonit* a *skorodit* (obr. 7), který je tu velice hojný a ve formě bledě šedozelených bradavčitých povlaků obaluje úlomky zrudněných rul (Gramblička et al. 2015).



Obr. 5 Jehličkovité krystaly emplektitu z Jedové jámy; šířka záběru 4.8 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 6 Jehličkovité krystaly emplektitu povlečené opálem z Jedové jámy; šířka záběru 10 mm, foto B. Bureš.



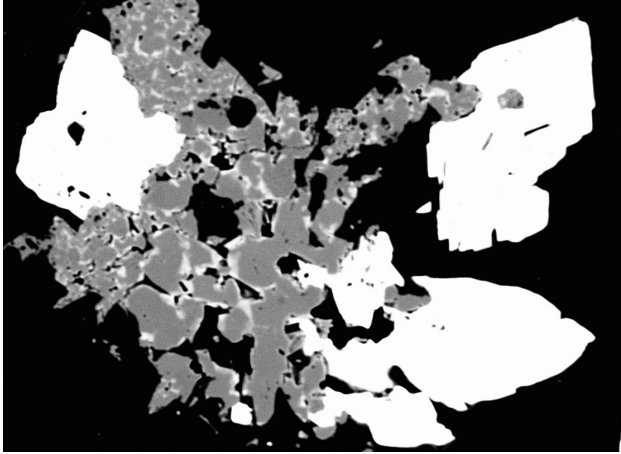
Obr. 7 Povlaky skoroditu na křemenu z Jedové jámy; šířka záběru 8 mm, foto P. Fuchs.

Metodika výzkumu

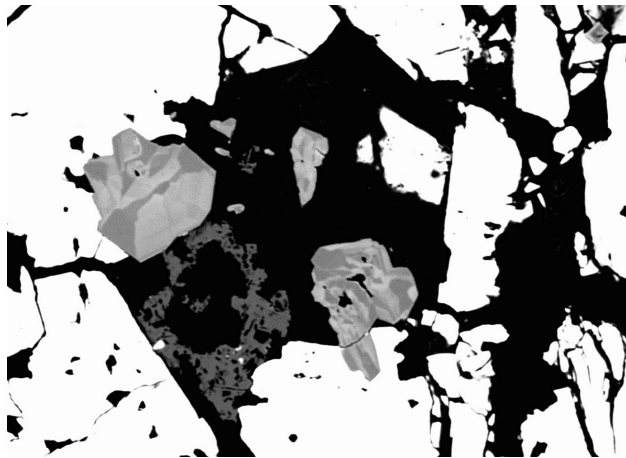
Makroskopicky patrné minerály a zajímavé nábrusy pro následné stanovení chemického složení pomocí elektronové mikrosondy byly identifikovány mikroskopem Tescan Mira3 GMU s energiově disperzním spektrome-

trem Oxford Instruments X-Max 20 v laboratoři České geologické služby (operátor O. Pour).

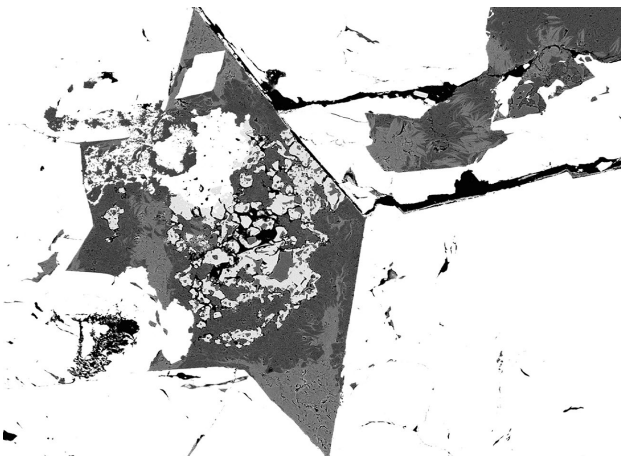
Nábrusy vzorků byly studovány pomocí elektronové mikrosondy Cameca SX-100 v laboratoři Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze (operátor Z. Dolníček). Na přístroji byly pořízeny fotografie ve zpětně odražených elektronech (BSE) a měřeno chemické složení jednotlivých fází ve vlnově disperzním (WDS) modu. Při bodových analýzách kyslíkatých minerálů bylo použito urychlovací napětí 15 kV, proud svazku 5 nA (minerály plumbogummitové skupiny, fluorit, skorodit-strengit), 10 nA (apatit, silikáty), respektive 20 nA (oxidy) a fokusovaný (oxidy), respektive defokusovaný elektronový svazek o průměru 2 μm (apatit, silikáty) či 5 μm (minerály plumbogummitové skupiny, fluorit, skorodit-strengit). Ve všech analýzách silikátů byly měřeny obsahy Al, Ba, Ca,



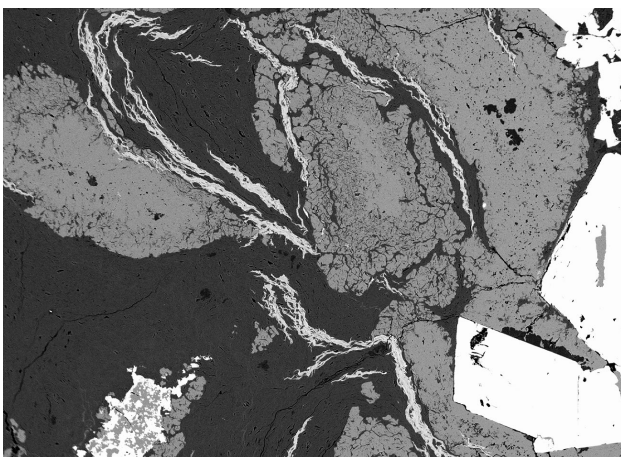
Obr. 8 Arsenopyrit (bílý) srůstající se zrny rutilu (tmavošedý), která jsou lemována rutilem se zvýšenými obsahy W, Cr a V (světle šedý); Jedová jáma; šířka záběru 250 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



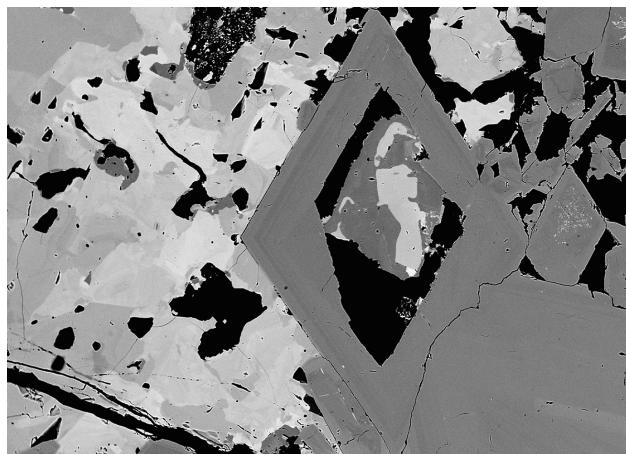
Obr. 11 Arsenopyrit (bílý) s automorfními zonálními krystaly rutilu, v kterých se střídají čisté zóny (tmavošedé) s partiami se zvýšenými obsahy W (světlejší), v křemenu je též zarostlý korodovaný agregát fluoritu (tmavošedý); Jedová jáma; šířka záběru 350 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 9 Arsenopyrit (bílý) s fluoritem (středně šedý) a illitem (tmavošedý) v křemenu (nejtmavší); Jedová jáma; šířka záběru 1100 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

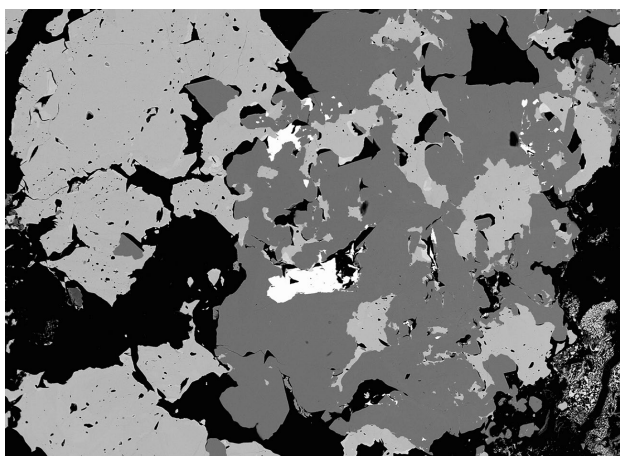


Obr. 10 Arsenopyritové krystaly (bílé), fluoritové agregáty (šedé) a žilkovité agregáty goyazitu (světle šedý) v illitu (tmavošedý); Jedová jáma; šířka záběru 1500 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

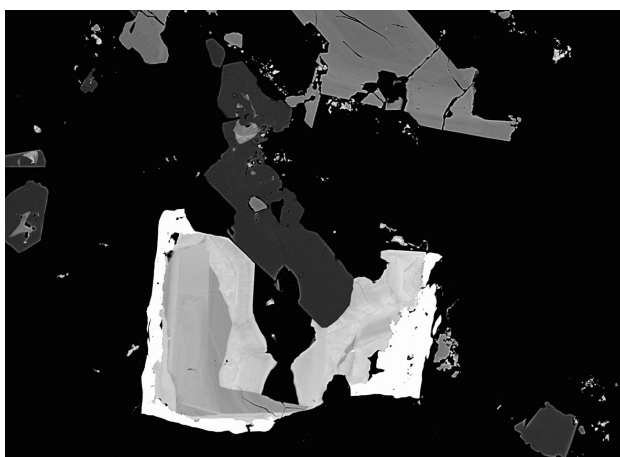


Obr. 12 Arsenopyritové zrno a korodovaný krystal (tmavě šedý) částečně vyplněný tennantitem-(Zn) (bez Bi) (obdobné šedosti jako arsenopyrit) srůstající s tetradrit-tennantitem-(Zn) (cca 2 % Bi) (bělošedý), drobná bílá inkluze ve spodní části jeho zrna je Bi bohatý tennantit (17 % Bi); v levé polovině snímku je zachycen zonální agregát tetradrit-tennantitu, s variabilním obsahem Bi (od bělošedé s 3 % Bi po středně šedé bez Bi); Jedová jáma; šířka záběru 1100 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

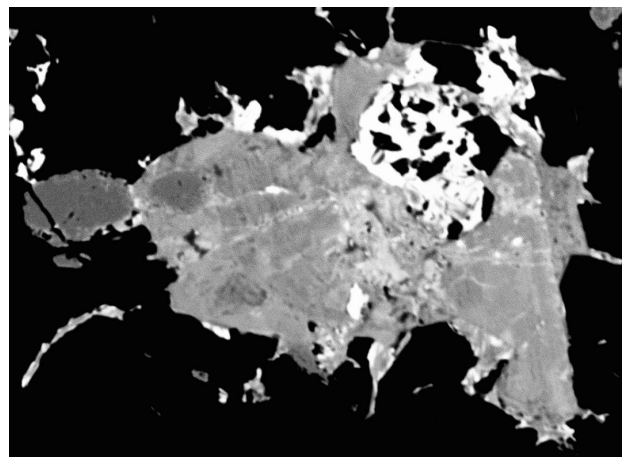
Co, Cu, Cl, Cr, Cs, F, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, Rb, Si, Ti, V a Zn, v apatitech Al, Ba, Ca, Cl, F, Fe, Mg, Mn, Na, P, S, Si a Sr, v rutilech a dalších oxidech Al, As, Ca, Cr, Fe, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, P, Pb, S, Sc, Si, Sn, Ta, Ti, U, V, W, Y a Zr, v minerálech plumbogummitové skupiny a ve fluoritu Al, As, Ba, Bi, Ca, Ce, Cl, Cl, Eu, F, Fe, Gd, K, La, Mg, Mn, N, Na, Nd, P, Pb, Pr, Rb, S, Si, Sm, Sr, V, W, Y a Zn a v minerálech řady skorodit-strengit byly měřeny obsahy Al, As, Ba, Bi, Ca, Cl, Co, Cr, Cu, F, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, Y a Zn. Použité analytické čáry a standardy: albit ($\text{NaK}\alpha$), almandin ($\text{AlK}\alpha$, $\text{FeK}\alpha$), apatit ($\text{PK}\alpha$), baryt ($\text{BaL}\beta$), Bi ($\text{BiM}\alpha$), BN ($\text{NK}\alpha$), CePO_4 ($\text{CeL}\alpha$), celestin ($\text{SK}\alpha$, $\text{SrL}\beta$), Co ($\text{CoK}\alpha$), Cr_2O_3 ($\text{CrK}\alpha$), CrTa_2O_6 ($\text{TaL}\alpha$), Cs-sklo ($\text{CsL}\alpha$), diopsid ($\text{MgK}\alpha$), halit ($\text{ClK}\alpha$), EuPO_4 ($\text{EuL}\alpha$), GdPO_4 ($\text{GdL}\alpha$), hematit ($\text{FeK}\alpha$), chalkopyrit ($\text{CuK}\alpha$), klinoklas ($\text{AsL}\alpha$), LaPO_4 ($\text{LaL}\alpha$), LiF ($\text{FK}\alpha$), NdPO_4 ($\text{NdL}\alpha$), Ni ($\text{NiK}\alpha$), PrPO_4 ($\text{PrL}\alpha$), Rb-Ge-sklo ($\text{RbL}\alpha$), rodonit ($\text{MnK}\alpha$), sanidin ($\text{KK}\alpha$), ScVO_4 ($\text{ScK}\alpha$), scheelit ($\text{WL}\alpha$), SmPO_4 ($\text{SmL}\alpha$), Sn ($\text{SnL}\alpha$), Th ($\text{ThM}\alpha$), TiO_2 ($\text{TiK}\alpha$), UO_2 ($\text{UM}\alpha$), vanadinit ($\text{PbM}\alpha$, $\text{VK}\alpha$), wollastonit ($\text{CaK}\alpha$, $\text{SiK}\alpha$), wulfenit ($\text{MoL}\alpha$, $\text{PbM}\alpha$), YVO_4 ($\text{YL}\alpha$), zinkit ($\text{ZnK}\alpha$) a zirkon ($\text{ZrL}\alpha$). Při bodových analýzách sulfidů, selenidů a ryzích kovů bylo použito urych-



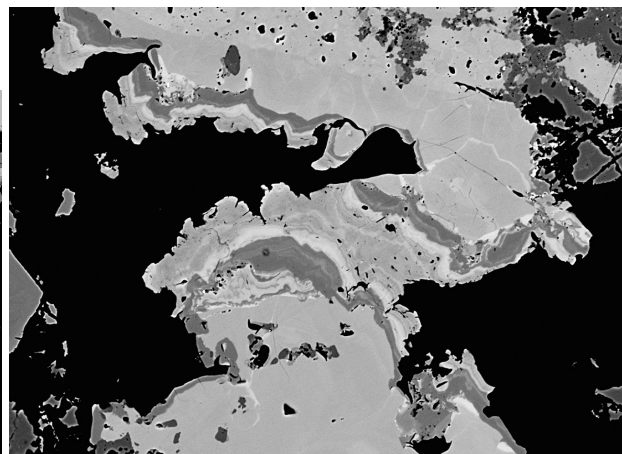
Obr. 13 Agregát chalkopyritu (tmavě šedý), matilditu (bílý) a tetraedrit-tennantitu-(Zn) (středně šedý); Jedová jáma; šířka záběru 1700 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



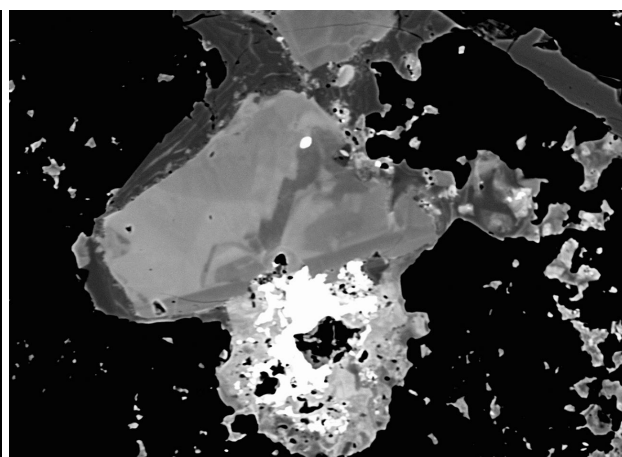
Obr. 14 Zonální zrna tvořená matilditem při okraji (bílý) a tetraedritem-(Zn) s vyšším obsahem Bi (světle šedý) a tetraedritem-(Zn) s nízkým Bi, která srůstají s chalkopyritem (černošedý), v horní části je ještě zachycen krystal arsenopyritu (tmavošedý); Jedová jáma; šířka záběru 570 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 15 Zonální zrno florencitu-(Ce) (šedé) srůstající s chalkopyritem (bílý) a chemicky čistým rutilem (tmavě šedý); Jedová jáma; šířka záběru 170 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 16 Zonální agregát tvořený tetraedrit-tennantitem-(Zn) bez Bi, ve světlejších partiích převládá tetraedritová složka, v tmavších tennantitová složka, v pravém horním rohu je agregát sfaleritu (tmavošedý); Jedová jáma; šířka záběru 450 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 17 Zrno aikinitu (bílé) lemované Bi-bohatým tennantitem-(Zn) (18 % Bi) (středně šedé) srůstající se zrnem tetraedrit-tennantitu-(Zn) s cca 8 % Bi (tmavošedé) a tennantitu-(Zn) bez Bi (černošedé) s malou inkluzí galenitu (bílá); Jedová jáma; šířka záběru 350 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

lovací napětí 25 kV, proud svazkem 20 nA (sulfidy, ryzí Bi), respektive 10 nA (selenidy) a průměr elektronového svazku 1 μm . V sulfidech, selenidu a ryzím Bi byly měřeny obsahy Ag, As, Au, Bi, Cd, Cl, Co, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, In, Mn, Ni, Pb, S, Sb, Se, Sn, Te a Zn. Použité standardy a analytické čáry: Ag (AgLa), Au (AuMa), Bi₂Se₃ (BiM β), CdTe (CdLa), Co (CoKa), CuFeS₂ (CuKa, SKa), FeS₂ (FeKa), GaAs (GaLa), Ge (GeLa), HgTe (HgLa), InAs (InLa), Mn (MnKa), NaCl (ClKa), NiAs (AsL β), Ni (NiKa), PbS (PbMa), PbSe (SeL β), PbTe (TeLa), Sb₂S₃ (SbLa), Sn (SnLa), Tl(Br,I) (TlLa) a ZnS (ZnKa). Načtená data byla přepočítána na hm. % s použitím standardní PAP

korekce (Pouchou, Pichoir 1985). Získaná data byla korigována na koincidence P vs. Ca, La vs. Dy, Eu vs. Dy, F vs. Ce, Bi vs. Ce a Th vs. U. Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti, která se pohybovala pro většinu prvků obvykle mezi 0.03 a 0.1 hm. %, v některých případech však byly hodnoty limitu stanovitelnosti i vyšší (např. těžší REE až kolem 0.3 hm. %).

Obsahy REE ve florencitu byly normalizovány na C1 chondrit s použitím hodnot Anderse a Grevesseho (1989). Velikosti Eu a Ce anomálií byly kvantifikovány pomocí vztahů uváděných např. McLennanem (1989).

Tabulka 1 Chemické složení sfaleritu (Sp) a galenitu (Ga) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ dvou atomů na vzorcovou jednotku.

| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Minerál | Sp | Sp | Sp | Sp | Ga | Ga | Ga | Ga | Ga | Ga |
| Zn | 63.83 | 61.75 | 63.38 | 64.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Fe | 0.13 | 0.28 | 0.46 | 0.41 | 0.11 | 1.26 | 0.46 | 0.82 | 0.09 | 0.09 |
| Cu | 0.41 | 1.50 | 0.80 | 0.05 | 0.22 | 0.13 | 0.05 | 0.41 | 0.52 | 0.45 |
| Cd | 0.72 | 0.66 | 0.62 | 0.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ag | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.32 | 0.94 | 0.80 | 1.85 | 1.97 |
| Pb | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 84.66 | 80.28 | 82.31 | 83.58 | 79.94 | 79.89 |
| Bi | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.72 | 4.44 | 2.06 | 1.80 | 4.06 | 4.12 |
| S | 33.02 | 32.82 | 33.09 | 33.06 | 13.89 | 13.93 | 13.76 | 13.92 | 13.94 | 14.00 |
| Se | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.15 | 0.13 | 0.07 | 0.04 |
| Total | 98.11 | 97.01 | 98.35 | 98.61 | 99.94 | 100.49 | 99.73 | 101.46 | 100.48 | 100.56 |
| Zn | 0.966 | 0.943 | 0.956 | 0.970 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe | 0.002 | 0.005 | 0.008 | 0.007 | 0.005 | 0.032 | 0.019 | 0.033 | 0.004 | 0.004 |
| Cu | 0.006 | 0.024 | 0.012 | 0.001 | 0.008 | 0.005 | 0.002 | 0.015 | 0.019 | 0.016 |
| Cd | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ag | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.007 | 0.020 | 0.017 | 0.040 | 0.040 |
| Pb | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.956 | 0.888 | 0.928 | 0.921 | 0.889 | 0.887 |
| Bi | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.049 | 0.023 | 0.020 | 0.045 | 0.046 |
| Catsum | 0.980 | 0.977 | 0.981 | 0.983 | 0.984 | 0.981 | 0.992 | 1.006 | 0.997 | 0.993 |
| S | 1.019 | 1.022 | 1.019 | 1.022 | 1.013 | 0.996 | 1.003 | 0.990 | 1.001 | 1.004 |
| Se | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.002 | 0.001 |
| Ansum | 1.019 | 1.022 | 1.019 | 1.022 | 1.013 | 1.000 | 1.007 | 0.994 | 1.003 | 1.005 |

Tabulka 2 Chemické složení tetraedritu-(Zn) a Bi-bohatého tetraedritu-(Zn) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ 16 atomů kovů a metaloidů na vzorcovou jednotku.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-----------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Minerál | tetraedrit-(Zn) | Bi-bohatý tetraedrit-(Zn) | | | | | | | | | | | | |
| Ag | 1.35 | 1.00 | 1.36 | 1.25 | 1.34 | 1.45 | 1.92 | 1.67 | 1.40 | 1.61 | 1.67 | 1.83 | 1.75 | 1.75 |
| Cu | 36.14 | 37.53 | 36.51 | 36.24 | 35.62 | 35.18 | 35.00 | 34.70 | 35.36 | 35.06 | 35.12 | 34.46 | 34.41 | 33.79 |
| Fe | 0.78 | 1.22 | 0.63 | 0.46 | 0.51 | 0.46 | 1.19 | 0.60 | 0.64 | 0.40 | 0.65 | 0.79 | 0.57 | 0.55 |
| Zn | 6.65 | 6.19 | 6.98 | 6.96 | 6.68 | 6.78 | 6.60 | 6.48 | 6.45 | 6.58 | 6.48 | 6.52 | 6.46 | 6.39 |
| In | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.04 | 0.15 | 0.12 | 0.15 | 0.13 | 0.10 |
| As | 4.71 | 6.91 | 4.69 | 4.57 | 2.87 | 3.57 | 5.15 | 4.19 | 4.86 | 3.71 | 4.79 | 3.48 | 4.03 | 4.25 |
| Bi | 5.20 | 1.53 | 2.45 | 4.52 | 6.79 | 8.97 | 9.31 | 11.00 | 9.47 | 9.98 | 10.23 | 11.67 | 11.79 | 12.86 |
| Sb | 18.72 | 18.90 | 20.89 | 19.36 | 19.98 | 17.56 | 14.82 | 15.05 | 15.20 | 16.31 | 14.49 | 15.71 | 14.37 | 14.21 |
| S | 24.68 | 25.50 | 24.88 | 24.67 | 24.27 | 24.23 | 24.25 | 24.32 | 24.34 | 23.98 | 24.01 | 23.87 | 23.93 | 25.78 |
| Total | 98.23 | 98.78 | 98.39 | 98.03 | 98.06 | 98.20 | 98.24 | 98.13 | 97.76 | 97.78 | 97.56 | 98.48 | 97.44 | 99.68 |
| Ag | 0.213 | 0.153 | 0.212 | 0.198 | 0.216 | 0.235 | 0.308 | 0.274 | 0.215 | 0.265 | 0.272 | 0.302 | 0.289 | 0.290 |
| Cu | 9.695 | 9.731 | 9.667 | 9.725 | 9.757 | 9.694 | 9.518 | 9.668 | 9.748 | 9.730 | 9.699 | 9.645 | 9.674 | 9.525 |
| Fe | 0.239 | 0.359 | 0.187 | 0.140 | 0.158 | 0.144 | 0.358 | 0.189 | 0.201 | 0.127 | 0.204 | 0.251 | 0.182 | 0.176 |
| Zn | 1.734 | 1.560 | 1.797 | 1.816 | 1.779 | 1.816 | 1.745 | 1.754 | 1.729 | 1.776 | 1.739 | 1.773 | 1.765 | 1.752 |
| In | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.018 | 0.007 | 0.023 | 0.019 | 0.023 | 0.020 | 0.016 |
| As | 1.072 | 1.519 | 1.053 | 1.040 | 0.667 | 0.835 | 1.187 | 0.990 | 1.119 | 0.873 | 1.121 | 0.825 | 0.961 | 1.016 |
| Bi | 0.424 | 0.120 | 0.197 | 0.368 | 0.566 | 0.751 | 0.771 | 0.931 | 0.794 | 0.843 | 0.858 | 0.992 | 1.000 | 1.108 |
| Sb | 2.622 | 2.557 | 2.887 | 2.711 | 2.857 | 2.525 | 2.103 | 2.188 | 2.186 | 2.363 | 2.088 | 2.188 | 2.100 | 2.091 |
| S | 13.122 | 13.104 | 13.055 | 13.121 | 13.176 | 13.233 | 13.069 | 13.427 | 13.299 | 13.190 | 13.140 | 13.240 | 13.333 | 13.350 |

Výsledky mineralogického výzkumu

Mineralogické složení žiloviny bylo studováno na šesti nábrusech zhotovených ze vzorků nasbíraných v roce 2019 spoluautorem publikace (RG). Vzorky, které jsou na povrchu značně navětrané, jsou tvořené z hlavní části bělošedou křemennou žilovinou, ve které jsou makroskopicky patrné až několik cm velké, jemně zrnité, ocelově šedé agregáty arsenopyritu, místy i jeho až několik mm velké krystaly. Úlomky rudniny jsou na povrchu pokryty hnědými povlaky limonitu a bílými a světle zelenými práškovitými či celistvými povlaky skoroditu. Některé vzorky obsahují drobné agregáty jemných světlých slídků, fragmenty alterovaných rul a povlaky jílových minerálů. Vedle dominujícího arsenopyritu obsahují některé vzorky rudnin též až několik mm velké jemnozrné agregáty pyritu, tma-vošedé, kovově lesklé, jemnozrné agregáty tetraedritu a maximálně 2 mm velká zlatavá, nepravidelně omezená

zrna chalkopyritu. Mineralogický výzkum byl zaměřen na vzorky chudší arsenopyritem, ve kterých bylo možné makroskopicky předpokládat přítomnost minerálů tetraedritové řady, případně další vzácnější mineralizace. V tomto směru byly výsledky výzkumu překvapující především zjištěním řady sulfidů obsahujících Bi, z nichž některé nebyly dosud v tomto regionu zjištěny.

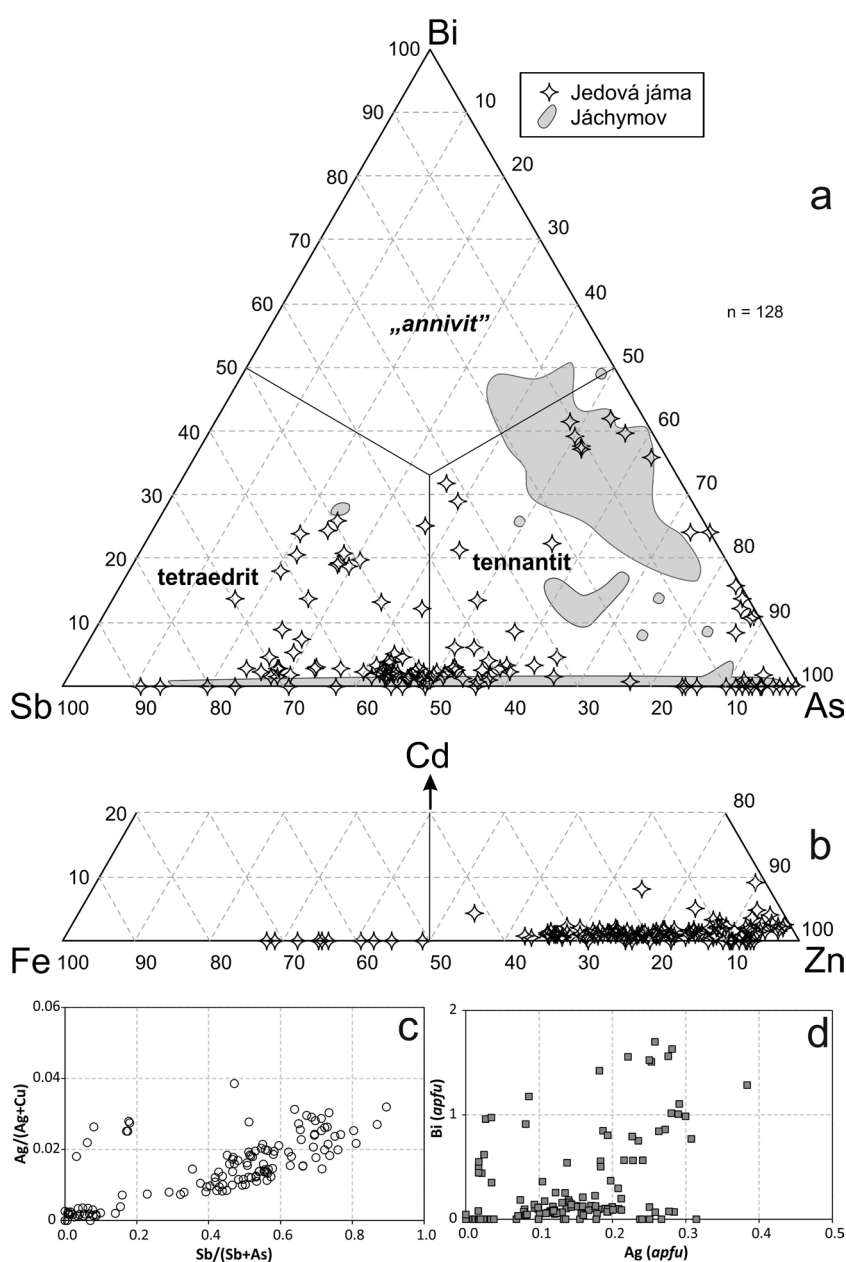
Naprostě dominujícím rudním minerálem žiloviny je **arsenopyrit**, který v nábrusech tvoří většinou až několik mm velká zrna a až 1 mm velké automorfni krystaly kosočtverečného průřezu zarůstající do křemenné žiloviny (obr. 8, 9, 10). Srůstá se zrna rutilu (obr. 8, 11), fluoritu (obr. 10), chalkopyritu a tetraedritu. Některé krystaly jsou zonální a korodované. V jedné jeho drobné korozní dutině byl zjištěn tennantit-(Zn) a tetraedrit-tennantit-(Zn) (obr. 12) a fluorit (obr. 9). Jde o nejstarší sulfid studované asociace. Chemické složení arsenopyritu odpovídá ideálnímu vzorci tohoto minerálu. Nebyly v něm zjištěny žádné příměsi. Průměrný (osm bodových analýz) empirický vzorec arsenopyritu je možno na bázi 3 *apfu* vyjádřit jako $\text{Fe}_{0.99}\text{As}_{1.02}\text{S}_{0.99}$.

V podstatně menším množství byl v rudnině zastížen **chalkopyrit**. Tvoří až 1 mm velká nepravidelná členitá zrna s xenomorfním a hypautomorfním omezením, která se vyskytují samostatně v křemenné žilovině, narůstají na arsenopyritové krystaly či zarůstají do tennantitu. Srůstají též s tetraedritem a matilditem (obr. 13, 14) či florencitem-(Ce) (obr. 15). V BSE obraze je chalkopyrit nezonální. Při studiu jeho chemického složení byla vedle Cu, Fe a S zjištěna pouze minoritní příměs Pb (0.001 *apfu*). Průměrný (pět bodových analýz) empirický vzorec chalkopyritu z Jedové

jámy je možno na bázi 4 *apfu* vyjádřit jako $\text{Cu}_{0.99}\text{Fe}_{0.98}\text{S}_{2.02}$.

V míře ještě menší byla v nábrusech zastížena nepravidelná xenomorfní zrna **sfaleritu**. Jsou maximálně 70 μm velká, srůstají s tennantitem či tetraedritem při okraji jejich zrn (obr. 16). V BSE obraze jsou nezonální. Při studiu chemického složení sfaleritu (tab. 1) byla vedle Zn a S zjištěna pouze minoritní příměs Fe (0.002 - 0.008 *apfu*), Cu (0.001 - 0.024 *apfu*) a Cd (0.005 - 0.006 *apfu*). Průměrný (čtyři bodové analýzy) empirický vzorec sfaleritu z Jedové jámy je možno na bázi 2 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Zn}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{Cu}_{0.01}\text{Cd}_{0.01})_{\Sigma 1.02}\text{S}_{1.02}$.

Velmi vzácně se v nábrusech uplatňuje **galenit**, tvořící ojedinělá, velmi malá, xenomorfně omezená nezonální zrna o rozměrech do 10 μm zarůstající do tennantitu-(Zn) či tetraedritu-(Zn) s malým či nulovým obsahem Bi (obr. 17). Vedle Pb a S obsahuje galenit nízké koncentrace Ag (0.007 - 0.040 *apfu*), Fe (0.004 - 0.033 *apfu*), Cu (0.002 -



Obr. 18 Variabilita v chemismu minerálů tetraedritové skupiny z Jedové jámy. a - diagram Sb - As - Bi, srovnávací data pro jáchymovský revír jsou z práce Velebila a Sejkory (2018); b - diagram Fe - Zn - Cd; c - diagram Ag/(Ag+Cu) vs. Sb/(Sb+As); d - diagram Ag - Bi.

0.019 apfu), Bi (0.008 - 0.049 apfu) a Se (0 - 0.004 apfu) (tab. 1).

Poměrně často jsou v nábrusech zastoupeny minerály **tetraeditrové skupiny**. V některých nábrusech jsou hlavními sulfidickými minerály. Podle BSE snímků jsou minerály této skupiny chemicky zonální. Zonalita je vyvolána především změnami poměru Sb/As, Bi/Sb, respektive Bi/As a v menší míře Zn/Fe. Zjištěny tu byly většinou tetraeditry-(Zn) a tennantity-(Zn), v menším množství pak tetraeditry-(Zn), tennantity-(Zn) a -(Fe) se zvýšenými až vysokými obsahy Bi. Celkem bylo pořízeno 128 analýz minerálů tetraeditrové skupiny. Po jejich vynesení do diagramu Sb - As - Bi (obr. 18a) je zřejmé, že jich většina odpovídá Bi chudým přechodným členům tetraeditrového

a tennantitového chemismu. Bi bohaté fáze se uplatňují v malém množství jak u tetraeditrů, tak u tennantitů. Několik Bi bohatých tennantitů se blíží hranici pole Bi analogu tetraeditru (tzv. *annivitu*), ale oproti vzorkům z Jáchymova (Velebil, Sejkora 2018) ji nepřekračují. Z diagramu Fe - Zn - Cd (obr. 18b) vyplývá, že naprostá většina tetraeditrů/tennantitů spadá mezi zinečnaté členy s poměrně nízkým obsahem Fe. Z diagramu závislosti Ag/(Ag+Cu) vs. Sb/(Sb+As) (obr. 18c) lze usuzovat na přímou úměru mezi obsahy Ag a Sb. Naproti tomu zřetelná závislost mezi obsahy Ag a Bi nebyla zjištěna (obr. 18d).

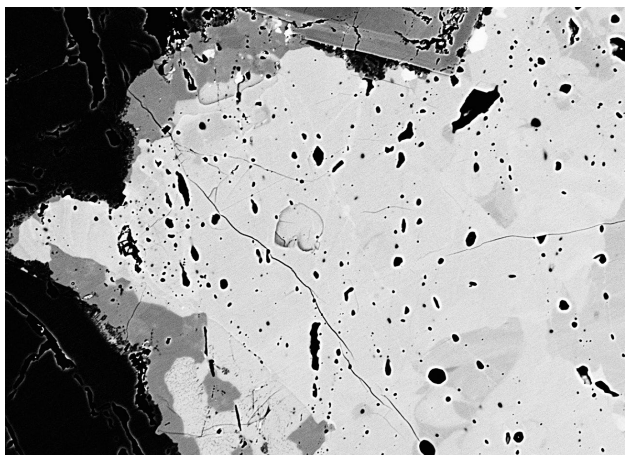
Reprezentativní příklady chemického složení jednotlivých druhů, respektive variet minerálů tetraeditrové skupiny jsou představeny v tabulkách 2 až 4.

Tabulka 3 Chemické složení tennantitu-(Zn) a fází na přechodu tennantit-(Zn)-tetraedit-(Zn) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ 16 atomů kovů a metaloidů na vzorcovou jednotku.

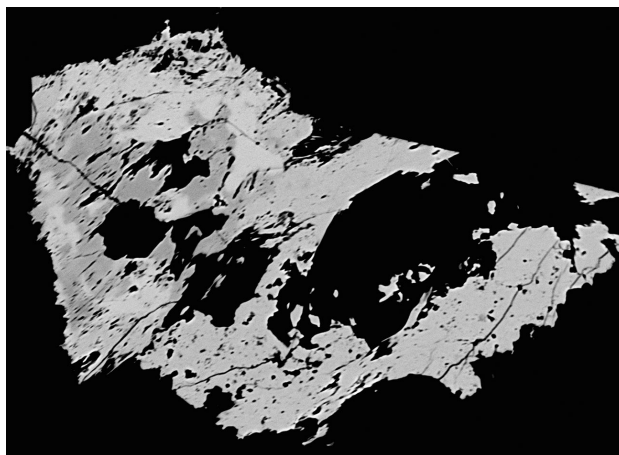
| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|----------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Minerál | tennantit-(Zn) | tennantit-(Zn) až tetraedit-(Zn) | | | | | | | | | | | | |
| Ag | 0.19 | 0.17 | 0.13 | 0.21 | 0.12 | 0.09 | 0.49 | 0.76 | 0.54 | 0.54 | 0.77 | 0.93 | 0.91 | 0.94 |
| Cu | 40.93 | 41.47 | 41.05 | 41.29 | 41.09 | 40.83 | 40.00 | 38.55 | 39.72 | 39.13 | 38.58 | 37.81 | 38.13 | 37.79 |
| Fe | 0.87 | 1.85 | 0.15 | 1.31 | 0.29 | 0.04 | 1.65 | 1.78 | 2.25 | 2.24 | 1.62 | 1.59 | 1.84 | 1.57 |
| Zn | 7.17 | 6.22 | 8.00 | 6.63 | 7.94 | 7.99 | 6.27 | 5.61 | 5.23 | 5.09 | 5.77 | 5.72 | 5.68 | 5.71 |
| Cd | 0.22 | 0.20 | 0.24 | 0.12 | 0.21 | 0.39 | 0.09 | 0.20 | 0.20 | 0.17 | 0.17 | 0.29 | 0.16 | 0.26 |
| As | 18.65 | 19.88 | 18.93 | 18.78 | 18.61 | 18.45 | 18.31 | 9.73 | 12.99 | 11.53 | 9.58 | 8.13 | 8.34 | 8.02 |
| Bi | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.34 | 0.95 | 1.25 | 1.02 | 2.06 | 1.33 | 1.49 |
| Sb | 3.03 | 0.50 | 2.24 | 2.56 | 2.84 | 2.86 | 5.64 | 14.76 | 10.48 | 12.10 | 15.36 | 16.56 | 16.82 | 17.01 |
| S | 27.86 | 28.42 | 27.97 | 27.89 | 27.87 | 27.71 | 27.67 | 26.06 | 26.79 | 26.40 | 26.06 | 25.61 | 25.83 | 25.78 |
| Total | 98.92 | 98.71 | 98.71 | 98.79 | 98.97 | 98.36 | 100.12 | 98.79 | 99.15 | 98.45 | 98.93 | 98.70 | 99.05 | 98.57 |
| Ag | 0.027 | 0.023 | 0.018 | 0.029 | 0.017 | 0.012 | 0.069 | 0.113 | 0.079 | 0.080 | 0.115 | 0.141 | 0.136 | 0.143 |
| Cu | 9.842 | 9.910 | 9.886 | 9.907 | 9.872 | 9.889 | 9.584 | 9.797 | 9.843 | 9.856 | 9.792 | 9.753 | 9.740 | 9.759 |
| Fe | 0.238 | 0.503 | 0.041 | 0.358 | 0.079 | 0.011 | 0.449 | 0.515 | 0.635 | 0.642 | 0.468 | 0.467 | 0.534 | 0.461 |
| Zn | 1.676 | 1.446 | 1.873 | 1.546 | 1.855 | 1.881 | 1.460 | 1.387 | 1.260 | 1.247 | 1.424 | 1.426 | 1.411 | 1.434 |
| Cd | 0.031 | 0.027 | 0.032 | 0.017 | 0.029 | 0.054 | 0.012 | 0.029 | 0.028 | 0.024 | 0.024 | 0.043 | 0.024 | 0.038 |
| As | 3.803 | 4.029 | 3.867 | 3.822 | 3.792 | 3.791 | 3.721 | 2.098 | 2.730 | 2.463 | 2.063 | 1.778 | 1.807 | 1.756 |
| Bi | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.103 | 0.071 | 0.096 | 0.079 | 0.162 | 0.104 | 0.117 |
| Sb | 0.380 | 0.062 | 0.282 | 0.320 | 0.356 | 0.362 | 0.705 | 1.957 | 1.354 | 1.591 | 2.035 | 2.229 | 2.243 | 2.292 |
| S | 13.278 | 13.461 | 13.349 | 13.261 | 13.270 | 13.379 | 13.139 | 13.127 | 13.156 | 13.178 | 13.110 | 13.091 | 13.077 | 13.194 |

Tabulka 4 Chemické složení Bi bohatého tennantitu-(Zn) a tennantitu-(Fe) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ 16 atomů kovů a metaloidů na vzorcovou jednotku.

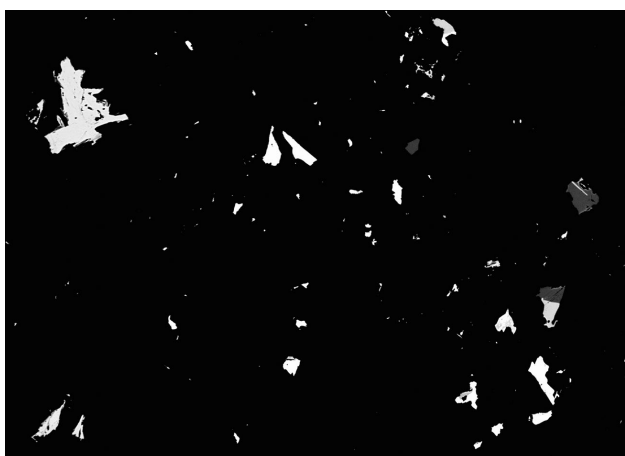
| An. č. | Mean | 1 | 2 | 3 | Mean | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------|--------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Minerál | Bi-bohatý tennantit-(Zn) | tennantit-(Fe) | | | | | | | |
| Ag | 1.36 | 1.57 | 1.37 | 1.15 | 0.16 | 0.23 | 0.18 | 0.12 | 0.12 |
| Cu | 35.54 | 33.71 | 36.04 | 36.87 | 41.09 | 40.09 | 40.52 | 41.69 | 42.07 |
| Fe | 0.67 | 1.17 | 0.09 | 0.74 | 3.59 | 3.29 | 3.98 | 3.44 | 3.65 |
| Zn | 6.27 | 5.91 | 6.67 | 6.23 | 2.52 | 2.59 | 2.17 | 2.93 | 2.38 |
| Cd | 1.00 | 1.12 | 1.20 | 0.67 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| As | 9.71 | 8.94 | 9.47 | 10.71 | 15.18 | 13.41 | 13.84 | 16.22 | 17.23 |
| Bi | 18.61 | 19.79 | 18.65 | 17.40 | 9.53 | 12.44 | 12.39 | 7.32 | 5.98 |
| Sb | 0.95 | 1.27 | 1.02 | 0.57 | 0.37 | 0.83 | 0.02 | 0.27 | 0.37 |
| S | 24.16 | 23.27 | 24.48 | 24.74 | 26.64 | 26.17 | 26.17 | 26.95 | 27.27 |
| Total | 98.27 | 96.73 | 98.99 | 99.08 | 99.11 | 99.06 | 99.30 | 98.96 | 99.10 |
| Ag | 0.221 | 0.259 | 0.221 | 0.183 | 0.024 | 0.036 | 0.027 | 0.017 | 0.017 |
| Cu | 9.775 | 9.529 | 9.883 | 9.914 | 10.319 | 10.334 | 10.312 | 10.317 | 10.315 |
| Fe | 0.210 | 0.377 | 0.028 | 0.226 | 1.031 | 0.965 | 1.169 | 0.969 | 1.019 |
| Zn | 1.677 | 1.624 | 1.778 | 1.628 | 0.613 | 0.644 | 0.537 | 0.704 | 0.567 |
| Cd | 0.156 | 0.180 | 0.186 | 0.103 | 0.004 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.005 |
| As | 2.263 | 2.143 | 2.203 | 2.442 | 3.227 | 2.932 | 2.987 | 3.404 | 3.584 |
| Bi | 1.559 | 1.701 | 1.554 | 1.423 | 0.733 | 0.975 | 0.959 | 0.550 | 0.446 |
| Sb | 0.137 | 0.187 | 0.144 | 0.080 | 0.037 | 0.062 | 0.003 | 0.034 | 0.047 |
| S | 13.176 | 13.036 | 13.306 | 13.185 | 13.259 | 13.369 | 13.200 | 13.216 | 13.252 |



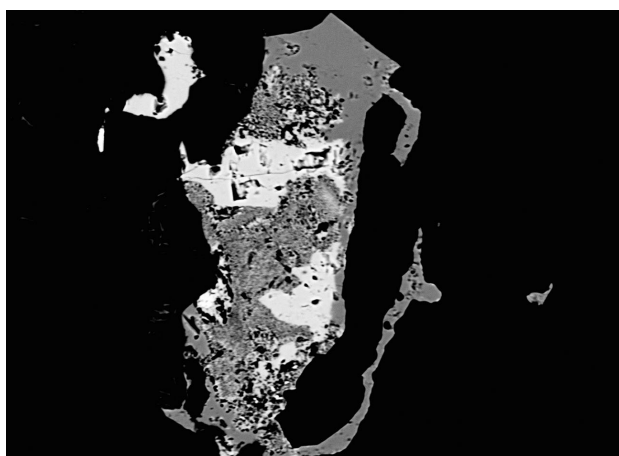
Obr. 19 Zonální velké zrno tennantit-tetraedritu bez Bi (hlavní hmota bělošedá s tmavšími izometrickými doménami bohatšími As), po obvodě lemované stanoiditem (tmavošedá) a kęsteritem (nepatrně tmavěji šedá než hlavní hmota tennantit-tetraedritu) na kontaktu se sfaleritem (černá) a automorfním arsenopyritem (šedá v horní části snímku); Jedová jáma; šířka záběru 420 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



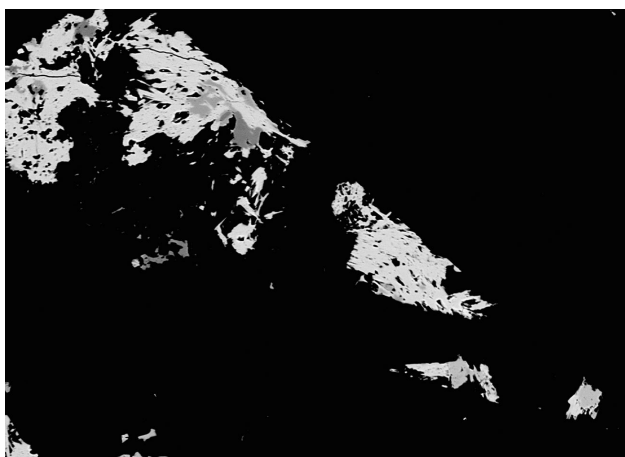
Obr. 22 Zrno bismutinitu (světle šedý) obrůstající tmavěji šedý hammarit; Jedová jáma; šířka záběru 300 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



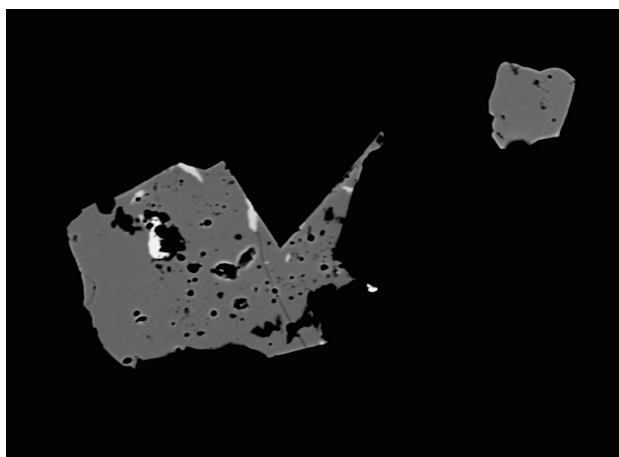
Obr. 20 Srůst jehličkovitých krystalů bismutinitu (bělošedé), zrna ryzího bismutu (bílá), wittichenitu (tmavě šedé) a aikinitu (středně šedá); Jedová jáma; šířka záběru 700 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 23 Wittichenit (tmavošedý) srůstající s emplektitem (světle šedý); Jedová jáma; šířka záběru 340 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 21 Jehličkovité agregáty bismutinitu (světle šedý) se zrnem matilditu (tmavěji šedý) a zrna aikinitu (středně šedý); Jedová jáma; šířka záběru 490 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 24 Zrno wittichenitu (tmavošedý) s inkluzemi bohdanowitzitu (bělošedý); Jedová jáma; šířka záběru 240 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

Převládajícím tetraedritem v nábrusech je **tetraedrit** (-Zn) s nižšími až středně vysokými obsahy Bi, který tvoří až 1 mm velká, xenomorfně omezená zrna, která někdy srůstají s tetraedritem s vysokým podílem Bi. Ně-

dy srůstá s matilditem (obr. 14). Při studiu chemického složení tetraedritu(-Zn) (tab. 2) bylo zjištěno, že jeho složení značně kolísá. V BSE obraze mají zrna tetraedritu v některých případech zonální stavbu. Vedle Cu a Sb byly

Tabulka 5 Chemické složení bismutinitu (Bmt) a emplektitu (Emp) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ pěti (bismutinit), respektive čtyř (emplektit) atomů na vzorcovou jednotku.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Minerál | Bmt | Bmt | Bmt | Bmt | Bmt | Bmt | Bmt | Emp | Emp | Emp | Emp | Emp | Emp | Emp |
| Pb | 1.06 | 1.61 | 0.19 | 0.12 | 1.87 | 2.25 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cu | 0.32 | 0.47 | 0.08 | 0.03 | 0.57 | 0.71 | 0.08 | 18.98 | 18.92 | 18.74 | 20.28 | 19.06 | 18.62 | 18.59 |
| Sb | 0.14 | 0.07 | 0.11 | 0.18 | 0.14 | 0.19 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Bi | 78.65 | 77.85 | 79.43 | 79.68 | 78.03 | 77.51 | 79.41 | 61.41 | 61.00 | 61.70 | 61.54 | 60.75 | 61.54 | 61.20 |
| S | 19.04 | 18.93 | 18.84 | 19.13 | 19.11 | 19.20 | 19.00 | 19.48 | 19.33 | 19.29 | 19.49 | 19.58 | 19.27 | 19.25 |
| Se | 0.08 | 0.21 | 0.12 | 0.00 | 0.11 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 99.29 | 99.14 | 98.77 | 99.14 | 99.83 | 99.87 | 98.99 | 99.87 | 99.25 | 99.73 | 101.31 | 99.39 | 99.43 | 99.05 |
| Pb | 0.026 | 0.040 | 0.005 | 0.003 | 0.046 | 0.055 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cu | 0.026 | 0.038 | 0.006 | 0.002 | 0.045 | 0.056 | 0.006 | 0.996 | 0.999 | 0.990 | 1.045 | 0.999 | 0.986 | 0.987 |
| Sb | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Bi | 1.915 | 1.898 | 1.955 | 1.944 | 1.886 | 1.867 | 1.944 | 0.979 | 0.979 | 0.991 | 0.969 | 0.968 | 0.991 | 0.988 |
| S | 3.022 | 3.008 | 3.021 | 3.042 | 3.010 | 3.014 | 3.032 | 2.025 | 2.022 | 2.019 | 1.991 | 2.033 | 2.023 | 2.025 |
| Se | 0.005 | 0.014 | 0.008 | 0.000 | 0.007 | 0.001 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Tabulka 6 Chemické složení matilditu (Mat) a aikinitu (Aik) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ čtyř (matildit), respektive šesti (aikinit) atomů na vzorcovou jednotku.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Minerál | Mat | Mat | Mat | Mat | Mat | Mat | Mat | Aik | Aik | Aik | Aik | Aik | Aik | Aik |
| Ag | 27.52 | 27.45 | 27.17 | 27.06 | 27.62 | 27.96 | 27.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cu | 0.71 | 1.61 | 1.09 | 0.28 | 0.59 | 0.82 | 0.25 | 11.15 | 10.86 | 10.62 | 10.58 | 11.78 | 11.70 | 11.36 |
| Pb | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 34.73 | 34.86 | 34.36 | 35.47 | 34.51 | 34.50 | 34.37 |
| Fe | 0.26 | 0.69 | 0.38 | 0.00 | 0.27 | 0.36 | 0.04 | 0.34 | 0.45 | 0.45 | 0.84 | 0.00 | 0.02 | 0.01 |
| Bi | 52.04 | 51.66 | 52.01 | 52.21 | 51.92 | 52.92 | 52.34 | 38.31 | 38.23 | 38.55 | 37.72 | 37.95 | 38.15 | 38.66 |
| S | 16.85 | 16.96 | 16.76 | 16.64 | 16.71 | 16.97 | 16.97 | 17.10 | 17.11 | 16.96 | 16.94 | 17.13 | 17.21 | 17.12 |
| Total | 97.38 | 98.37 | 97.41 | 96.19 | 97.11 | 98.03 | 97.38 | 101.63 | 101.51 | 100.94 | 101.55 | 101.37 | 101.58 | 101.52 |
| Ag | 0.976 | 0.953 | 0.962 | 0.980 | 0.985 | 0.982 | 0.989 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cu | 0.043 | 0.095 | 0.065 | 0.017 | 0.036 | 0.049 | 0.015 | 0.988 | 0.964 | 0.951 | 0.941 | 1.042 | 1.032 | 1.008 |
| Pb | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.944 | 0.949 | 0.944 | 0.968 | 0.936 | 0.933 | 0.936 |
| Fe | 0.018 | 0.046 | 0.026 | 0.000 | 0.019 | 0.024 | 0.003 | 0.034 | 0.045 | 0.046 | 0.085 | 0.000 | 0.002 | 0.001 |
| Bi | 0.953 | 0.926 | 0.950 | 0.976 | 0.956 | 0.941 | 0.952 | 1.032 | 1.032 | 1.050 | 1.020 | 1.020 | 1.023 | 1.043 |
| S | 2.011 | 1.980 | 1.996 | 2.027 | 2.005 | 2.004 | 2.030 | 3.002 | 3.010 | 3.010 | 2.986 | 3.002 | 3.009 | 3.012 |

Tabulka 7 Chemické složení hammaritu (Ham) a bohdanowitzitu (Boh) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základ 17 (hammarit), respektive čtyř (bohdanowitzit) atomů na vzorcovou jednotku.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | mean | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Minerál | Ham | Ham | Ham | Ham | Ham | Boh | Boh | Boh | Boh | Boh | Boh | Boh |
| Ag | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 22.25 | 22.41 | 22.71 | 20.89 | 21.91 | 22.70 | 22.88 |
| Cu | 7.69 | 7.87 | 8.21 | 7.01 | 7.49 | 2.33 | 3.12 | 2.05 | 2.68 | 1.72 | 1.79 | 2.64 |
| Zn | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.22 | 0.27 | 0.38 | 0.04 | 0.06 | 0.35 |
| Pb | 26.18 | 28.75 | 27.23 | 23.85 | 24.89 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Bi | 48.66 | 45.32 | 47.32 | 51.96 | 50.04 | 44.24 | 43.93 | 44.74 | 42.58 | 45.88 | 43.71 | 44.58 |
| S | 17.40 | 17.02 | 17.55 | 17.59 | 17.42 | 1.42 | 1.30 | 1.59 | 2.16 | 1.39 | 1.22 | 0.86 |
| Se | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 30.67 | 31.82 | 30.10 | 28.76 | 30.39 | 31.47 | 31.50 |
| Total | 99.89 | 98.96 | 100.31 | 100.40 | 99.84 | 101.13 | 102.80 | 101.46 | 97.45 | 101.33 | 100.95 | 102.81 |
| Ag | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.936 | 0.909 | 0.949 | 0.883 | 0.925 | 0.951 | 0.945 |
| Cu | 2.002 | 2.084 | 2.123 | 1.884 | 1.963 | 0.135 | 0.215 | 0.145 | 0.192 | 0.123 | 0.127 | 0.185 |
| Zn | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.015 | 0.015 | 0.019 | 0.029 | 0.003 | 0.004 | 0.024 |
| Pb | 2.101 | 2.335 | 2.160 | 1.914 | 2.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Bi | 3.872 | 3.649 | 3.721 | 4.133 | 3.988 | 0.951 | 0.920 | 0.960 | 0.929 | 0.999 | 0.945 | 0.950 |
| S | 9.024 | 8.932 | 8.995 | 9.120 | 9.048 | 0.199 | 0.177 | 0.222 | 0.307 | 0.197 | 0.172 | 0.119 |
| Se | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.744 | 1.764 | 1.710 | 1.661 | 1.752 | 1.801 | 1.777 |

zjištěny vysoké obsahy Zn (1.560 - 1.816 *apfu*), méně je As (0.667 - 1.187 *apfu*), Bi (0.120 - 0.771 *apfu*) a menší příměsi Ag (0.153 - 0.308 *apfu*) a Fe (0.140 - 0.359 *apfu*). Průměrný (sedm bodových analýz) empirický vzorec tohoto tetraedritu-(Zn) z Jedové jámy je možno na bázi 16 atomů kovů a metaloidů vyjádřit jako $(\text{Cu}_{3.91}\text{Zn}_{1.73}\text{Fe}_{0.24})_{\Sigma 5.88}(\text{Sb}_{2.62}\text{As}_{1.07}\text{Bi}_{0.42})_{\Sigma 4.11}\text{S}_{13.12}$.

Některá zrna tetraedritu-(Zn) jsou vroubena či pronikána až 50 μm silnými lemy, respektive žilkami **Bi bohatého tetraedritu-(Zn)** (tab. 2), jinde tvoří samostatná zrna zarůstající do křemenné či fluoritové žiloviny. Jeho partie bývají v BSE obraze výrazně zonální (od centra k okraji vzrůstá obsah Bi). Vedle Cu a Sb byly zjištěny vysoké obsahy Zn (1.729 - 1.776 *apfu*), As (0.825 - 1.121 *apfu*) a Bi (0.794 - 1.108 *apfu*) a menší příměsi Ag (0.215 - 0.302 *apfu*), Fe (0.127 - 0.204 *apfu*) a In (0.007 - 0.023 *apfu*). Průměrný (šest bodových analýz) empirický vzorec tohoto Bi bohatého tetraedritu-(Zn) z Jedové jámy je

možno na bázi 16 atomů kovů a metaloidů vyjádřit jako $(\text{Cu}_{5.73}\text{Ag}_{0.27})_{\Sigma 6.00}(\text{Cu}_{3.94}\text{Zn}_{1.75}\text{Fe}_{0.19}\text{In}_{0.02})_{\Sigma 5.90}(\text{Sb}_{2.19}\text{As}_{0.99}\text{Bi}_{0.93})_{\Sigma 4.11}\text{S}_{13.43}$. Obdobně Bi bohaté tetraedrity-(Zn) byly zjištěny v Jáchymově (Velebil, Sejkora 2018).

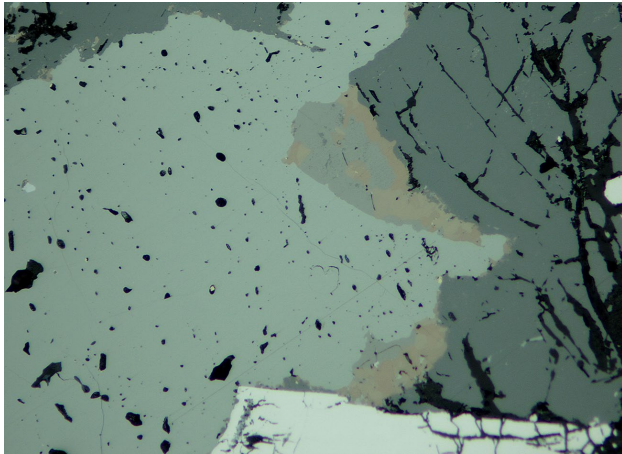
S tetraedritem-(Zn), případně s Bi bohatým tetraedritem-(Zn), srůstá **tennantit-(Zn)**, který tvoří až 0.1 mm velká nepravidelná zrna. Tennantit-(Zn) (tab. 3) charakterizuje vysoký obsah Zn (1.455 - 1.885 *apfu*), absence Bi, poměrně nízké, kolísavé obsahy Sb (0.062 - 0.705 *apfu*) a Fe (0.011 - 0.503 *apfu*). Vedle toho jsou v tomto tennantitu přítomny malé příměsi Ag (0.011 - 0.069 *apfu*) a Cd (0.012 - 0.054 *apfu*). Průměrný (osm bodových analýz) empirický vzorec tohoto tennantitu-(Zn) z Jedové jámy je možno na bázi 16 atomů kovů a metaloidů vyjádřit jako $(\text{Cu}_{5.97}\text{Ag}_{0.03})_{\Sigma 6.00}(\text{Cu}_{3.87}\text{Zn}_{1.68}\text{Fe}_{0.24}\text{Cd}_{0.03})_{\Sigma 5.82}(\text{As}_{3.80}\text{Sb}_{0.38})_{\Sigma 4.18}\text{S}_{13.28}$. Značnou část tetraedritových zrn studovaných nábrusů tvoří tetraedrity se složením na rozhraní tetraedritu-(Zn) a tennantitu-(Zn) (tab. 3). Tvoří až 1 mm

Tabulka 8 Chemické složení wittichenitu (*Wit*) a bourmonitu (*Bnn*) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na základ sedmi (*wittichenit*), respektive šesti (*bourmonit*) atomů na vzorcovou jednotku.

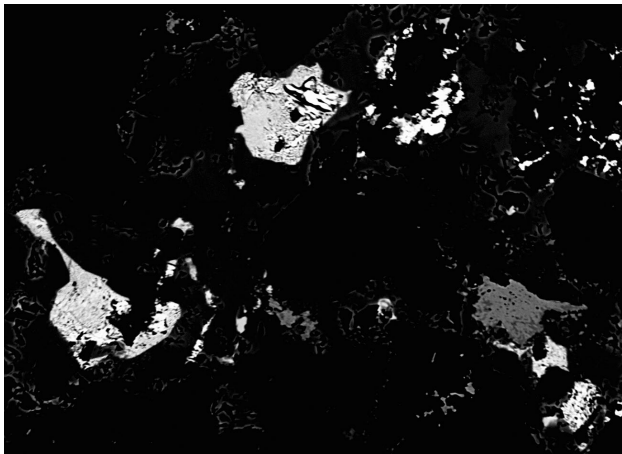
| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Minerál | Wit | Wit | Wit | Wit | Wit | Wit | Wit | Bnn | Bnn | Bnn | Bnn | Bnn | Bnn | Bnn |
| Ag | 0.42 | 0.42 | 0.37 | 0.48 | 0.57 | 0.41 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cu | 36.83 | 37.30 | 36.45 | 37.07 | 37.58 | 37.65 | 36.64 | 12.60 | 12.66 | 12.61 | 12.44 | 12.73 | 12.58 | 12.60 |
| Zn | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.19 | 0.83 | 1.03 | 1.06 | 0.78 | 1.83 | 1.60 |
| Pb | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 41.83 | 41.73 | 41.64 | 40.87 | 42.03 | 42.48 | 42.24 |
| Sb | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 19.69 | 20.37 | 20.69 | 19.72 | 19.78 | 19.08 | 18.51 |
| As | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.92 | 3.62 | 3.27 | 3.65 | 3.85 | 4.42 | 4.71 |
| Bi | 41.49 | 40.77 | 43.00 | 40.76 | 41.13 | 41.09 | 43.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| S | 19.27 | 19.49 | 18.95 | 19.34 | 19.63 | 19.34 | 19.17 | 20.27 | 20.40 | 20.36 | 19.91 | 20.14 | 20.41 | 20.41 |
| Se | 0.12 | 0.15 | 0.08 | 0.16 | 0.12 | 0.17 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 98.13 | 98.13 | 98.85 | 97.81 | 99.03 | 98.66 | 99.83 | 99.50 | 99.61 | 99.60 | 97.65 | 99.31 | 100.81 | 100.13 |
| Ag | 0.020 | 0.020 | 0.017 | 0.022 | 0.026 | 0.019 | 0.015 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cu | 2.930 | 2.944 | 2.921 | 2.942 | 2.942 | 2.966 | 2.910 | 0.941 | 0.945 | 0.942 | 0.947 | 0.956 | 0.926 | 0.931 |
| Zn | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.086 | 0.060 | 0.075 | 0.078 | 0.057 | 0.131 | 0.115 |
| Pb | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.958 | 0.955 | 0.954 | 0.954 | 0.968 | 0.959 | 0.957 |
| Sb | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.767 | 0.767 | 0.807 | 0.783 | 0.775 | 0.733 | 0.713 |
| As | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.248 | 0.229 | 0.207 | 0.236 | 0.245 | 0.276 | 0.295 |
| Bi | 1.004 | 0.978 | 1.048 | 0.984 | 0.979 | 0.984 | 1.054 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| S | 3.039 | 3.049 | 3.009 | 3.042 | 3.045 | 3.020 | 3.017 | 2.999 | 3.017 | 3.015 | 3.003 | 2.998 | 2.976 | 2.987 |
| Se | 0.008 | 0.010 | 0.005 | 0.010 | 0.008 | 0.011 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Tabulka 9 Chemické složení kęsteritu (*Kes*) a stanoiditu (*Std*) z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na základ čtyř (*kęsterit*), respektive 12 (*stanoidit*) atomů S.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Minerál | Kes | Kes | Kes | Kes | Kes | Kes | Kes | Std | Std | Std | Std | Std | Std | Std |
| Cu | 28.14 | 28.11 | 28.80 | 28.78 | 29.15 | 28.49 | 28.64 | 37.11 | 37.14 | 37.16 | 37.34 | 37.03 | 36.98 | 37.35 |
| Cd | 0.22 | 0.23 | 0.21 | 0.27 | 0.19 | 0.20 | 0.22 | 0.08 | 0.19 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.10 |
| In | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Zn | 13.26 | 14.00 | 12.16 | 12.06 | 11.77 | 11.93 | 11.87 | 4.53 | 5.01 | 4.47 | 4.25 | 4.58 | 4.38 | 4.57 |
| Fe | 1.94 | 1.73 | 1.68 | 2.10 | 2.22 | 1.91 | 2.05 | 8.59 | 8.49 | 8.67 | 8.99 | 8.50 | 8.37 | 8.37 |
| Sn | 26.41 | 26.50 | 26.11 | 27.21 | 27.13 | 27.40 | 27.54 | 18.99 | 19.31 | 19.12 | 19.05 | 18.66 | 18.39 | 19.03 |
| S | 28.86 | 29.19 | 29.34 | 26.91 | 29.18 | 29.00 | 28.91 | 29.21 | 29.23 | 29.09 | 29.22 | 29.15 | 29.20 | 29.39 |
| Total | 98.96 | 99.88 | 98.42 | 97.44 | 99.79 | 99.06 | 99.35 | 98.51 | 99.37 | 98.56 | 98.91 | 97.92 | 97.39 | 98.81 |
| Cu | 2.018 | 1.944 | 1.981 | 2.158 | 2.019 | 1.983 | 2.018 | 7.692 | 7.693 | 7.734 | 7.738 | 7.692 | 7.668 | 7.695 |
| Cd | 0.009 | 0.010 | 0.008 | 0.011 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.009 | 0.022 | 0.005 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.012 |
| In | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.008 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Zn | 0.901 | 0.941 | 0.813 | 0.879 | 0.792 | 0.807 | 0.806 | 0.913 | 0.895 | 0.905 | 0.856 | 0.925 | 0.883 | 0.915 |
| Fe | 0.154 | 0.136 | 0.132 | 0.179 | 0.175 | 0.151 | 0.163 | 2.026 | 2.001 | 2.053 | 2.120 | 2.009 | 1.975 | 1.962 |
| Sn | 0.989 | 0.981 | 0.962 | 1.092 | 1.006 | 1.026 | 1.029 | 2.107 | 2.142 | 2.131 | 2.113 | 2.075 | 2.041 | 2.098 |
| S | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |



Obr. 25 Srůsty stanoiditu (hnědý se zřetelným dvojodrazem) a kěsteritu (tmavě šedý) při hranici minerálů z tetradritové skupiny (světle šedý) a sfaleritu (nejtmavší šedý). Bílý - arsenopyrit. Šířka záběru 0.9 mm. Nábrus, odražené světlo, foto Z. Dolníček.



Obr. 26 Dvě zrna nepojmenovaného Bi-Cu-Fe sulfidu (šedá) s ryzím bismutem (světle šedá) a kasiteritem (tmavošedá); Jedová jáma; šířka záběru 350 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

Tabulka 10 Chemické složení nepojmenovaného nového Bi-Cu-Fe sulfidu z Jedové jámy. Obsahy v hm. %, hodnoty apfu jsou vypočítány na základě šesti atomů na vzorcovou jednotku.

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ag | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.10 | 0.04 |
| Cu | 21.89 | 21.54 | 21.83 | 21.60 | 21.65 | 21.60 | 22.43 |
| Fe | 6.44 | 6.24 | 6.57 | 6.12 | 6.32 | 6.02 | 7.03 |
| Bi | 46.58 | 46.69 | 46.48 | 47.12 | 46.33 | 47.32 | 45.83 |
| Sb | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.22 | 0.35 | 0.36 | 0.17 |
| S | 22.53 | 22.38 | 22.60 | 22.38 | 22.54 | 22.27 | 22.73 |
| Se | 0.26 | 0.33 | 0.36 | 0.39 | 0.38 | 0.37 | 0.00 |
| Total | 98.03 | 97.51 | 98.14 | 97.95 | 97.71 | 98.04 | 98.23 |
| Ag | 0.004 | 0.005 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.004 | 0.002 |
| Cu | 1.485 | 1.475 | 1.477 | 1.477 | 1.473 | 1.481 | 1.503 |
| Fe | 0.497 | 0.486 | 0.506 | 0.476 | 0.489 | 0.470 | 0.534 |
| Bi | 0.961 | 0.972 | 0.956 | 0.980 | 0.959 | 0.986 | 0.934 |
| Sb | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.012 | 0.013 | 0.006 |
| S | 3.030 | 3.037 | 3.030 | 3.033 | 3.040 | 3.026 | 3.019 |
| Se | 0.014 | 0.018 | 0.020 | 0.021 | 0.021 | 0.020 | 0.000 |

velká nepravidelně omezená, někdy laločnatá výrazně zonální zrna (obr. 12, 16, 17, 19), která srůstají s tennantitem-(Zn), Bi bohatým tetradritem-(Zn) i tennantitem-(Zn), někdy i s arsenopyritem a kěsteritem. Poměry Sb/(Sb+As) se pohybují v rozsahu 0.33 - 0.57, průměr sedmi bodových stanovení je 0.48 (tedy mírně ve prospěch tennantitu). Tyto tetradrity charakterizuje poměrně vysoký obsah Zn (1.247 - 1.497 apfu), nižší zastoupení Fe (0.339 - 0.642 apfu) a nízké obsahy Bi (0.071 - 0.162 apfu), Ag (0.079 - 0.143 apfu) a Cd (0.024 - 0.043 apfu). Průměrný (sedm bodových analýz) empirický vzorec tohoto tetradrit/tennantitu z Jedové jámy je možno na bázi 16 atomů kovů a metaloidů vyjádřit jako $(\text{Cu}_{5.89}\text{Ag}_{0.11})_{\Sigma 6.00}(\text{Cu}_{3.91}\text{Zn}_{1.39}\text{Fe}_{0.52}\text{Cd}_{0.03})_{\Sigma 5.85}(\text{As}_{2.10}\text{Sb}_{1.96}\text{Bi}_{0.10})_{\Sigma 4.16}\text{S}_{13.13}$.

Poměrně malé zastoupení mezi studovanými minerály tetradritové skupiny mají **tennantit-(Zn) i -(Fe)** s vysokým obsahem Bi (tab. 4). Tvoří nepravidelná zrna o rozměrech do 100 μm , která jsou někdy obrůstaná tennantitem-(Zn) (bez přítomnosti Bi), či vytváří zonální srůsty s tetradrit-tennantity s malým obsahem Bi (do 2 %) (obr. 12). Maximální obsahy Bi byly zjištěny v tennantitu-(Zn) (tab. 8) (1.423 - 1.701 apfu), menší pak v tennantitu-(Fe) (0.446 - 0.975 apfu). Obdobně vysoké koncentrace Bi byly zjištěny i u tennantitu-(Zn) z Jáchymova (Veľbil, Sejkora 2018). Tennantit-(Fe) charakterizuje velmi nízký obsah tetradritové složky, obsahy Sb se pohybují v rozmezí 0.003 - 0.062 apfu. Tennantit-(Zn) obsahuje vedle toho i malou příměs Ag (0.183 - 0.259 apfu), Fe (0.228 - 0.377 apfu), Sb (0.080 - 0.187 apfu) a Cd (0.103 - 0.187 apfu). Průměrný (tři bodové analýzy) empirický vzorec tohoto tennantitu-(Zn) z Jedové jámy je možno na bázi 16 atomů kovů a metaloidů vyjádřit jako $(\text{Cu}_{5.78}\text{Ag}_{0.22})_{\Sigma 6.00}(\text{Cu}_{4.00}\text{Zn}_{1.68}\text{Fe}_{0.21}\text{Cd}_{0.16})_{\Sigma 6.05}(\text{As}_{2.26}\text{Bi}_{1.56}\text{Sb}_{0.14})_{\Sigma 3.96}\text{S}_{13.18}$. Oproti tomu tennantit-(Fe) z této asociace obsahuje jen nepatrné obsahy Ag (0.017 - 0.036 apfu) i Cd (0.003 - 0.005 apfu). Průměrný (čtyři bodové analýzy) empirický vzorec tohoto tennantitu-(Fe) z Jedové jámy je možno na bázi 16 atomů kovů a metaloidů vyjádřit jako $(\text{Cu}_{5.98}\text{Ag}_{0.02})_{\Sigma 6.00}(\text{Cu}_{4.34}\text{Fe}_{1.03}\text{Zn}_{0.61})_{\Sigma 5.98}(\text{As}_{3.23}\text{Bi}_{0.73}\text{Sb}_{0.04})_{\Sigma 4.00}\text{S}_{13.26}$.

Dalším Bi sulfidem, který se na lokalitě vyskytuje i v makroskopických ukázkách, je **bismutinit**. Tvoří v drobných dutinách až několik mm dlouhé, kovově šedé jehlicovité krystaly, v nábrusech je automorfně jehlicovitý (délka jehlic do 250 μm) (obr. 20) či tvoří nepravidelná zrna 100 - 150 μm velká. Vyskytuje se v žilovině samostatně či srůstá s emplektitem o rozměrech do 10 μm . V několika případech v jeho hmotě zarůstají až 20 μm velká zrna matilditu, aikinitu (obr. 21) či hammaritu (obr. 22). Při studiu jeho chemického složení (tab. 5) byly vedle Bi a S zjištěny minoritní příměsi Cu (0.002 - 0.056 apfu), Pb (0.003 - 0.055 apfu), Sb (0.003 - 0.008 apfu) a Se (0 - 0.014 apfu). Průměrný (šest bodových analýz) empirický vzorec bismutinitu z Jedové jámy je možno na bázi 5 apfu vyjádřit jako $(\text{Bi}_{1.91}\text{Cu}_{0.03}\text{Pb}_{0.02})_{\Sigma 1.96}(\text{S}_{3.02}\text{Se}_{0.01}\text{Sb}_{0.01})_{\Sigma 3.04}$.

Dalším Bi sulfidem, který lze ve vzorcích identifikovat i makroskopicky, je **emplektit**, tvořící až 4 mm dlouhé jehlicovité krystaly podobné bismutinitu. Většinou dosahují většího kovového lesku a nebývají navětralé. Identita makroskopických jehlic emplektitu byla potvrzena pomocí kvalitativní energiově-disperzní (EDS) analýzy. V nábrusu tvoří většinou xenomorfní laločnatá zrna do velikosti 0.4 mm, někdy srůstá s bismutinitem či wittichenitem (obr. 23). Plocha nábrusu zachytila i jeho srůsty s nepojmenovaným Bi-Cu-Fe sulfidem, který do něho též zarůstá a vytváří až 40 μm velká zrna. Při studiu chemického složení emplektitu (tab. 5) nebyly vedle Cu, Bi a S zjištěny žádné

příměsí. Průměrný (osm bodových analýz) empirický vzorec emplektitu z Jedové jámy je možno na bázi 4 *apfu* vyjádřit jako $\text{Cu}_{1.00}\text{Bi}_{0.98}\text{S}_{2.03}$.

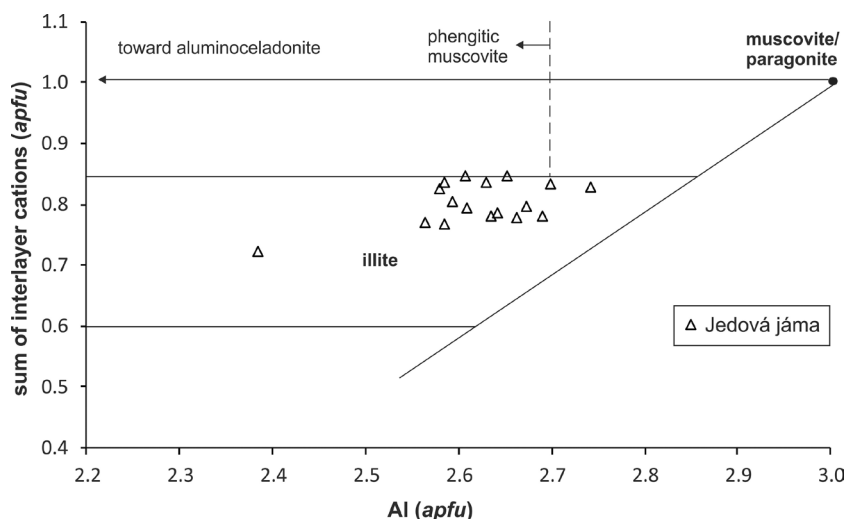
Na dvou nábrusech byla v křemenné žilovině zjištěna xenomorfní laločnatá, až 170 μm velká zrna **matilditu**, která srůstají s chalkopyritem (obr. 13), wittichenitem (obr. 23), tetraedritem-(Zn) či Bi bohatým tetraedritem-(Zn) (obr. 14). V BSE obraze je matildit nezonální. Při studiu jeho chemického složení (tab. 6) byly vedle Ag, Bi a S zjištěny pouze minoritní příměsí Cu (0.015 - 0.095 *apfu*)

a Fe (0 - 0.046 *apfu*). Průměrný (sedm bodových analýz) empirický vzorec matilditu z Jedové jámy je možno na bázi 4 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Ag}_{0.98}\text{Cu}_{0.04})_{\Sigma 1.02}(\text{Bi}_{0.95}\text{Fe}_{0.02})_{\Sigma 0.97}\text{S}_{2.01}$.

Poměrně řídkým minerálem je **aikinit** tvořící v křemenné žilovině xenomorfní zrna o rozměrech 25 - 80 μm . Jeho zrna bývají obrůstána lemem Bi bohatého tennantitu -(Zn) (obr. 17). Aikinit srůstá s tetraedrit-tennantitem-(Zn), bismutinitem (obr. 21) či wittichenitem (obr. 20). Aikinit je v ČR poměrně vzácným minerálem, zjištěn byl pouze na

Tabulka 11 Chemické složení illitu (Ill), minerálu z kaolinitové skupiny (Kao) a topazu (Top) z Jedové jámy (hm. %). Obsahy v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na základ 11 (illit), 14 (minerál z kaolinitové skupiny), respektive pěti (topaz) atomů kyslíku na vzorcovou jednotku. I - suma mezivrstevních kationtů.

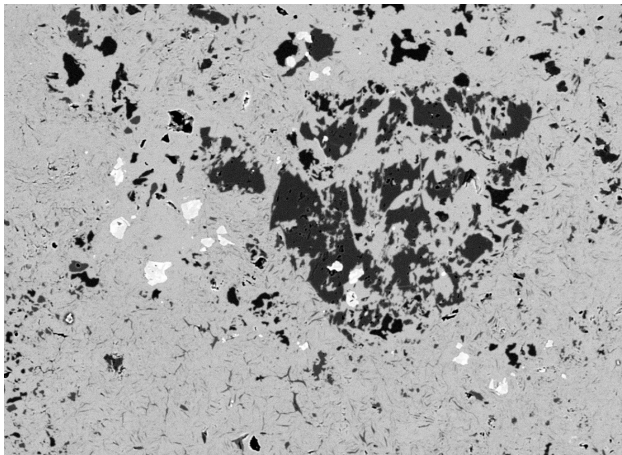
| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Minerál | Ill | Ill | Ill | Ill | Ill | Ill | Ill | Ill | Kao | Kao | Kao | Top | Top | Top |
| P ₂ O ₅ | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.00 | 0.70 | 0.09 | 0.30 |
| SiO ₂ | 48.88 | 49.50 | 47.97 | 48.29 | 50.64 | 50.38 | 49.50 | 49.04 | 46.83 | 46.09 | 46.86 | 32.42 | 32.67 | 33.38 |
| Al ₂ O ₃ | 34.53 | 34.48 | 34.43 | 35.26 | 33.58 | 33.91 | 33.07 | 34.12 | 38.89 | 37.91 | 38.93 | 54.65 | 55.81 | 55.42 |
| MgO | 0.63 | 0.79 | 0.38 | 0.40 | 1.12 | 0.85 | 0.79 | 0.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.16 |
| FeO | 0.72 | 0.84 | 1.26 | 0.74 | 0.16 | 0.27 | 0.74 | 0.59 | 0.07 | 0.63 | 0.14 | 0.07 | 0.00 | 0.00 |
| ZnO | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CaO | 0.10 | 0.09 | 0.26 | 0.18 | 0.00 | 0.13 | 0.19 | 0.11 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CuO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Na ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| K ₂ O | 9.15 | 9.21 | 9.42 | 9.66 | 9.21 | 9.40 | 9.48 | 9.59 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| H ₂ O | 4.10 | 4.16 | 4.19 | 4.25 | 4.00 | 4.14 | 4.02 | 4.06 | 13.74 | 13.51 | 13.88 | 1.48 | 1.19 | 1.76 |
| F | 0.91 | 0.85 | 0.67 | 0.62 | 1.24 | 0.96 | 1.04 | 1.02 | 0.39 | 0.41 | 0.14 | 17.54 | 18.27 | 17.22 |
| O=F | -0.38 | -0.36 | -0.28 | -0.26 | -0.52 | -0.40 | -0.44 | -0.43 | -0.16 | -0.17 | -0.06 | -7.39 | -7.69 | -7.25 |
| Total | 98.64 | 99.56 | 98.81 | 99.28 | 99.43 | 99.64 | 98.68 | 99.33 | 99.82 | 98.64 | 100.12 | 99.68 | 100.34 | 100.99 |
| P ⁵⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.004 | 0.006 | 0.000 | 0.018 | 0.002 | 0.008 |
| Si ⁴⁺ | 3.233 | 3.245 | 3.194 | 3.189 | 3.309 | 3.292 | 3.285 | 3.236 | 4.032 | 4.032 | 4.029 | 0.993 | 0.995 | 1.008 |
| Al ³⁺ | 2.692 | 2.664 | 2.702 | 2.744 | 2.587 | 2.612 | 2.587 | 2.654 | 3.947 | 3.909 | 3.945 | 1.972 | 2.003 | 1.972 |
| Mg ²⁺ | 0.062 | 0.077 | 0.038 | 0.039 | 0.109 | 0.083 | 0.078 | 0.075 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.000 | 0.007 |
| Fe ²⁺ | 0.040 | 0.046 | 0.070 | 0.041 | 0.009 | 0.015 | 0.041 | 0.033 | 0.005 | 0.046 | 0.010 | 0.002 | 0.000 | 0.000 |
| Zn ²⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.017 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ca ²⁺ | 0.007 | 0.006 | 0.019 | 0.013 | 0.000 | 0.009 | 0.014 | 0.008 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cu ²⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.015 | 0.000 | 0.000 | 0.012 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Na ⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.013 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.015 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| K ⁺ | 0.772 | 0.770 | 0.800 | 0.814 | 0.768 | 0.784 | 0.803 | 0.807 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Catsum | 6.807 | 6.808 | 6.856 | 6.846 | 6.781 | 6.794 | 6.827 | 6.845 | 7.988 | 8.005 | 8.001 | 2.994 | 3.000 | 2.995 |
| OH ⁻ | 1.810 | 1.820 | 1.861 | 1.872 | 1.744 | 1.805 | 1.780 | 1.788 | 7.894 | 7.885 | 7.963 | 0.302 | 0.242 | 0.355 |
| F ⁻ | 0.190 | 0.176 | 0.141 | 0.129 | 0.256 | 0.198 | 0.218 | 0.213 | 0.106 | 0.113 | 0.038 | 1.698 | 1.759 | 1.644 |
| Ansum | 2.000 | 1.996 | 2.002 | 2.002 | 2.000 | 2.003 | 1.998 | 2.000 | 8.000 | 7.999 | 8.001 | 2.001 | 2.001 | 1.999 |
| I | 0.779 | 0.777 | 0.832 | 0.826 | 0.768 | 0.793 | 0.836 | 0.846 | 0.000 | 0.004 | 0.017 | | | |



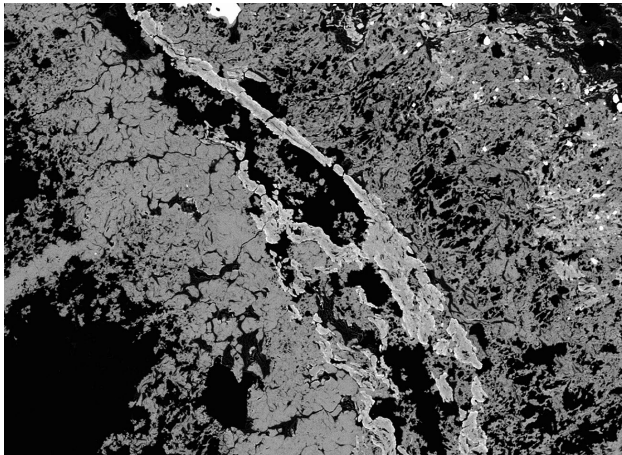
Obr. 27 Al vs. Na+K+Ca diagram pro světlé slidy s projekčními body analýz illitu z Jedové jámy.

několika lokalitách - v revíru Knötel na Horní Krupce (Pračař 1979), ve štolě Giftkies a na dole Eliáš v Jáchymově (Ondruš et al. 2003) a v Moldavě v Krušných horách (Sejkora, Škacha 2015). Při studiu chemického složení aikinitu (tab. 6) byly vedle Cu, Pb, Bi a S zjištěny pouze minoritní příměsi Fe (0 - 0.085 *apfu*). Průměrný (sedm bodových analýz) empirický vzorec aikinitu z Jedové jámy je možno na bázi 6 *apfu* vyjádřit jako $Pb_{0.94}Cu_{0.99}Fe_{0.03}Bi_{1.03}S_{3.00}$.

Ještě vzácnější sulfosolí je **hammarit**, který tu vytváří xenomorfní inkluze až 60 μm velké, které zarůstají do bismutinitu (obr. 22). Na území ČR byl tento minerál dosud zjištěn pouze na Krupce, kde srůstá s krupkaitem a dalšími sulfosolemi aikinitové skupiny (Sejkora, Soumar, *nepublikovaná data*). Při studiu chemického složení hammaritu (tab. 7) nebyly vedle Cu, Pb, Bi a S zjištěny žádné



Obr. 28 Relikty topazu (černý) zarostlé ve fluoritu (středně šedá) s drobnými zrny rutilu (světle šedá); Jedová jáma; šířka záběru 580 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 29 Žilkovité agregáty goyazitu (světle šedý) ve fluoritu (tmavě šedý); Jedová jáma; šířka záběru 920 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

Tabulka 12 Chemické složení fluoritu z Jedové jámy. Obsahy v hm. %.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ca | 51.97 | 53.20 | 52.34 | 52.88 | 52.66 |
| F | 45.06 | 45.23 | 45.13 | 45.22 | 45.45 |
| Y | 0.22 | 0.18 | 0.26 | 0.19 | 0.24 |
| Na | 0.17 | 0.38 | 0.39 | 0.38 | 0.05 |
| Al | 0.28 | 0.10 | 0.43 | 0.29 | 0.24 |
| Total | 97.70 | 99.09 | 98.55 | 98.96 | 98.64 |

příměsi. Průměrný (čtyři bodové analýzy) empirický vzorec hammaritu z Jedové jámy je možno na bázi 17 *apfu* vyjádřit jako $Cu_{2.00}Pb_{2.10}Bi_{3.87}S_{9.02}$.

Zajímavým minerálem a jediným selenidem lokality je **bohdanowiczit**, selenový analog matilditu. Tvoří ojedinelá, maximálně 5 μm velká xenomorfní zrna zarostlá v korodovaném agregátu nepojmenovaného Bi-Cu-Fe sulfidu ve fluoritu či až 10 μm velká zrna v tennantitu-(Zn) či wittichenitu (obr. 24). Tento poměrně vzácný selenid byl na území ČR zjištěn dosud na uranových ložiscích Zlatkov u Rožné (Kvaček 1979), Zálesí u Javorníka ve Slezsku (Sejkora et al. 2007), Potůčky v Krušných horách (Sejkora et al. 2017) a na fluoritovém ložisku Moldava v Krušných horách (Sejkora, Škacha 2015). Při studiu chemického složení bohdanowiczitu (tab. 7) byly vedle Ag, Bi a Se zjištěny minoritní příměsi Cu (0.123 - 0.215 *apfu*), Zn (0.03 - 0.029 *apfu*) a S (0.119 - 0.307 *apfu*). Průměrný (šest bodových analýz) empirický vzorec bohdanowiczitu z Jedové jámy je možno na bázi 4 *apfu* vyjádřit jako $Ag_{0.94}Cu_{0.14}Zn_{0.02}Bi_{0.95}(Se_{1.74}S_{0.20})_{\Sigma 1.94}$.

Nepříliš častá xenomorfní zrna o rozměrech do 180 μm tvoří v žilovině **wittichenit**, který srůstá s aikinitem (obr. 20), bismutinitem nebo emplekitem (obr. 23), v jednom případě do jeho zrna zarůstá 10 μm velká inkluze bohdanowiczitu (obr. 24). Při studiu chemického složení wittichenitu (tab. 8) byly vedle Cu, Bi a S zjištěny minoritní příměsi Ag (0.014 - 0.026 *apfu*) a Se (0.004 - 0.011 *apfu*). Průměrný (osm bodových analýz) empirický vzorec wittichenitu z Jedové jámy je možno na bázi 7 *apfu* vyjádřit jako $Cu_{2.93}Ag_{0.02}Bi_{1.00}(S_{3.04}Se_{0.01})_{\Sigma 3.05}$.

Ojedinele bylo v nábrusu analyzováno xenomorfní zrna **bournonitu** o velikosti 100 μm . Při studiu jeho chemického složení (tab. 8) byl vedle Cu, Pb, Sb a S zjištěn zvýšený obsah As (0.207 - 0.295 *apfu*), odpovídající menšinovému zastoupení As-dominantního analogu seligmannitu, tvořícího s bournonitem izomorfní řadu. Průměrný (šest bodových analýz) empirický vzorec bournonitu z Jedové jámy je možno na bázi 6 *apfu* vyjádřit jako $Cu_{0.94}Pb_{0.96}(Sb_{0.77}As_{0.25})_{\Sigma 1.02}S_{3.00}$.

Poměrně velká (0.5 mm) laločnatá zrna tu tvoří **kěsterit**, který většinou srůstá s tetradritem-(Zn), někdy ho lemují, a stanoiditem (obr. 19, 25). Kěsterit je v ČR poměrně vzácným minerálem, který byl dosud velmi vzácně zjištěn spolu se staninem ve Verněřově u Aše (Breiter et al. 2009), na Cínovci (David et al. 1991), v Huberově pni v Krásné (Beran 1999), Jáchymově (Ondruš et al. 2003), Malovidech u Českého Šternberka (Šrein et al. 2007) a v dole Bohuliby v jílovském zlatonosném revíru (Sejkora, Litochleb 2009). Při studiu chemického složení kěsteritu (tab. 9) byl vedle Cu, Zn, Sn a S zjištěn zvýšený obsah Fe (0.132 - 0.179 *apfu*), odpovídající menšinovému podílu staninové složky. Vedle toho obsahuje tento kěsterit minoritní příměsi Cd (0.008 - 0.011 *apfu*) a In (0.004 - 0.008 *apfu*). Průměrný (osm bodových analýz) empirický vzorec kěsteritu z Jedové jámy je možno na bázi čtyř atomů S vyjádřit jako $Cu_{2.02}(Zn_{0.90}Fe_{0.15}Cd_{0.01})_{\Sigma 1.06}Sn_{0.99}S_{4.00}$.

Lemy a srůsty s kěsteritem, případně tetradritem (obr. 19), o rozměrech až 20 × 100 μm tvoří **stanoidit**, který byl zatím v ČR zjištěn pouze na Huberově pni v Krásné (Pavlů 1984; Kovář 2012). Při studiu jeho chemického složení (tab. 9) byla vedle Cu, Fe, Zn, Sn a S zjištěna pouze minoritní příměs Cd (0.005 - 0.022 *apfu*). Průměrný (sedm bodových analýz) empirický vzorec stanoiditu z Jedové jámy je možno na bázi 12 atomů S vyjádřit jako $Cu_{7.69}(Fe_{2.03}Zn_{0.92}Cd_{0.01})_{\Sigma 2.96}Sn_{2.11}S_{12.00}$.

Poslední zjištěnou sulfidickou fází v analyzovaných

nábrusech je nepojmenovaný **Bi-Cu-Fe sulfid**, který tvoří až 60 µm velká nepravidelná korodovaná zrna zarůstající do křemene či fluoritu, obsahující vzácně maximálně 5 µm velká zrna bohdanowicitu či ryzího bismutu (obr. 26). Při studiu jeho chemického složení (tab. 10) byly vedle Bi, Cu, Fe a S zjištěny minoritní příměsi Ag (0.002 - 0.006 *apfu*), Sb (0.003 - 0.013 *apfu*) a Se (0 - 0.021 *apfu*). Průměrný (sedm bodových analýz) empirický vzorec tohoto sulfidu z Jedové jámy je možno na bázi šesti atomů na vzorcovou jednotku vyjádřit jako $(\text{Cu}_{1.48}\text{Fe}_{0.50})_{\Sigma 1.98}(\text{Bi}_{0.96}\text{Sb}_{0.01})_{\Sigma 0.97}(\text{S}_{3.03}\text{Se}_{0.01})_{\Sigma 3.04}$. Stechiometrie námi nalezené fáze je blízká nepojmenované fázi $(\text{Cu,Ni})_2\text{BiS}_3$, popsané Jakovlevem et al. (1972) z Cu-Ni rud ložiska Allarechenskoe, poloostrov Kola, Rusko, kde daná fáze tvoří tenký lem kolem parkeritu.

Se sulfidy je úzce spjatý ojedinělý ryzí **bismut**, tvořící v křemenu drobná xenomorfní zrna o velikosti do 30 µm (obr. 20). Kolem 30 µm velké bismutové zrno bylo též zastížené v nepojmenovaném Bi-Cu-Fe sulfidu (obr. 26). Z chemického hlediska obsahuje pouze malou příměs Fe (0.74 hm. %).

Vedle sulfidů se v menším množství vyskytují v křemenné žilovině lokálně nahlučené žilkovité či nepravidelné jemnozrné agregáty fylosilikátů, jejichž jednotlivé lupínky dosahují velikosti 10 µm (obr. 9, 10). Po chemické stránce (tab. 11) jde podle klasifikace Riedera et al. (1998) o **illit** (obr. 27), méně často o **minerál z kaolinitové skupiny**. Do jejich agregátů zarůstají ojedinělá zrna rutilu. Minerál z kaolinitové skupiny také silně zatlačuje topaz. Chemismus obou fylosilikátů se vyznačuje zvýšenými obsahy fluoru (až 0.26 *apfu* u illitu a 0.11 *apfu* u minerálu z kaolinitové skupiny; tab. 11).

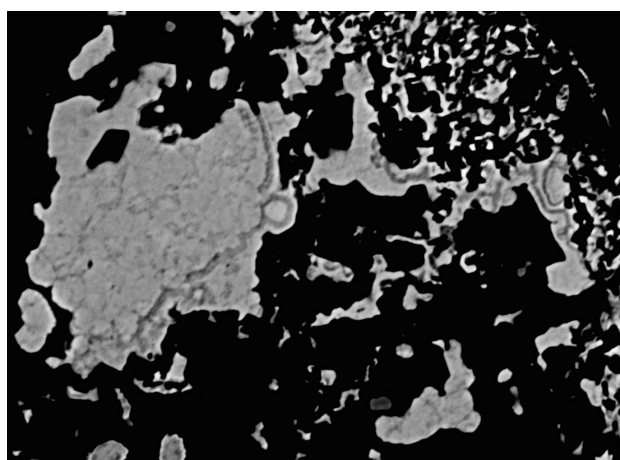
Spolu s agregáty slíd byla v ploše nábrusu zachycena xenomorfní zrna **topazu** dosahující velikosti až 100 µm, která v některých případech zarůstají do fluoritu (obr. 28).

Jsou silně zatlačována jílovým minerálem z kaolinitové skupiny. Chemické složení topazu (tab. 11) odpovídá jeho stechiometrii. Obsahuje 12 - 18 mol. % OH-koncového členu.

Na ploše nábrusů byl zachycen a analyzován i poměrně častý **fluorit**, který tvoří až několik mm velká zrna v křemenné žilovině. Někdy obsahuje žilkovité agregáty goyazitu (obr. 24, 29) či uzavírá topaz a rutil (obr. 28). Vedle Ca a F obsahuje příměsi Y (0.18 - 0.26 hm. %), Al (0.10 - 0.46 hm. %) a Na (0.05 - 0.39 hm. %) (tab. 12).

S fluoritem srůstají nepravidelně omezená zrna **fluorapatitu** dosahující velikosti 0.2 mm. Vedle CaO, P₂O₅ a F obsahuje malou příměs SO₃ (0.25 - 0.32 hm. %).

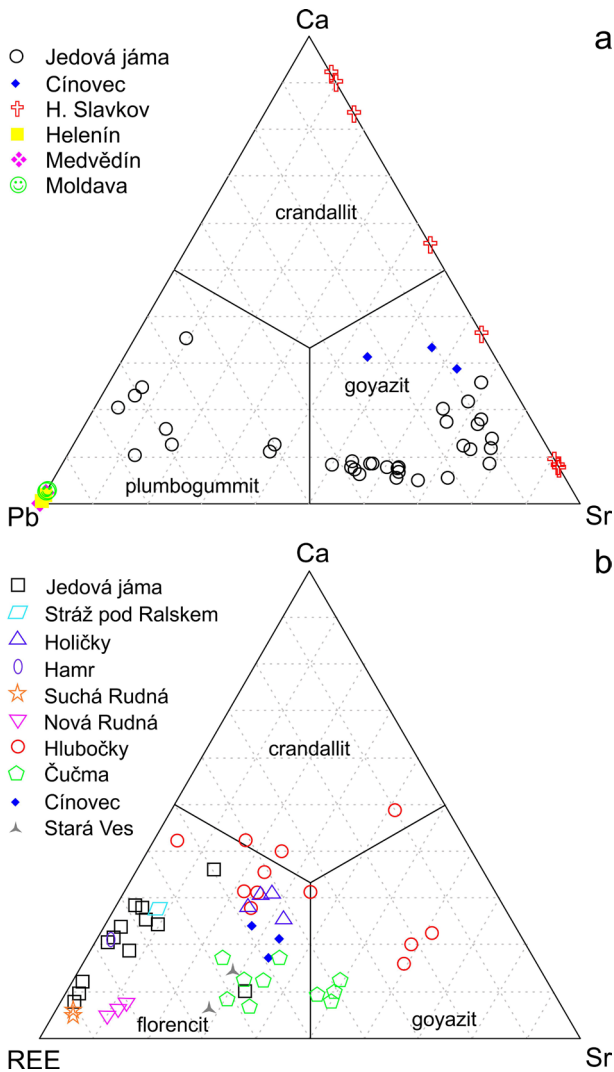
Členitá, xenomorfně omezená, až 150 µm velká zrna a jejich agregáty tvoří v křemenu (obr. 26) **kasiterit**. Tvoří též agregáty s kolomorfní strukturou (obr. 30). Obsahuje pře-



Obr. 30 Kolomorfní agregát kasiteritu; šířka záběru 140 µm, foto v BSE Z. Dolníček.

Tabulka 13 Chemické složení kasiteritu (Cas) a rutilu (Rt) z Jedové jámy. Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vyjádřeny na základ dvou atomů kyslíku.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | mean | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Minerál | Cas | Cas | Cas | Cas | Cas | Cas | Cas | Rt | Rt | Rt | Rt | Rt | Rt | Rt |
| WO ₃ | 0.18 | 0.80 | 0.80 | 0.74 | 0.76 | 0.89 | 0.83 | 5.55 | 7.61 | 8.84 | 8.87 | 3.56 | 4.41 | 0.00 |
| Nb ₂ O ₅ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.23 | 0.18 | 0.27 | 0.29 | 0.21 | 0.32 | 0.10 |
| As ₂ O ₅ | 0.90 | 0.96 | 0.96 | 0.84 | 0.84 | 0.94 | 0.86 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TiO ₂ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 87.60 | 83.73 | 80.77 | 80.89 | 92.52 | 89.46 | 98.20 |
| SiO ₂ | 2.64 | 2.54 | 2.78 | 2.42 | 2.74 | 2.68 | 2.68 | 0.12 | 0.39 | 0.23 | 0.01 | 0.00 | 0.05 | 0.02 |
| SnO ₂ | 89.07 | 88.83 | 89.29 | 89.08 | 89.50 | 88.67 | 89.05 | 0.40 | 0.35 | 0.54 | 0.58 | 0.34 | 0.48 | 0.09 |
| Al ₂ O ₃ | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.44 | 0.47 | 0.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| V ₂ O ₃ | 1.57 | 1.52 | 1.55 | 1.54 | 1.57 | 1.53 | 1.66 | 2.19 | 1.97 | 2.13 | 3.98 | 2.27 | 2.69 | 0.08 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.58 | 4.16 | 5.76 | 3.03 | 1.03 | 1.49 | 0.00 |
| FeO | 2.03 | 2.07 | 2.06 | 2.08 | 2.04 | 2.02 | 1.89 | 0.27 | 0.20 | 0.18 | 0.44 | 0.11 | 0.15 | 0.54 |
| CaO | 0.13 | 0.17 | 0.13 | 0.13 | 0.09 | 0.12 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 97.00 | 97.36 | 98.04 | 97.27 | 98.01 | 97.35 | 97.59 | 98.92 | 98.59 | 98.72 | 98.09 | 100.03 | 99.06 | 99.03 |
| W ⁶⁺ | 0.001 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.021 | 0.028 | 0.033 | 0.033 | 0.013 | 0.016 | 0.000 |
| Nb ⁵⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.001 |
| As ⁵⁺ | 0.011 | 0.012 | 0.012 | 0.011 | 0.011 | 0.012 | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ti ⁴⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.922 | 0.896 | 0.873 | 0.881 | 0.950 | 0.935 | 0.995 |
| Si ⁴⁺ | 0.064 | 0.062 | 0.067 | 0.059 | 0.066 | 0.065 | 0.065 | 0.002 | 0.006 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| Sn ⁴⁺ | 0.864 | 0.860 | 0.856 | 0.866 | 0.859 | 0.857 | 0.858 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.003 | 0.000 |
| Al ³⁺ | 0.014 | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.014 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| V ³⁺ | 0.031 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.032 | 0.025 | 0.022 | 0.025 | 0.046 | 0.025 | 0.030 | 0.001 |
| Cr ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.029 | 0.047 | 0.066 | 0.035 | 0.011 | 0.016 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 0.041 | 0.042 | 0.041 | 0.042 | 0.041 | 0.041 | 0.038 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.001 | 0.002 | 0.006 |
| Ca ²⁺ | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Total | 1.030 | 1.028 | 1.028 | 1.029 | 1.028 | 1.027 | 1.027 | 1.005 | 1.004 | 1.007 | 1.006 | 1.003 | 1.004 | 1.003 |

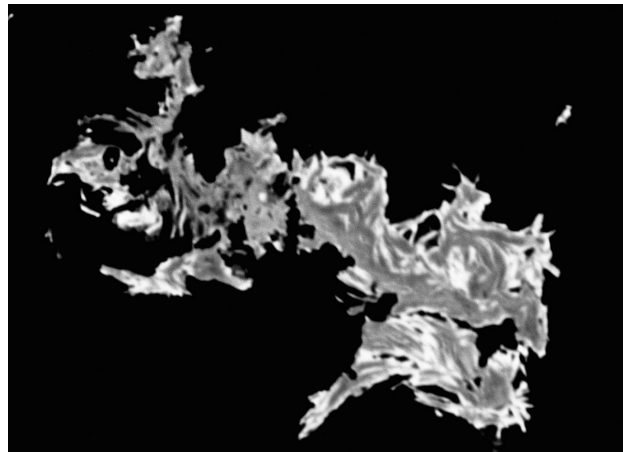


Obr. 31 Variace v chemickém složení minerálů plumbogummitové řady z lokality Jedová jáma v porovnání s dalšími lokalitami. a - diagram Pb-Ca-Sr pro REE-chudé členy, b - diagram REE-Ca-Sr pro REE-bohaté členy. Srovnávací data jsou převzata z prací Nováka et al. (1989), Scharma et al. (1994), Sejkory et al. (1998, 2006, 2009), Kučery et al. (2007), Plášila et al. (2009), Kocourkové et al. (2010), Števková et al. (2014) a Kottánové et al. (2016).

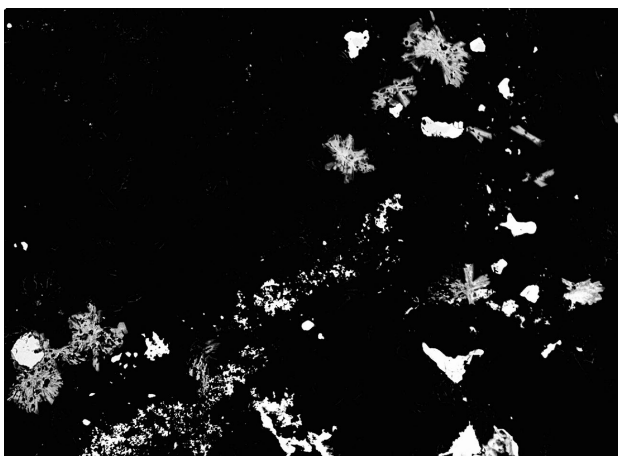
a devším příměsí SiO_2 (0.058 - 0.066 apfu Si), V_2O_3 (0.029 - 0.032 apfu V) a FeO (0.037 - 0.042 apfu Fe) (tab. 13).

Oválná, až 100 μm velká xenomorfní i automorfně omezená zrna a jejich agregáty tvoří **rutil**. Srůstá s arsenopyritem, vyskytuje se též izolovaně v křemenné žilovině, ve fluoritu či florencitu-(Ce). V ploše nábrusu byl zachycen výrazně zonální automorfně vyvinutý rutil, ve kterém se střídají tmavší (v obraze BSE) zóny chemicky čistého TiO_2 se světlejšími zónami rutilu s příměsí W a dalších prvků (obr. 11). Vedle převažujícího rutilu bez větších příměsí (tab. 13, anal. 12) se spolu s ním vyskytuje v křemenné žilovině rutil se zvýšenými obsahy W (0.013 - 0.033 apfu), Cr (0.011 - 0.066 apfu) a V (0.025 - 0.046 apfu) (tab. 13, anal. 7 - 11). Rutilová inkluze ve florencitu je po chemické stránce téměř bez příměsí.

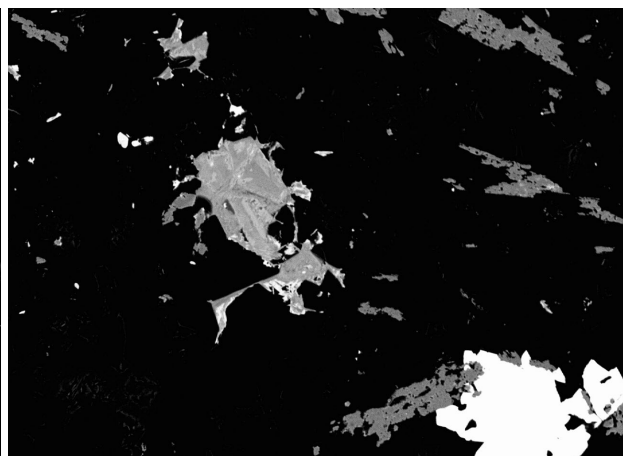
Pestrou asociaci minerálů zjištěných ve studovaných nábrusech doplňují fosfáty plumbogummitové skupiny. Jde o **plumbogummit**, **goyazit** a **florencit-(Ce)** (obr. 31). Plumbogummit tvoří v nábrusech jehličkovité krystaly s radiálně paprscitým uspořádáním (obr. 32), v některých případech vytváří zonální srůsty s goyazitem (obr. 33). Goyazit tvoří protáhlá zonální zrna až 150 μm velká a mikroskopické mladé žilky protínající křemennou, illitovou (obr. 10) či fluoritovou (obr. 29) žilovinu. Agregáty jehličkovitých krystalů až 100 μm velké zarostlé v křemenu tvoří florencit-(Ce) (obr. 34), který též v nábrusech srůstá



Obr. 33 Zonální agregát goyazitu (tmavě šedý) a plumbogummitu (světle šedý); Jedová jáma; šířka záběru 150 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 32 Jehličkovité krystaly a agregáty plumbogummitu (středně šedý); Jedová jáma; šířka záběru 600 μm , foto v BSE Z. Dolníček.



Obr. 34 Arsenopyrit (bílý), zonální zrno florencitu-(Ce) (světle šedý) a zrna rutilu (tmavěji šedý); Jedová jáma; šířka záběru 520 μm , foto v BSE Z. Dolníček.

s chalkopyritem, kdy do něho zarůstají až 20 µm velká oválná zrna rutilu (obr. 15).

V BSE obraze jsou jejich zrna zonální. V souladu se známou neomezenou izomorfií v minerálech této skupiny obsahují výše uvedené minerály i významné obsahy dalších členů. V aniontové části vzorce vždy převažuje fosfor, který je částečně zastupován As (až 0.21 *apfu*), S (až 0.56 *apfu*) a ojediněle i Si (u něhož nelze vyloučit, že jde o anizominerální příměs z okolí). Většina analýz vykazuje deficit obsahu prvků v pozici P, je tedy možné, že dané fáze obsahují v této pozici i uhlík (tab. 14 - 15). Většina získaných analýz obsahuje i zvýšený podíl F (až 0.65 *apfu*). Reprezentativní příklady bodových chemických analýz goyazitu jsou uvedeny v tabulce 14. Obsahy

goyazitové komponenty se pohybují v rozmezí 63.1 - 77.3, crandallitové 8.6 - 21.8, plumbogummitové 9.1 - 15.6 a gorceixitové 1.0 - 2.1 (mol. %). Příklady bodových chemických analýz plumbogummitu jsou uvedeny v tabulce 14. Obsahy plumbogummitové komponenty se u jednotlivých analýz pohybují v rozmezí 53.6 - 74.4, crandallitové 10.2 - 34.7, goyazitové 4.0 - 17.4 a florencitové 0.0 - 1.0 (mol. %). Výsledky bodových chemických analýz florencitu-(Ce) jsou uvedeny v tabulce 15. Obsahy florencitové komponenty se u jednotlivých analýz pohybují v rozmezí 56.3 - 87.4, crandallitové 9.9 - 23.8, goyazitové 1.9 - 32.5, plumbogummitové 0.0 - 0.8 a gorceixitové 0.0 - 6.0 (mol. %).

Ve spektru prvků vzácných zemin ve florencitu převažuje Ce, jde tedy klasifikačně o florencit-(Ce). Chondritem

Tabulka 14 Chemické složení goyazitu (Goy) a plumbogummitu (Pbg) z Jedové jámy (hm. %). Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi šesti kationtů na vzorcovou jednotku, obsah CO₂ dopočten na bázi As + P + S + C + Si = 2 *apfu*, obsah vody dopočten na základ 1 H₂O a 5 (OH + F). Obsahy koncových členů v mol. %.

| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Minerál | Goy | Goy | Goy | Goy | Goy | Goy | Goy | Pbg | Pbg | Pbg | Pbg | Pbg | Pbg | Pbg |
| SO ₃ | 7.65 | 7.11 | 6.44 | 7.05 | 7.29 | 7.99 | 6.08 | 6.92 | 5.59 | 7.13 | 7.16 | 6.26 | 6.43 | 7.67 |
| P ₂ O ₅ | 19.41 | 22.11 | 22.06 | 20.41 | 20.71 | 20.50 | 22.12 | 16.70 | 17.43 | 14.87 | 14.91 | 13.82 | 12.63 | 14.41 |
| As ₂ O ₅ | 0.56 | 0.17 | 0.32 | 0.35 | 0.28 | 0.31 | 0.00 | 0.68 | 1.03 | 1.04 | 1.13 | 4.01 | 4.01 | 3.21 |
| CO ₂ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.45 | 1.37 | 2.44 | 2.38 | 3.24 | 3.29 | 1.35 |
| SiO ₂ | 0.77 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 29.47 | 29.14 | 28.95 | 29.00 | 28.41 | 28.97 | 28.80 | 27.46 | 26.68 | 27.14 | 27.18 | 27.53 | 26.79 | 27.02 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.18 | 0.19 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.31 | 0.14 |
| Ce ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 0.22 | 0.00 | 0.15 | 0.36 | 0.22 | 0.00 |
| CaO | 1.30 | 1.59 | 2.51 | 0.91 | 1.99 | 2.24 | 1.99 | 1.56 | 1.25 | 2.62 | 2.43 | 4.28 | 2.32 | 1.02 |
| SrO | 13.62 | 15.87 | 14.38 | 15.17 | 14.74 | 12.97 | 13.71 | 2.71 | 3.28 | 1.22 | 1.12 | 2.06 | 0.84 | 2.19 |
| BaO | 0.61 | 0.47 | 0.31 | 0.54 | 0.55 | 0.52 | 0.65 | 1.41 | 1.00 | 0.68 | 0.79 | 0.58 | 0.61 | 0.99 |
| PbO | 6.27 | 4.13 | 4.42 | 5.18 | 4.13 | 6.65 | 7.12 | 26.47 | 26.92 | 28.67 | 29.45 | 26.33 | 33.33 | 29.65 |
| K ₂ O | 0.20 | 0.13 | 0.21 | 0.36 | 0.20 | 0.17 | 0.12 | 0.00 | 0.07 | 0.11 | 0.07 | 0.05 | 0.12 | 0.20 |
| H ₂ O | 11.52 | 11.77 | 11.87 | 11.54 | 10.94 | 11.95 | 11.72 | 10.98 | 10.65 | 11.17 | 11.20 | 11.30 | 10.84 | 10.69 |
| F | 1.34 | 1.30 | 0.90 | 1.11 | 2.36 | 0.65 | 1.01 | 0.80 | 1.15 | 0.56 | 0.51 | 1.50 | 1.59 | 1.20 |
| O=F | -0.56 | -0.55 | -0.38 | -0.47 | -0.99 | -0.27 | -0.43 | -0.34 | -0.48 | -0.24 | -0.21 | -0.63 | -0.67 | -0.51 |
| Total | 92.29 | 93.24 | 91.99 | 91.40 | 90.74 | 93.07 | 93.08 | 96.97 | 96.43 | 97.41 | 98.27 | 100.81 | 102.66 | 99.24 |
| S ⁶⁺ | 0.495 | 0.452 | 0.412 | 0.460 | 0.476 | 0.513 | 0.392 | 0.479 | 0.393 | 0.490 | 0.492 | 0.410 | 0.436 | 0.536 |
| P ⁵⁺ | 1.418 | 1.585 | 1.592 | 1.502 | 1.525 | 1.484 | 1.610 | 1.305 | 1.382 | 1.154 | 1.156 | 1.021 | 0.967 | 1.136 |
| As ⁵⁺ | 0.025 | 0.008 | 0.014 | 0.016 | 0.013 | 0.014 | 0.000 | 0.033 | 0.050 | 0.050 | 0.054 | 0.183 | 0.190 | 0.156 |
| C ⁴⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.183 | 0.175 | 0.305 | 0.298 | 0.386 | 0.406 | 0.172 |
| Si ⁴⁺ | 0.066 | 0.000 | 0.000 | 0.022 | 0.000 | 0.021 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| T sum | 2.005 | 2.044 | 2.018 | 2.000 | 2.013 | 2.032 | 2.002 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Al ³⁺ | 2.997 | 2.908 | 2.908 | 2.971 | 2.912 | 2.919 | 2.919 | 2.987 | 2.945 | 2.933 | 2.934 | 2.832 | 2.856 | 2.966 |
| Fe ³⁺ | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.011 | 0.012 | 0.000 | 0.020 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.021 | 0.010 |
| B sum | 3.005 | 2.908 | 2.908 | 2.971 | 2.921 | 2.931 | 2.931 | 2.987 | 2.965 | 2.933 | 2.934 | 2.840 | 2.877 | 2.976 |
| Ce ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.008 | 0.000 | 0.005 | 0.012 | 0.007 | 0.000 |
| Ca ²⁺ | 0.120 | 0.144 | 0.229 | 0.085 | 0.185 | 0.205 | 0.183 | 0.154 | 0.125 | 0.257 | 0.238 | 0.400 | 0.225 | 0.102 |
| Sr ²⁺ | 0.681 | 0.779 | 0.711 | 0.765 | 0.743 | 0.643 | 0.684 | 0.145 | 0.178 | 0.065 | 0.059 | 0.104 | 0.044 | 0.118 |
| Ba ²⁺ | 0.021 | 0.016 | 0.010 | 0.018 | 0.019 | 0.017 | 0.022 | 0.051 | 0.037 | 0.024 | 0.028 | 0.020 | 0.022 | 0.036 |
| Pb ²⁺ | 0.146 | 0.094 | 0.101 | 0.121 | 0.097 | 0.153 | 0.165 | 0.658 | 0.679 | 0.708 | 0.726 | 0.619 | 0.812 | 0.743 |
| K ⁺ | 0.022 | 0.014 | 0.023 | 0.040 | 0.022 | 0.019 | 0.013 | 0.000 | 0.008 | 0.013 | 0.008 | 0.006 | 0.014 | 0.024 |
| A sum | 0.990 | 1.047 | 1.074 | 1.029 | 1.066 | 1.037 | 1.067 | 1.014 | 1.035 | 1.067 | 1.066 | 1.160 | 1.123 | 1.023 |
| OH ⁻ | 4.636 | 4.654 | 4.754 | 4.698 | 4.351 | 4.821 | 4.728 | 4.765 | 4.659 | 4.837 | 4.849 | 4.584 | 4.546 | 4.647 |
| F ⁻ | 0.366 | 0.348 | 0.243 | 0.305 | 0.649 | 0.176 | 0.275 | 0.233 | 0.341 | 0.162 | 0.148 | 0.414 | 0.455 | 0.353 |
| OH+F | 5.001 | 5.002 | 4.996 | 5.003 | 5.000 | 4.997 | 5.002 | 4.999 | 5.000 | 5.000 | 4.997 | 4.998 | 5.001 | 5.001 |
| H ₂ O | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Goy | 70.4 | 75.4 | 67.6 | 77.3 | 71.2 | 63.1 | 64.9 | 14.3 | 17.4 | 6.2 | 5.6 | 9.0 | 4.0 | 11.8 |
| Cra | 12.4 | 14.0 | 21.8 | 8.6 | 17.8 | 20.1 | 17.4 | 15.2 | 12.2 | 24.4 | 22.5 | 34.7 | 20.3 | 10.2 |
| Pbg | 15.0 | 9.1 | 9.6 | 12.3 | 9.3 | 15.0 | 15.6 | 64.9 | 66.1 | 67.1 | 68.7 | 53.6 | 73.2 | 74.4 |
| Gor | 2.1 | 1.5 | 1.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 2.1 | 5.0 | 3.6 | 2.3 | 2.7 | 1.7 | 1.9 | 3.6 |
| Flo-REE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.7 | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 0.7 | 0.0 |

Tabulka 15 Chemické složení florencitu-(Ce) z Jedové jámy (hm. %). Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi šesti kationtů na vzorcovou jednotku, obsah CO₂ dopočten na bázi As + P + S + C = 2 apfu, obsah vody dopočten na základ 6 (OH+F). Obsahy koncových členů jsou v mol. %. REE parametry počítány z hodnot normalizovaných C1 chondritem.

| An. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SO ₃ | 1.96 | 0.37 | 0.33 | 0.73 | 0.44 | 0.10 | 0.13 | 0.32 | 0.83 | 0.46 | 0.18 | 0.04 | 0.21 |
| P ₂ O ₅ | 24.09 | 26.89 | 23.51 | 22.47 | 21.93 | 24.76 | 26.63 | 25.74 | 22.77 | 26.53 | 24.23 | 24.15 | 25.99 |
| As ₂ O ₅ | 0.46 | 0.87 | 0.68 | 0.34 | 1.59 | 0.33 | 0.00 | 0.36 | 1.21 | 2.03 | 0.53 | 0.00 | 0.86 |
| CO ₂ | 1.46 | 0.00 | 2.12 | 3.02 | 2.66 | 1.59 | 0.00 | 0.00 | 2.02 | 0.00 | 1.19 | 1.27 | 0.45 |
| Al ₂ O ₃ | 28.76 | 29.49 | 27.14 | 27.14 | 26.69 | 27.61 | 28.15 | 27.24 | 28.18 | 29.16 | 27.14 | 26.05 | 29.36 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.21 | 1.63 | 4.02 | 4.17 | 5.15 | 2.22 | 0.96 | 1.10 | 2.80 | 1.02 | 1.91 | 2.27 | 0.78 |
| La ₂ O ₃ | 3.93 | 5.23 | 5.95 | 4.13 | 5.09 | 5.65 | 7.61 | 7.93 | 5.47 | 5.53 | 4.94 | 5.08 | 9.12 |
| Ce ₂ O ₃ | 9.25 | 8.63 | 10.42 | 7.79 | 9.98 | 11.06 | 13.39 | 13.36 | 10.74 | 10.97 | 11.03 | 10.89 | 13.03 |
| Pr ₂ O ₃ | 1.26 | 0.69 | 0.91 | 0.68 | 1.04 | 0.98 | 1.40 | 1.17 | 1.24 | 1.28 | 1.17 | 1.50 | 1.07 |
| Nd ₂ O ₃ | 3.12 | 2.47 | 2.80 | 2.55 | 3.31 | 3.85 | 3.04 | 3.56 | 3.75 | 5.28 | 4.47 | 4.25 | 2.88 |
| Sm ₂ O ₃ | 0.52 | 0.26 | 0.26 | 0.37 | 0.60 | 0.43 | 0.38 | 0.43 | 0.75 | 0.84 | 0.94 | 0.81 | 0.56 |
| Eu ₂ O ₃ | 0.12 | 0.19 | 0.00 | 0.11 | 0.08 | 0.20 | 0.20 | 0.18 | 0.00 | 0.22 | 0.31 | 0.18 | 0.14 |
| Gd ₂ O ₃ | 0.19 | 0.19 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.41 | 0.54 | 0.34 | 0.18 |
| CaO | 1.13 | 2.25 | 2.61 | 3.91 | 2.87 | 3.22 | 1.27 | 0.81 | 1.92 | 2.24 | 2.30 | 2.56 | 1.04 |
| SrO | 6.65 | 1.60 | 1.28 | 2.77 | 0.93 | 0.66 | 0.34 | 0.43 | 1.28 | 0.39 | 0.52 | 0.56 | 0.43 |
| BaO | 0.31 | 1.70 | 1.81 | 2.28 | 0.75 | 1.19 | 0.32 | 0.31 | 0.96 | 0.00 | 1.09 | 1.22 | 0.00 |
| PbO | 0.00 | 0.93 | 0.35 | 0.60 | 0.61 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.44 | 0.00 | 0.36 | 0.22 |
| H ₂ O | 10.83 | 10.33 | 10.52 | 10.24 | 10.50 | 10.51 | 10.15 | 9.92 | 10.47 | 10.58 | 10.14 | 9.98 | 10.44 |
| F | 0.00 | 0.40 | 0.00 | 1.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| O=F | 0.00 | -0.17 | 0.00 | -0.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 97.25 | 93.97 | 94.71 | 94.10 | 94.22 | 94.91 | 93.97 | 93.10 | 94.69 | 97.38 | 92.63 | 91.51 | 96.76 |
| S ⁶⁺ | 0.122 | 0.024 | 0.021 | 0.046 | 0.028 | 0.006 | 0.009 | 0.022 | 0.053 | 0.029 | 0.012 | 0.003 | 0.014 |
| P ⁵⁺ | 1.693 | 1.939 | 1.701 | 1.594 | 1.589 | 1.793 | 1.997 | 1.975 | 1.656 | 1.907 | 1.819 | 1.841 | 1.894 |
| As ⁵⁺ | 0.020 | 0.039 | 0.030 | 0.015 | 0.071 | 0.015 | 0.000 | 0.017 | 0.054 | 0.090 | 0.025 | 0.000 | 0.039 |
| C ⁴⁺ | 0.165 | 0.000 | 0.247 | 0.345 | 0.311 | 0.186 | 0.000 | 0.000 | 0.237 | 0.000 | 0.144 | 0.156 | 0.053 |
| T sum | 2.000 | 2.002 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.006 | 2.014 | 2.000 | 2.027 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Al ³⁺ | 2.813 | 2.961 | 2.734 | 2.680 | 2.693 | 2.784 | 2.939 | 2.910 | 2.852 | 2.918 | 2.837 | 2.764 | 2.979 |
| Fe ³⁺ | 0.201 | 0.105 | 0.259 | 0.263 | 0.331 | 0.143 | 0.064 | 0.075 | 0.181 | 0.065 | 0.128 | 0.154 | 0.050 |
| B sum | 3.014 | 3.066 | 2.993 | 2.943 | 3.024 | 2.927 | 3.003 | 2.985 | 3.033 | 2.984 | 2.964 | 2.918 | 3.030 |
| La ³⁺ | 0.120 | 0.164 | 0.188 | 0.128 | 0.161 | 0.178 | 0.249 | 0.265 | 0.173 | 0.173 | 0.162 | 0.169 | 0.290 |
| Ce ³⁺ | 0.281 | 0.269 | 0.326 | 0.239 | 0.313 | 0.346 | 0.434 | 0.443 | 0.338 | 0.341 | 0.358 | 0.359 | 0.411 |
| Pr ³⁺ | 0.038 | 0.021 | 0.028 | 0.021 | 0.032 | 0.031 | 0.045 | 0.039 | 0.039 | 0.040 | 0.038 | 0.049 | 0.034 |
| Nd ³⁺ | 0.092 | 0.075 | 0.085 | 0.076 | 0.101 | 0.118 | 0.096 | 0.115 | 0.115 | 0.160 | 0.142 | 0.137 | 0.089 |
| Sm ³⁺ | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.011 | 0.018 | 0.013 | 0.012 | 0.013 | 0.022 | 0.025 | 0.029 | 0.025 | 0.017 |
| Eu ³⁺ | 0.003 | 0.006 | 0.000 | 0.003 | 0.002 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.000 | 0.006 | 0.009 | 0.006 | 0.004 |
| Gd ³⁺ | 0.005 | 0.005 | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.012 | 0.016 | 0.010 | 0.005 |
| Ca ²⁺ | 0.100 | 0.205 | 0.239 | 0.351 | 0.263 | 0.295 | 0.121 | 0.079 | 0.177 | 0.204 | 0.219 | 0.247 | 0.096 |
| Sr ²⁺ | 0.320 | 0.079 | 0.063 | 0.135 | 0.046 | 0.033 | 0.017 | 0.023 | 0.064 | 0.019 | 0.027 | 0.029 | 0.021 |
| Ba ²⁺ | 0.010 | 0.057 | 0.061 | 0.075 | 0.025 | 0.040 | 0.011 | 0.011 | 0.032 | 0.000 | 0.038 | 0.043 | 0.000 |
| Pb ²⁺ | 0.000 | 0.021 | 0.008 | 0.014 | 0.014 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.010 | 0.000 | 0.009 | 0.005 |
| A sum | 0.986 | 0.911 | 1.006 | 1.057 | 0.976 | 1.073 | 0.991 | 1.001 | 0.967 | 0.990 | 1.036 | 1.082 | 0.971 |
| OH ⁻ | 6.001 | 5.895 | 6.004 | 5.728 | 6.001 | 6.002 | 6.003 | 6.003 | 6.003 | 5.998 | 6.003 | 5.999 | 6.001 |
| F ⁻ | 0.000 | 0.107 | 0.000 | 0.276 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| OH+F | 6.001 | 6.002 | 6.004 | 6.003 | 6.001 | 6.002 | 6.003 | 6.003 | 6.003 | 5.998 | 6.003 | 5.999 | 6.001 |
| Flo-REE | 56.3 | 60.2 | 63.1 | 45.7 | 64.3 | 65.1 | 85.0 | 88.8 | 71.1 | 76.4 | 72.7 | 69.7 | 87.4 |
| Cra | 10.2 | 22.5 | 23.8 | 33.2 | 27.0 | 27.5 | 12.2 | 7.9 | 18.3 | 20.6 | 21.1 | 22.8 | 9.9 |
| Goy | 32.5 | 8.7 | 6.3 | 12.7 | 4.7 | 3.1 | 1.8 | 2.3 | 6.6 | 1.9 | 2.6 | 2.7 | 2.2 |
| Gor | 1.0 | 6.2 | 6.0 | 7.1 | 2.6 | 3.7 | 1.1 | 1.1 | 3.3 | 0.0 | 3.7 | 4.0 | 0.0 |
| Pbg | 0.0 | 2.3 | 0.8 | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | 0.5 |
| La _N /Sm _N | 4.7 | 12.5 | 14.2 | 6.9 | 5.2 | 8.1 | 12.4 | 11.4 | 4.5 | 4.1 | 3.3 | 3.9 | 10.1 |
| Eu/Eu* | 1.16 | 2.61 | - | 1.23 | >0.76 | 1.81 | >2.39 | 1.70 | - | 1.14 | 1.32 | 1.04 | 1.34 |
| Ce/Ce* | 1.00 | 1.09 | 1.07 | 1.12 | 1.04 | 1.13 | 0.98 | 1.05 | 0.99 | 0.99 | 1.10 | 0.95 | 1.00 |

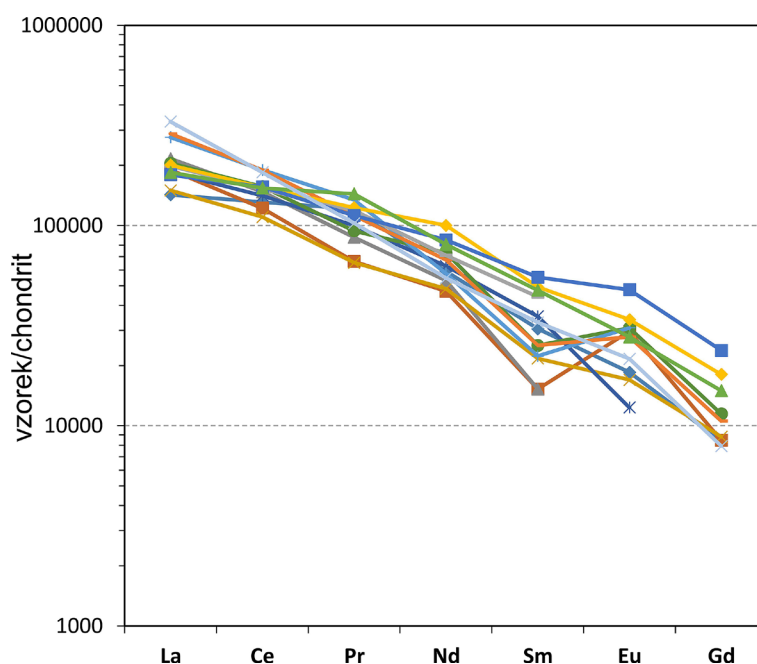
normalizované distribuce REE ve florencitu jsou ilustrovány na obr. 35. Vyznačují se obvyklým plynulým poklesem od La ke Gd. Ce anomálie buď chybí nebo je nevýrazná ($Ce/Ce^* = 0.98 - 1.12$), Eu anomálie je slabě až výrazně pozitivní ($Eu/Eu^* = 1.04 - 2.61$). Rozsah frakcionace REE je poměrně značný ($La_{CN}/Sm_{CN} = 3.25 - 14.15$), což nepochybně souvisí s přítomností zvýšených koncentrací F a eventuálně i CO_2 v matečných roztocích. Fluoridové, karbonátové (CO_3^{2-}) a OH⁻ anionty mají podle experimentálních údajů největší potenciál pro efektivní frakcionaci REE v hydrotermálních roztocích (např. Wood 1990; Bau 1991; Bau, Möller 1992). Výrazná pozitivní Eu anomálie nasvědčuje buď poklesu teploty hydrotermálních roztoků pod cca 200 °C, při níž za podmínek běžného hydrotermálního roztoku dochází k termochemické oxidaci Eu^{2+} na Eu^{3+} , které již může být rozměrově vázáno ve strukturních Ca-minerálů (Sverjensky 1984; Bau, Möller 1992), nebo je výsledkem zvýšení redox-potenciálu matečných fluid s původně nízkým Eh (např. Bau 1991; Bau, Möller 1992; Lee et al. 2003). Druhé uvedené možnosti by nasvědčovala i přítomnost Fe^{3+} ve studovaných minerálech plumbogummitové skupiny stejně jako zvýšené koncentrace redox-senzitivních prvků ve vysokých oxidačních stavech (síry a arsenu). Možné otevření systému pro fluida se zvýšeným obsahem volného kyslíku je podporováno také parageneticky pozdní pozicí minerálů plumbogummitové skupiny, které vytvářejí výplně drobných dutin v žilovině nebo často i drobných žilek protínajících žilovinu.

Supergenní mineralizace této lokality je chudá. Vedle hnědých limonitových povlaků byl zjištěn pouze velmi hojný **skorodit**, který vzniká přeměnou arsenopyritu. Tvorbí většinou bledě šedozelené bradavčité povlaky, které obalují úlomky zrudněných rul a křemenné žiloviny. Skorodit též vyplňuje drobné trhliny a dutiny v částečně alterovaném rudním materiálu. Zachycen byl i v analyzovaných nábrusech žiloviny. Při studiu jeho chemického složení (tab. 16, anal. 1 - 5) bylo v kationtové části vedle převládajícího Fe zjištěno i minoritní zastoupení Bi (0.020 - 0.023 *apfu*) a Al (0.043 - 0.055 *apfu*). V aniontové části se vedle dominantního obsahu As uplatňují v malém množství P (0.017 - 0.022 *apfu*) a S (0.005 - 0.008 *apfu*). Empirický vzorec skoroditu z Jedové jámy (průměr pěti bodových analýz) je možno vyjádřit jako $(Fe^{3+}_{0.92}Al_{0.05}Bi_{0.02})_{\Sigma 0.99}[(As_{0.98}P_{0.01}S_{0.01})_{\Sigma 1.00}O_{4.00}] \cdot 2H_2O$. Vzácněji byly na tržlinách rudniny spolu se skoroditem zjištěny produkty supergenní přeměny izomorfní řady skorodit-strengitu, ve kterých se v aniontové části významně uplatňuje vedle As i P (tab. 16, anal. 6 - 10). V několika analýzách, ve kterých obsahy P (0.547 - 0.563 *apfu*) převažují nad As, jde již o **strengit** (obr. 36).

Závěr

Na opuštěném ložisku arsenové mineralizace, která byla v minulosti těžena dolem Drei König, známým též jako Giftschacht (Jedová jáma), cca 2 km jv. od Vejprty, byla nově zjištěna neobyčejně bohatá minerální asociace zahrnující celkem 27 minerálních fází, která je obsažena v křemenné žilovině. Jde především o sulfidy a sulfosoli (16 plus 1 nepojmenovaný), mezi kterými s velkou převahou dominuje arsenopyrit, který je patrně nejstarším sulfidem ložiska. Vedle běžných sulfidů (chalkopyrit, sfalerit, galenit a minerály tetraedritové skupiny) se ve zrudnění uplatňuje pestrá paleta sulfidů a sulfosolů s obsahem Bi. Vedle relativně běžných, jako jsou bismutinit a emplektit, tu byly zjištěny i poměrně vzácné Bi fáze (matildit, aikinit, hammarit, wittichenit), které se v ČR vyskytly jen na nevelkém počtu lokalit. Bi je tu vázán i v poměrně řídkém selenidu bohdanowitzitu. Ojedinele byl v nábrusech zjištěn i ryzí bismut. Bismut se tu v hojně míře uplatňuje i v některých tetraedritových partiích (tetraedrit-(Zn), tennantit-(Zn) a tennantit-(Fe)). Vedle lokálně zvýšených obsahů Bi se v rudnině uplatňuje cínové zrudnění, vázané zčásti na kasiterit, zčásti na poměrně vzácné sulfidické fáze (kěsterit a stanoidit). K neobyčejně minerální pestrosti přispívá i přítomnost fosfátů plumbogummitové skupiny (plumbogummit, goyazit a florencit-(Ce)). Z geochemického hlediska je zajímavá přítomnost florencitu-(Ce), ve kterém jsou vázány prvky vzácných zemin (REE) s dominujícím cerem. Z dalších minerálů byla v křemenné žilovině přítomna zrna fluoritu s významnější příměsí Y, fluorapatitu, rutilu a agregáty illitu a minerálů z kaolinitové skupiny. Poměrně chudá je na ložisku supergenní mineralizace reprezentovaná vedle *limonitu* pouze hojným skoroditem a vzácným strengitem.

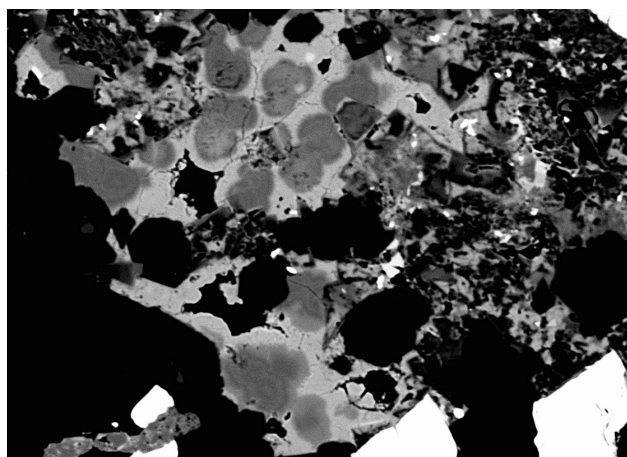
Z ložiskového hlediska jde o sice drobný, ale neobvyklý kombinovaný typ zrudnění, které nemá v krušnohorském regionu obdobu. K nejstarší hydrotermální As mineralizaci, reprezentované arsenopyritem, se přidružuje mladší fáze zrudnění se zvýšenými obsahy Bi a Sn. Přítomnost malého množství topazu, kasiteritu a W-bohatého rutilu by mohla také naznačovat přítomnost starší mineralizace, která je v Krušných horách běžně popisována z prostředí greisenů.



Obr. 35 Chondritem normalizované distribuce prvků vzácných zemin ve florencitech z Jedové jámy.

Tabulka 16 Chemické složení skoroditu (Sko) a strengitu (Str) z Jedové jámy (hm. %). Koeficienty empirických vzorců počítány na bázi $As + P + S = 1$ apfu; H_2O^* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu $2 H_2O$.

| An. č. | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Minerál | Sko | Sko | Sko | Sko | Sko | Sko | Sko | Sko | Str | Str | Str |
| CuO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.08 | 0.00 | 0.13 | 0.08 |
| Fe ₂ O ₃ | 32.86 | 34.11 | 33.57 | 33.66 | 33.51 | 34.20 | 39.93 | 38.82 | 38.97 | 38.75 | 40.43 |
| Bi ₂ O ₃ | 2.28 | 2.31 | 2.17 | 2.31 | 2.29 | 2.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 1.31 | 1.14 | 1.06 | 1.15 | 1.03 | 1.23 | 0.71 | 0.70 | 0.72 | 0.77 | 0.69 |
| As ₂ O ₅ | 51.76 | 50.83 | 51.88 | 51.69 | 52.11 | 51.89 | 36.13 | 34.68 | 27.02 | 27.03 | 27.45 |
| P ₂ O ₅ | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.62 | 0.71 | 0.72 | 13.51 | 15.00 | 20.90 | 21.20 | 22.01 |
| SO ₃ | 0.17 | 0.20 | 0.18 | 0.21 | 0.19 | 0.31 | 0.07 | 0.16 | 0.36 | 0.45 | 0.16 |
| H ₂ O* | 16.41 | 16.41 | 16.49 | 16.53 | 16.58 | 16.76 | 18.92 | 18.34 | 19.45 | 18.95 | 19.45 |
| Total | 105.33 | 105.56 | 105.92 | 106.17 | 106.42 | 107.61 | 109.30 | 107.78 | 107.69 | 107.28 | 110.27 |
| Cu ²⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.004 | 0.002 |
| Fe ³⁺ | 0.894 | 0.940 | 0.911 | 0.922 | 0.901 | 0.920 | 0.988 | 0.945 | 0.907 | 0.968 | 0.918 |
| Bi ³⁺ | 0.022 | 0.022 | 0.020 | 0.022 | 0.021 | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Al ³⁺ | 0.055 | 0.049 | 0.045 | 0.049 | 0.043 | 0.052 | 0.028 | 0.027 | 0.026 | 0.029 | 0.025 |
| Σ kationt | 0.971 | 1.011 | 0.976 | 0.993 | 0.965 | 0.995 | 1.017 | 0.974 | 0.933 | 1.001 | 0.945 |
| As ⁵⁺ | 0.978 | 0.978 | 0.978 | 0.983 | 0.973 | 0.970 | 0.621 | 0.586 | 0.438 | 0.436 | 0.433 |
| P ⁵⁺ | 0.017 | 0.017 | 0.017 | 0.011 | 0.022 | 0.022 | 0.377 | 0.410 | 0.547 | 0.553 | 0.563 |
| S ⁶⁺ | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.008 | 0.002 | 0.004 | 0.015 | 0.011 | 0.004 |
| Σ aniont | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| H ₂ O | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |



Obr. 36 Agregát skoroditu (světle šedý) a strengitu (tmavě šedý) s arsenopyritem (bílý); Jedová jáma; šířka záběru 320 μ m, foto v BSE Z. Dolníček.

Poděkování

Autoři děkují za pořízení fotografií minerálů Petru Fuchsovi a Bohuslavu Burešovi, za kritické pročtení rukopisu panu prof. Ferry Fediukovi a recenzentům Tomáši Mikušovi a Martinu Števkovi a editorovi J. Sejkorovi za kritické poznámky a doporučení, které vedly ke zkvalitnění rukopisu.

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národního muzea (DKRVO 2019-2023/1.I.b, 00023272).

Literatura

- ANDERS E, GREVESSE N (1989) Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochim Cosmochim Acta* 53: 197-214
- BAU M (1991) Rare-earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid-rock interaction and the significance on the oxidation state of europium. *Chem Geol* 93: 219-230
- BAU M, MÖLLER P (1992) Rare earth element fractionation in metamorphogenic hydrothermal calcite, magnesite and siderite. *Miner Petrol* 45: 231-246
- BERAN P (1999) Nerosty cíno-wolframových ložisek Slavkovského lesa. Okresní muzeum a knihovna Sokolov
- BREITER K, ŠKODA R, VESELOVSKÝ F (2009) Neobvyklý P-, Li- a Sn-bohatý pegmatit z Vernéhořova u Aše, Česká republika. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 17(1): 41-59
- DAVID J, DAŠEK J, SLAČÍK J, HENYCH R, ŽÁČEK J (1991) Závěrečná likvidační zpráva Cínovec-jih, stav k 31.12. 1991. MS, Rudné doly Teplice, archiv ČGS - Geofond, Praha
- GRAMBLÍČKA R, KUNZ M, POUR O (2015) Důl Jedová jáma u Vejprty v Krušných horách. *Minerál* 23(4): 352-356
- HRABÁNEK J (2006) Historie hornictví ve městě Vejprty a jeho okolí. *Minerál* 14(3): 197-200
- CHLUPAČ I, BRZOBOHATÝ R, KOVANDA J, STRÁNIK Z (2011) Geologická minulost České republiky. Academia Praha
- JAKOVLEV JuN, DUBAKINA LS, BYKOV VP (1972) Occurrence of parkerite in copper-nickel ores of the Allarchensk region, Murmansk district. *Dokl Akad Nauk SSSR* 203: 1382-1385 (v ruštině)
- JANGL L (1957) Zpráva o výsledcích báňskohistorického výzkumu Vejprty. MS, archiv ČGS - Geofond Praha P 8807

- JOKÉLY J (1857) Die geologische Beschaffenheit des Erzgebirges im Saazer Kreis in Böhmen. Jb der k-k Geol Reichsanstalt (Wien) 8: 516-607
- KOCOURKOVÁ E, HOUZAR S, HRAZDIL V (2010) Pyromorfit z jihlavského rudního revíru. Acta Mus Moraviae, Sci geol 95: 105-120
- KOŘAN J (1947) Historická zpráva o Vejprtském dolování. MS, archiv ČGS - Geofond Praha P 314
- KOVÁŘ M (2012) Mineralogická charakteristika sulfidických greisenů Sn-W revíru Horní Slavkov. MS, bakalářská práce, PŘF UP Olomouc
- KOTLÁNOVÁ M, DOLNÍČEK Z, KAPUSTA J (2016) Minerály vzácných zemin na hydrotermálních polymetalických žilách z historického ložiska Zlatý důl u Hluboček - Mariánského Údolí (kulm Nížkého Jeseníku). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 24(1): 70-79
- KUČERA J, KUČEROVÁ-CHARVÁTOVÁ K, ŠKODA R (2007) Nové výskyty minerálů na hydrotermálních žilách Nížkého Jeseníku (II). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 14-15: 66-68
- KVAČEK M (1979) Selenides from the uranium deposits of Western Moravia, Czechoslovakia, part 2. Acta Univ Carol, Geol 1-2: 15-38
- 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
- LEE SG, LEE DH, KIM Y, CHAE BG, KIM WY, WOO NCH (2003) Rare earth elements as indicators of groundwater environment changes in a fractured rock system: evidence from fracture - filling calcite. Appl Geoch 18: 135-143
- LIENERT H (1971) Závěrečná zpráva Krušné hory - střed 512 0311 004, surovina fluorit. MS Geindustria Praha
- MALKOVSKÝ M a kolektiv (1985) Geologie severočeské hnědohorné pánve a jejího okolí. Ústř Ústav geol, Praha
- MAYEROVÁ L, MAYER P (1967) Závěrečná zpráva, Krušné hory, prospekce 513 311 001, surovina fluorit. MS, archiv ČGS - Geofond, P 20608
- MCLENNAN SM (1989) Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. Rev Mineral 21: 169-200
- NOVÁK F, JANSÁ J, PRACHAŘ I (1989) Florencit-(Ce) ze Suché Rudné v Jeseníkách. Věst Ústř Úst geol 64: 163-171
- ONDROUŠ P, VESELOVSKÝ F, GABAŠOVÁ A, HLOUŠEK J, ŠREIN V, VAVŘIN I, SKÁLA R, SEJKORA J, DRÁBEK M (2003) Primary minerals of the Jáchymov ore district. J Czech Geol Soc 48(3-4): 19-147
- PAVLŮ D (1984) Djurleite and stannoidite from tin-tungsten deposit at Krásno nad Teplou (Czechoslovakia). Věst Ústř Úst geol 59(6): 351-354
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, ČEJKA J, ŠKODA R, GOLIÁŠ V (2009) Supergene mineralization of the Medvědin uranium deposit, Krkonoše Mountains, Czech Republic. J Geosci 54: 15-56
- 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
- PRACHAŘ I (1979) Aikinit z Krupky. Acta Univ Carol, Geol 3-4: 183-186
- 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
- SCHARM B, SCHARMOVÁ M, KUNDRÁT M (1994) Crandallite group minerals in the uranium ore district of Northern Bohemia (Czech Republic). Věst Čes Geol Úst 69(1): 79-85
- SEJKORA J, ČEJKA J, ŠREIN V, NOVOTNÁ M, EDEROVÁ J (1998) Minerals of the plumbogummite - philipsbornite series from Moldava deposit, Krušné hory Mts., Czech Republic. N Jb Mineral, Mh 4: 145-163
- SEJKORA J, LITOHLEB J (2009) První výskyt Sn-sulfidů v jílovském zlatonosném revíru (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 17(1): 91-94
- SEJKORA J, PAULIŠ P, ŠKODA R (2007) Uranové ložisko Zálesí v Rychlebských horách. Minerál 15(4): 305-328
- SEJKORA J, ŠKODA R, ONDRUŠ P, BERAN P, SÜSSER C (2006) Mineralogy of phosphate accumulations in the Huber stock, Krásno ore district, Slavkovský les area, Czech Republic. J Czech Geol Soc 51(1-2): 103-147
- SEJKORA J, ŠKODA R, ŠKÁCHA P, BUREŠ B, DVOŘÁK Z (2009) Nové mineralogické nálezy na Sn-W ložisku Cínovec v Krušných horách (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 17(2): 23-30
- SEJKORA J, ŠKÁCHA P (2015) Selenidy z fluoritového ložiska Moldava v Krušných horách (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 23(2): 229-241
- SEJKORA J, ŠREIN V, ŠREINOVÁ B, DOLNÍČEK Z (2017) Selenidová mineralizace uranového ložiska Potůčky v Krušných horách (Czech Republic). Bull Mineral Petrolog 25(2): 306-317
- SVERJENSKY DA (1984) Europium redox equilibria in aqueous solution. Earth Planet Sci Lett 67: 70-78
- ŠREIN V, ŠREINOVÁ B, SEJKORA J, ŠTASTNÝ M, KOLMAN B (2007) Mineralogická charakteristika metasomatického rudního ložiska Malovice u Českého Šternberka. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 14-15: 149-158
- ŠTEVKO M, UHER P, ONDREJKA M, OZDÍN D, BAČÍK P (2014) Quartz-apatite-REE phosphates-uraninite vein mineralization near Čučma (eastern Slovakia): a product of early Alpine hydrothermal activity in the Gemeric Superunit, Western Carpathians. J Geosci 59: 209-222
- VELEBIL D, PŘIBIL M (2012) Historické stříbrnorudné ložisko Vejprty v Krušných horách: geologické, ložiskové a mineralogické poměry, topografie dolů a historie dolování. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 20(1): 63-82
- VELEBIL D, SEJKORA J (2018) Bismutem bohaté tennantity z Jáchymova (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 26(2): 213-222
- WOOD SA (1990) The aqueous geochemistry of rare earth elements and yttrium. 2. Theoretical predictions of speciation in hydrothermal solutions to 350°C at saturated water pressure. Chem Geol 88: 99-125