ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
CIII (2019): 1, 5–48, 2019

PŘEHLED SUPERGENNÍCH MINERÁLŮ Ag-Pb-Zn-Cu Z HISTORICKÝCH RUDNÍCH LOŽISEK NA ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINĚ

SUPERGENE MINERALS FROM Ag-Pb-Zn-Cu BASE-METAL HISTORICAL ORE DEPOSITS AT ČESKOMORAVSKÁ VRCHOVINA HIGHLANDS, CZECH REPUBLIC; A REVIEW

EVA VÍŠKOVÁ, STANISLAV HOUZAR, VLADIMÍR HRAZDIL

Abstract

Víšková, E., Houzar, S., Hrazdil, V., 2019: Přehled supergenních minerálů Ag-Pb-Zn-Cu z historických rudních ložisek na Českomoravské vrchovině. – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 104, 1, 5–48 (with English summary).

Supergene minerals from Ag-Pb-Zn-Cu base-metal historical ore deposits at Českomoravská vrchovina Highlands, Czech Republic; A review

The work presents a brief characterization of the known oxidic minerals of the supergene zone, especially from Moldanubian Zone, Moravosilesian, Bohemian Massif). Simple ore mineralizations consist predominantly of pyrite, sphalerite, galena, arsenopyrite, and also tetrahedrite, chalcopyrite and Pb-Sb ±Ag sulphosalts in quartz and baryte-quartz ±carbonate veins. A relative simplicity of the supergene mineral assemblage follows the system of both Fe–Zn–Pb–Cu–S (±As, Ag, Bi, P, Ba, Sb, Cl) ore mineralizations and Si–Al–Ca–Mg–K–H_2O–CO_2 components of the host rocks, which is, however, quantitatively somewhat different among individual ore districts. The most abundant supergene minerals (except for Fe-oxohydroxides) are jarosite, gypsum, cerusite, anglesite, pyromorphite and malachite, occurring in almost all districts. Only in the Štěpánov ore district also brochantite and sporadic yellow Pb-Cu-Sb ochres are relatively common along with malachite, in the Brod ore district schwertmannite, scorodite, pharmacosiderite and locally pyromorphite, as well as smithsonite in Jemnice and pseudomalachite in Krucemburk are common. At other localities the above listed and other minerals (hydrozincite, plumbojarosite, kaňkite, greenockite, chrysocolla, linarite, hemimorphite, melanterite, rozenite) form only volumetrically insignificant aggregates, somewhere only in mm dimensions. Very rarely, minerals containing molybdenum (wulfenite at Kosov and Lačnov, ferrimolybdite from pyrite mineralization near Nová Bystřice), vanadium (microscopic descloisite at Krucemburk), cadmium (greenockite at Maršov and Švařec), bismuth and tungsten (sporadic stolzite, russelite and hydrokenoelsmoreite at Vysoká) and very sporadic silver were identified (Ovčín). Neither the textures of ore mineralizations nor the young geomorphological development of the Českomoravská vrchovina Highlands were not, with a few exceptions, favorable for development of thicker supergene zones, including typical gossanes.

Key words: base-metal ore mineralization, supergene zone, secondary minerals, lead, zinc, copper, arsenic, Moldanubian zone, Moravicum, Českomoravská vrchovina Highlands, Czech Republic.

Eva Víšková*, Stanislav Houzar, Vladimír Hrazdil, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic; **corresponding author*: eviskova@mzm.cz

ÚVOD

Ložiska polymetalických rud na Českomoravské vrchovině poskytovala ve 13. století stříbro, nezbytné pro rozvoj českého státu ve vrcholném středověku. Hlavním těžebním

centrem byla Jihlava, jejíž význam od roku 1249 udržovala do budoucna existence písemné formy Horního práva. Významné dolování se soustřeďovalo i v okolí dnešního Havlíčkova Brodu, Pelhřimova, Ledče nad Sázavou, Štěpánova nad Svratkou, Telče, Slavonic a Jemnice. Již koncem 13. století pak význam těchto malých ložisek po všech stránkách mnohonásobně převýšila Kutná Hora. V souvislosti se stříbrem (a zlatem) hrály místy důležitou roli také měď a olovo.

Bez zajímavosti není vysoká úspěšnost středověkých prospekčních metod, které vedly k objevení všech rudních ložisek stříbra (a zlata) v této oblasti. Všeobecně je přijímán názor, že pro tuto prospekci bylo důležité zjištění barevně nápadných oxidačních zón, prozrazujících výchozy rudních žil. Pozornost prospektorů a zvláště pak těžařů, byla údajně soustředěna především na kovy obohacené, tzv. „cementační pásmo" ve spodní části zvětralinové kůry ložisek. Nepočítaje ložiskově výjimečnou Kutnou Horu, která stojí mimo rámec tohoto přehledu, byly na Českomoravské vrchovině těženy polymetalické rudní žíly a podobné sulfidické mineralizace na několika desítkách samostatných lokalit. I po zániku mnohých pozůstatků po tomto historickém dolování existují stále místa, kde lze studovat přeměny primárních mineralizací v supergenních podmínkách; někdy jsou dokonce zpřístupněny v kamenolomech a starých důlních dílech. Vzhledem k tomu, že tyto lokality v minulosti poskytovaly také zajímavé minerály a proto byly vyhledávány sběrateli, dochovaly se mnohé vzorky ve sbírkách a lze je studovat moderními metodami.

Předkládaný přehled si dal za úkol utřídit a pokud možno kriticky zrevidovat dosavadní publikované informace o ***oxidických minerálech***, produktech zvětrávání sulfidických rud v supergenních zónách ložisek na různých lokalitách Českomoravské vrchoviny, a dát tak do budoucna podnět k dalším, preciznějším výzkumům této problematiky. Problematiku supergenní sulfidické mineralizace, včetně vzniku ryzích kovů v „cementační zóně ložisek", ponecháváme stranou.

SUPERGENNÍ PROCESY

Rudní ložiska (uvažujeme ložiska s běžnými sulfidy) byla po svém vzniku vystavena druhotným přeměnám v zóně tzv. supergeneze (zvětrávání) v oxidačních i redukčních podmínkách za nízkých teplot (obr. 1).

Supergenními procesy se rozumí povrchové a podpovrchové procesy vyvolané působením atmosférických plynů, meteorických vod a descendentních vodních roztoků. Pokud se ložisko (sulfidická rudní akumulace) dostane do připovrchových částí zemské kůry, dochází k supergenní přeměně primární mineralizace. Tak, jak se vlivem eroze nadloží dostávala blíže k povrchu a rozpukání hornin usnadnilo přístup povrchových vod, některé minerály se staly nestabilními. Primární minerály zvětrávají a na jejich úkor vznikají minerály druhotné. Typickými supergenními procesy jsou oxidace, hydratace, rozpouštění, chemické reakce s pevnými látkami a depozice různých minerálních fází. Tyto procesy zásadně mění charakter primární mineralizace, jak z chemického, tak i prostorového hlediska. Zvětrávání sulfidických minerálů produkuje asociace různých, chemicky variabilních minerálů (např. Smirnov 1956, 1983, Williams 1990).

Procesy, které se uplatňují při vzniku a postupném vývoji supergenních zón na ložisku, můžeme rozdělit na několik etap:

(a) ***uvolnění chemických prvků*** z jejich pevné vazby v primární mineralizaci – hlavními chemickými reakcemi v této etapě jsou zejména rozpouštění, redoxní reakce, hydratace, oxidační reakce a chemické reakce roztoků s pevnými látkami (Williams 1990). Hlavním procesem je pak oxidace síry, další důležité reakce jsou reakce produkující Fe^{3+} na úkor Fe^{2+}. Kationt Fe^{3+} a anion SO_3^{2-} jsou produktem oxidace pyritu, pyrhotinu nebo jiných sulfidů obsahující železo a roztoky s těmito složkami mohou vytvářet extrémně kyselé prostředí s pH <3–4. Čisté Fe^{3+} je velmi důležitým oxidačním činidlem a reaguje s další-

mi sulfidickými minerály (hlavně Cu sulfidy, galenitem, sfaleritem). Reakce s pyritem probíhají ve více etapách:

(1) $FeS_2 + {}^7/_2O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 2H^+$ – oxidace pyritu

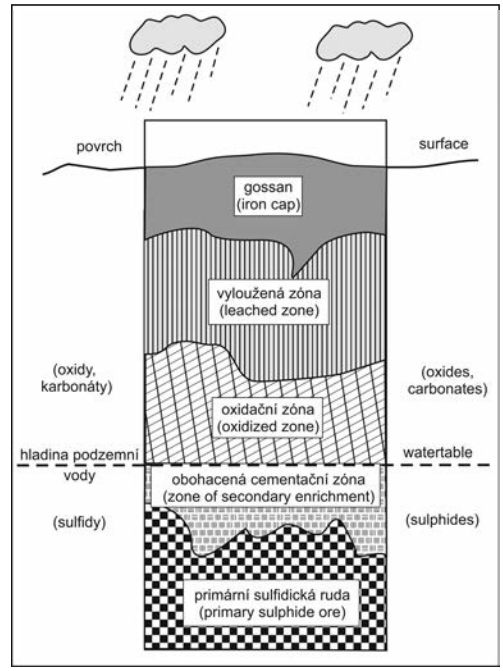
(2) $Fe^{2+} + {}^1/_4O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + {}^1/_2H_2O$ – oxidace Fe^{2+}

(3) $FeS_2 + 14\ Fe^{3+} + 8H_2O \rightarrow 15\ Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 16H^+$ – hydrolýza pyritu

Rovnice (1) popisuje úvodní fázi oxidace pyritu za přítomnosti atmosférického kyslíku (podobným způsobem zvětrává i méně stabilní markazit a pyrhotin). Oxidace Fe^{2+} (2) prudce zvyšují při nižším pH probíhající mikrobiálními procesy (např. při působení *Acidithiobacillus ferrooxidans*). Popsaná reakce za přítomnosti bakteriálních procesů nabývá až na několikanásobné intenzitě a rychlosti. Trojmocné železo Fe^{3+} je pak sekundárním oxidantem pyritu (3). Důsledkem oxidace pyritu je nejen mobilizace iontů železa, ale především produkce značně kyselých průsakových vod, které způsobují rozklad dalších přítomných minerálů. Podstatnou roli při rozkladu sulfidů hrají i procesy biologické oxidace. Síra je důležitým prvkem pro řadu živých organismů. Hlavně pro bakterie, řasy nebo rostliny, které přijímají síru jak v elementárním stavu, tak i v jiných formách. To může zapříčinit nastartování a urychlení supergenních procesů na ložisku. Poměrně rozšířenou bakterií v horninovém prostředí je např. Ferrobacillus sp. (WILLIAMS 1990).

(b) ***migrace*** uvolněných složek – nejvyšší části ložisek bývají postiženy silným vyluhováním a migrací minerálních složek. Ve vodních roztocích této části supergenní zóny je obecně převládajícím anion $(SO_4)^{2-}$ a mohou se vyskytovat i vyšší obsahy $(AsO_4)^{3-}$, $(PO_4)^{3-}$, $(VO_4)^{2-}$, $(CO_3)^{2-}$, $(MoO_4)^{2-}$.

(c) ***depozice minerálů*** ze supergenních roztoků je vyvolána změnou fyzikálně-chemických podmínek těchto roztoků. Minerální fáze v jednotlivých částech supergenní zóny se liší. V nadložním ***„železném klobouku“ (gossanu)*** dochází k výrazné akumulaci železa (obr. 1). Hojné železo z pyritu (příp. pyrhotinu, markazitu, železnatého sfaleritu nebo chalkopyritu) se uplatnilo při vzniku oxohydroxidů železa, zejména žlutohnědého zemitého goethitu *(„limonitu“)*. V jeho dutinách se někdy nacházejí i dokonale vykrystalizované sekundární minerály olova (cerusit, anglesit, pyromorfit) nebo mědi (azurit, malachit, někdy i ryzí měď).



Obr. 1. Idealizované schéma supergenní zóny (upraveno podle BATEMANA 1950 a WILLIAMSE 1990).

Fig. 1. Idealized scheme of supergene zone (modified by BATEMAN 1950 and WILLIAMS 1990).

V ***oxidační zóně*** kromě odolného křemene, i když i ten částečně podléhal rozpouštění a redistribuci, došlo k rozkladu sulfidů, zejména hojného pyritu (FeS_2). Roztoky se tím stávaly silně kyselými v důsledku oxidace uvolněné síry, vzniku kyseliny sírové a agresívně působily na své okolí. Tak se do roztoků dostávaly další a další prvky a chemické reakce se stávaly složitějšími. Svoji roli tam hraje kromě přítomnosti vody i dostupnost kyslíku, ale i chlóru a fosforu. V zóně zvětrávání docházelo i k přemístění rudních složek a jejich opětovnému vysrážení v podobě nových minerálů. Tak např. stříbro obsažené původně jen jako stopová příměs v sulfidu olova (galenitu) se uvolnilo a vykrystalizovalo v podobě samostatných plíšků a drátků ryzího kovu. Běžná je zejména přeměna sulfidů na sloučeniny s kyslíkem, kdy vzniká např. síran olova anglesit, uhličitany mědi malachit a azurit, fosforečnan olova pyromorfit a stovky dalších. I mezi supergenními minerály dochází navzájem k dalším přeměnám, např. ze sfaleritu vzniklý druhotný uhličitan smithsonit se mění na složitější (hydro)uhličitan hydrozinkit.

Části ložisek na styku vod bohatých kyslíkem s redukčními podmínkami panujícími hlavně pod hladinou podzemní vody tak byly obohaceny o stříbro; jde o tzv. ***cementační zónu***. Také mědí relativně chudší chalkopyrit ($CuFeS_2$; s obsahem 35 hm. % Cu a s malou příměsí stříbra) se tam přeměňuje v mědí bohatý kuprit (Cu_2O; s 89 hm. % Cu), chalkozín (Cu_2S; s 80 hm. % Cu) nebo covellín (CuS; s 66 hm. % Cu) s vrostlicemi supergenních Ag-minerálů, ryzím stříbrem nebo dokonce v ryzí měď s příměsí Ag. Ze světa známe i velká exogenní ložiska drahých kovů, mědi a zinku vzniklá zvětráváním původních sulfidických ložisek s nízkou kovnatostí. Takové silné zvětrávání, např. v tropických podmínkách, může zasahovat až do hloubky několika set metrů (Tsumeb v Namibii, v Africe).

Faktory ovlivňující charakter supergenní zóny můžeme v principu rozdělit na dvě základní skupiny, na regionální a lokální. Regionální faktory ovlivňují stejnou měrou všechny rudní akumulace dané oblasti, zatímco lokální ovlivňují pouze jednu konkrétní rudní akumulaci (Smirnov 1956, 1983, Williams 1990).

Mezi regionální faktory řadíme:

(a) charakter klimatu, kdy největší vliv má průměrná roční teplota a množství srážek. Nejpříznivější klimatické podmínky pro přeměnu připovrchových částí ložisek se vyskytují v tropických oblastech s pravidelnými srážkami. Naopak velmi nepříznivé je studené polární klima.

(b) morfologicko - tektonické faktory, hlavně rychlost eroze. Supergenní zóna se může vyvíjet pouze v takových geomorfologických podmínkách, kde je rychlost oxidace vyšší než rychlost eroze. Tektonické dislokace a deformace mají význam nejen pro vznik supergenních ložisek, jejich hloubkový dosah, ale také pro jejich další existenci. Hlavními znaky tektonického předurčení vzniku supergenních ložisek jsou jednotlivé poruchy, poruchové systémy, zlomová pásma, doprovázená puklinatostí. Tyto dislokace vytvářejí předpoklady ke vzniku velmi rozsáhlých a hlubokých supergenních zón.

(c) všeobecné rysy metalogeneze – zejména společné zastoupení jednotlivých prvků a jejich minerální vazba.

Mezi lokální faktory zařazujeme:

(a) mineralogické a strukturně-texturní poměry ložiska (charakter rudního tělesa) – na jehož minerálním složení primárních rud závisí rychlost supergenních procesů. Různé sulfidy se přeměňují různou rychlostí. Je také zřejmé, že ložiska složená z nepravidelných agregátů různých sulfidů, uložených v relativně snadno rozpustné karbonátové žilovině s častým výskytem drúzových dutin, budou supergenním přeměnám podléhat mnohem výrazněji, než když budou sulfidické rudy uloženy v masivní nerozpustné křemenné žilovině.

(b) charakter okolorudního horninového prostředí – toto je důležitý faktor, který určuje intenzitu a hloubku, do níž mohou proniknout atmosférické plyny, meteorické vody a descendentní vodní roztoky. Pokud jde o ložisko uložené v porézním pískovci nebo puklinově propustném vápenci, mají povrchové vody snadný přístup k různým částem ložiska. Naopak např. nepropustný kvarcit tyto procesy zpomaluje. Významná světová ložiska rud

supergenního charakteru jsou často uložena ve snadněji rozpustných vápencích, zvláště v tropických podmínkách.

(c) úložní poměry ložiska – týká se to převážně úklonu rudní akumulace, jeho polohy na styku s různých hornin a pokrytí nepropustnými horninami.

(d) vliv hladiny podzemní vody – hladina podzemní vody představuje pomyslnou hranici mezi oxidační a redukční (cementační) zónou. Není však stálá a v průběhu času se mění. V případě plynulého klesání hladiny podzemní vody jsou vytvořeny nejpříznivější podmínky pro vývoj supergenní zonálnosti. Pokud hladina naopak stoupá, je část již vzniklé supergenní zóny podzemními vodami zatopena a proces přeměn je zastaven.

STRUČNÁ GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA STUDOVANÉ OBLASTI

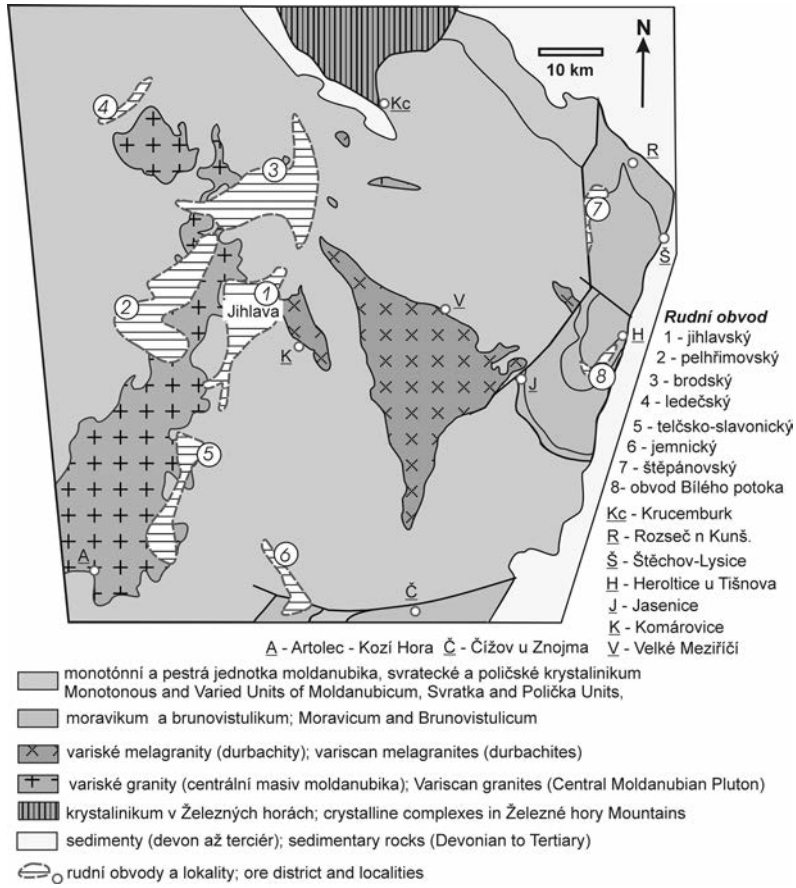
Oblast známých výskytů ložiskově významných polymetalických mineralizací na Českomoravské vrchovině náleží z geologického hlediska k moldanubické zóně, a to k monotónní, pestré a gföhlské jednotce moldanubika, dále ke svrateckému a poličskému krystaliniku. Četná, ale s výjimkou okolí Štěpánova nad Svratkou, rozsahem nepatrná ložiska, se nacházejí v olešnické, příp. bítešské jednotce moravika. Stříbrem chudé (s výjimkou Heroltic) mineralizace se vyskytují při tektonickém styku moravika s brunovistulikem (rudní obvod Bílého potoka). Ojedinělý výskyt u Krucemburku náleží již ke hlinské zóně paleozoického stáří (Mísař *et al.* 1983, Cháb *et al.* 2008, Lardeaux *et al.* 2014).

Maximum polymetalických a podobných rudních mineralizací je prostorově soustředěno do oblasti centrálního masivu moldanubika, další výskyty, bez prostorové vazby na plutonické horniny, jsou po obvodu svratecké klenby moravika (obr. 2).

Oblast Českomoravské vrchoviny prodělala od středního proterozoika složitý geologický vývoj, spojený s metamorfózou hornin amfibolitové až granulitové facie. Metamorfované horniny různého původu (pararuly, migmatity, kvarcity, amfibolity, mramory, granulity, serpentinity, eklogity) byly v několika etapách proniknuty granity až melagranity (durbachity), žilami pegmatitů a lamprofyrů. Nejrozsáhlejší magmatickou aktivitu představovala intruze granitů moldanubického plutonu koncem karbonu (Mísař *et al.* 1983, Cháb *et al.* 2008). Tato byla následována výraznou hydrotermální aktivitou, při níž vznikly složité systémy křemenných, baryt-křemenných a karbonátových, často rudonosných žil, s podílem zlata, stříbra, mědi i dalších kovů.

V současnosti lze vymezit několik rudních obvodů, doplněných o některé jednotlivé izolované lokality. Je to zejména ***jihlavský*** rudní revír s bohatými výskyty Ag-Pb-Zn rud v křemenných až barytových žilách (± karbonáty) s galenitem a světlým sfaleritem (mineralizace ***pol*** ve smyslu Bernarda 1991, 2000), zatímco mineralizace ***k-pol*** s hojnějším pyritem, železnatým sfaleritem a arzenopyritem je tam vzácnější (Pluskal a Vosáhlo 1998). Jemu je částečně podobný ***štěpánovský*** rudní revír a některé další obdobné výskyty po obvodu svratecké klenby, které se však místy odlišují vyšším podílem chalkopyritu v křemenných žilách. Příměs mědi v rudních asociacích je typická pro rudní obvod ***Bílého potoka*** v moraviku, který je také charakteristický významným podílem barytu (± fluorit). Připomíná obdobnou mineralizaci v brunovistuliku na Tišnovsku (Květnice, Dřínová), která se nachází již mimo oblast Českomoravské vrchoviny.

Jiný charakter má v minulosti značně významný revír (havlíčko)***brodský*** a jemu podobný ***pelhřimovský*** (včetně Jezdovic, řazených k jihlavskému obvodu) a malý obvod ***ledečský***. Ve všech případech je pro jejich minerální asociaci charakteristický pyrit, arzenopyrit a železnatý sfalerit s podílem india. Galenit je tam poněkud potlačen a baryt zcela chybí (mineralizace ***k-pol***); za zmínku stojí místy i obsah zlata v rudách (Česká Bělá, Ovčín). Poněkud odlišná je složitá hydrotermální wolframová mineralizace, lokálně s pyritem, arzenopyritem, galenitem, akcesorickými teluridy, ojediněle se sporadickým zlatem nebo ryzím stříbrem (např. Vysoká v brodském revíru, Pauliš *et al.* 2014).



Obr. 2. Geologická situace rudních obvodů a jednotlivých lokalit na Českomoravské vrchovině.
Fig. 2. Geological situation of ore districts and individual localities in the Českomoravská vrchovina Highlands.

Nepřítomností barytu, karbonátů a několikaetapovým vývojem mohutných křemenných žil se vyznačuje také ***telčsko-slavonický*** rudní obvod. Zrudnění galenitu s hnědým sfaleritem a akcesorickým chalkopyritem má charakter drobných vtroušenin v křemeni, lokálně byly pravděpodobně vyvinuty mocnější rudní čočky bohaté stříbrem (např. Dobrá Voda u Mrákotína).

Malý rudní obvod v ***okolí Jemnice***, dosud nepříliš prozkoumaný, reprezentuje zejména historicky významná lokalita v Jemnici (U havířských jam). Je specifická hojným galenitem a nízkoteplotním červenožlutým sfaleritem v křemen (křišťál) – dolomit – kalcitové žilovině s chloritem a připomíná spíš *alpskou mineralizaci*.

Minerální asociace těchto rudních ložisek a výskytů byly postupně dotvářeny v mladších geologických obdobích supergenními přeměnami pokračujícími až do období mladších třetihor (Holub 2007). Od té doby se oblast Českomoravské vrchoviny jako celek postupně mírně zvedá a v řadě případů dnešní erozní úroveň dosáhla kořenových částí zrudněných žil relativně chudých užitkovými kovy nebo tyto žíly úplně odstranila. Tento proces je mj. patrný v množství rozsypových anomálií zlata v její centrální části, k nimž většinou chybějí prokazatelné primární zdroje (Morávek *et al.* 1992).

ZÓNY SUPERGENEZE NA ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINĚ

O tom, jak vypadaly zvětráním přepracované (obohacené) rudy na Českomoravské vrchovině, známe velmi málo, protože supergenní zóny byly takřka bezezbytku vytěženy už ve 13.–14. století. Naši předkové pracovali tak dokonale, že někteří ložiskoví geologové o zdejší přítomnosti dokonaleji vyvinutých a mocnějších supergenních zón dokonce pochybují. Pravdou je, že horninové složení, charakter zrudnění ani geomorfologický vývoj Českomoravské vrchoviny, zejména vliv neotektonických pohybů od mladších třetihor, vývoj mocnějších oxidačních a cementačních zón příliš nepodporovaly (Holub 2007).

V každém případě však byly supergenní zóny obohacené drahými kovy alespoň lokálně na Vysočině přítomny. Typický železný klobouk (gossan) se zachoval např. na ložisku Jasenice nebo na některých malých ložiskách na Bílém potoce u Tišnova. Výrazná oxidační, příp. cementační zóna s minerály mědi, je známa z ložiska Borovec u Štěpánova nad Svratkou, místy i na ložisku Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu (arzenová minerální asociace).

Poněkud specifickým, a z hlediska rudních ložisek na Českomoravské vrchovině významným, je výskyt zvětralin obohacených grafitem, které mohly být nositelem stříbra na některých výskytech jihlavského a štěpánovského revíru (starohorské rudní pásmo – tzv. Starohorský couk, Rozseč nad Kunštátem, Letny u Pelhřimova). Zvýšené obsahy stříbra v grafitických horninách, tzv. „černých lupcích“, oproti primárním galenitovým rudám v křemenných i barytových žilách, zaznamenali těžaři na Jihlavsku už v 18. století (Grossmanová *et al.* 2014). Myšlenku elektrochemického obohacení grafitických hornin stříbrem v zóně zvětrávání zde nejlépe propracoval Holub (2007).

Výše zmíněné obohacené zvětraliny jsou patrně paleogénního (starotřetihorního), možná i křídového (druhohorního) stáří a místy tvoří přímé podloží sedimentům miocénního až pliocénního stáří, např. u Jihlavy (Veselá 1976).

Relativně mladý nerovnoměrný zdvih Českomoravské vrchoviny spojený s erozí vedl k odstranění třetihorních „tropických“ zvětralin a vyloužení rudního materiálu z povrchových částí žil až do hloubek minimálně desítek metrů. Křemenné žíly, tímto vyloužením silně poznamenané, byly dále destruovány mrazovým zvětráváním v pleistocénu a posléze na mnoha místech vypreparovány v podobě křemenných valů. Za příklad mohou sloužit křemenné žíly v telčsko-slavonickém revíru, které lze ve výchozech nejlépe sledovat např. v okolí Českého Rudolce na Slavonicku. Typickým představitelem je Přední Radlický vrch, ležící na JV od Radlic u Dačic, kde vystupuje několik kilometrů dlouhá mohutná žíla bílého křemene s četnými drobnými dutinami po vyvětralých silikátech, příp. sulfidech. K ní se druží nevelká kamenná moře s bloky křemene až 3 m^3 velkými; mezi nimi se nachází soliflukcí (?) zvlněný terén. Přirozené výchozy této žíly, lokálně s nepatrným obsahem vtroušeného sulfidického zrudnění, tu byly důvodem k založení dvou větších a několika menších šachtic. Rudní materiál s převládajícím sfaleritem, pyritem a galenitem je vyloužen a tyto minerály nalezneme pouze v reliktech. Původní stříbronosný chalkopyrit je supergenně zcela přeměněn v covellín s malým podílem akantitu (viz níže). Drobné dutiny po vyvětraných sulfidech a trhliny v jejich okolí jsou povlečeny nápadnými hnědými a žlutými povlaky síranů železa a olova, místy i goethitem (Hrazdil *et al.* 2018).

PŘEHLED SUPERGENNÍCH MINERALŮ ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINY

Alofán $Al_2O_3(SiO_2)_{1,3\text{-}2,0} \cdot 2,5\text{–}3,0H_2O$

Amorfní jílový minerál, tvořící obvykle bílé až slabě namodralé povlaky, je spíše přehlížený než vzácný na různých lokalitách jihlavského a štěpánovského revíru.

U Jihlavy byl zjištěn na odvalech starohorského couku u Horního Kosova-Prachárny (obr. 3) a u Kosova (Berggrub) v asociaci s opálem a pyromorfitem. V Borovci byl určitou dobu chybně pokládán za fosfát evansit (srov. Pelz 2000). Nápadnější je pouze na lokali-

tách, kde je příměsí mědi výrazněji zbarven do modra či modrozelena. Takový alofán byl určen např. ve štolách železnorudného ložiska s drobným polymetalickým zrudněním v rudním obvodu Bílého potoka (důl Tereza ve „Stříbrnici"), kde byl rentgenometricky potvrzen jeho amorfní charakter (HOUZAR *et al.* 2012). Uváděn je též z Pekelské štoly u Stříbrných Hor v asociaci s malachitem (DOBEŠ a MALÝ 2001).

Obr. 3. Bílý alofán na chalcedonu a drobně krystalovaném křemeni, Horní Kosov – Prachárna. Foto R. Kummer, šířka záběru 1,2 mm.

Fig. 3. White allophane on chalcedony and tiny crystalline quartz, Horní Kosov – Prachárna. Photo by R. Kummer, width of 1.2 mm.

Alunogen $Al_2(SO_4)_3(H_2O)_{12} \cdot 5H_2O$

Vzniká při zvětrávání sulfidů, převážné pyritu, a následnou reakcí s horninami bohatými na hliník. Nachází se jako součást povlaků spolu s gibbsitem v blízkosti rudní žíly v lomu Pohled, kde byl identifikován rentgenometricky (DOBEŠ a MALÝ 2001). Nacházel se také dříve jako (sub)recentní minerál na odvalech v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. Tvořil tam žlutobílé pupencovité agregáty a krusty a byl identifikován rentgenometricky ve směsi s halotrichitem (HOUZAR *et al.* 2011).

Anglesit $Pb(SO_4)$

Tento rozšířený, ale málokdy exaktně určený minerál, bývá často uváděn společně s cerusitem v nábrusech navětralého galenitu, kde vzniká jeho přeměnou jako nejstarší supergenní minerál olova (obr. 4.). Většinou je na všech jeho výskytech jen mikroskopický.

Obr. 4. Zelený anglesit v dutině alofánu s chalcedonem, Horní Kosov – Prachárna, foto R. Kummer, šířka záběru 1,2 mm.

Fig. 4. Green anglesite in allophane – chalcedone cavity, Horní Kosov – Prachárna, photo R. Kummer, width 1.2 mm.

Lokalit je velké množství; zaznamenán byl na základě optických vlastností např. v Borovci (Jansa 1956), v Jasenici (Malý 2000b), Herolticích u Tišnova (Malý 2004) a v Jemnici (Houzar a Pošmourný 1991), vesměs jako přímý produkt zatlačování galenitu. Na základě chemické analýzy jej určili Houzar a Malý (2002) ze Švařce – Na Panisádku. Drobné viditelné krystaly anglesitu nalezl J. Miškovský na starohorském couku u Jihlavy (lokalita „Prachárna“).

Aragonit $Ca(CO_3)$

V domnění, že jej lze snadno poznat, je mylně uváděn sběrateli minerálů z různých lokalit, jde však ve skutečnosti převážně o kalcit, jenž tvoří běžně aragonitu podobné povlaky, resp. paprsčité agregáty jehlicovitých krystalů (např. Štěpánov-štola Mír, Borovec – Kupferštola, Stříbrné Hory – Pekelská štola).

Ve skutečnosti je aragonit poměrně vzácným minerálem, který byl bezpečně určen pouze na několika lokalitách, např. v Jihlavě (Starohorský couk, *J. Miškovský, nepublikováno*) a v Korouženské štole; vzácně se nachází na grafitických fylitech v Rozseči nad Kunštátem. Tvoří bílé povlaky s koncentrickou stavbou o mocnosti 1–2 mm nebo radiálně paprsčité agregáty z jemných jehlicovitých krystalů. Vzniká tam prakticky výhradně na grafitických fylitech (Malý 1993, 1997b, Malý 2000a). Společně se sekundárním kalcitem tvoří čiré nebo bílé krystalky, někdy vějířkovitě srůstající, na lokalitě Štěchov-Lačnov, kde byl určen rentgenometricky (Malý 1999b).

Aurichalcit $(Zn,Cu)_5(CO_3)_2(OH)_6$

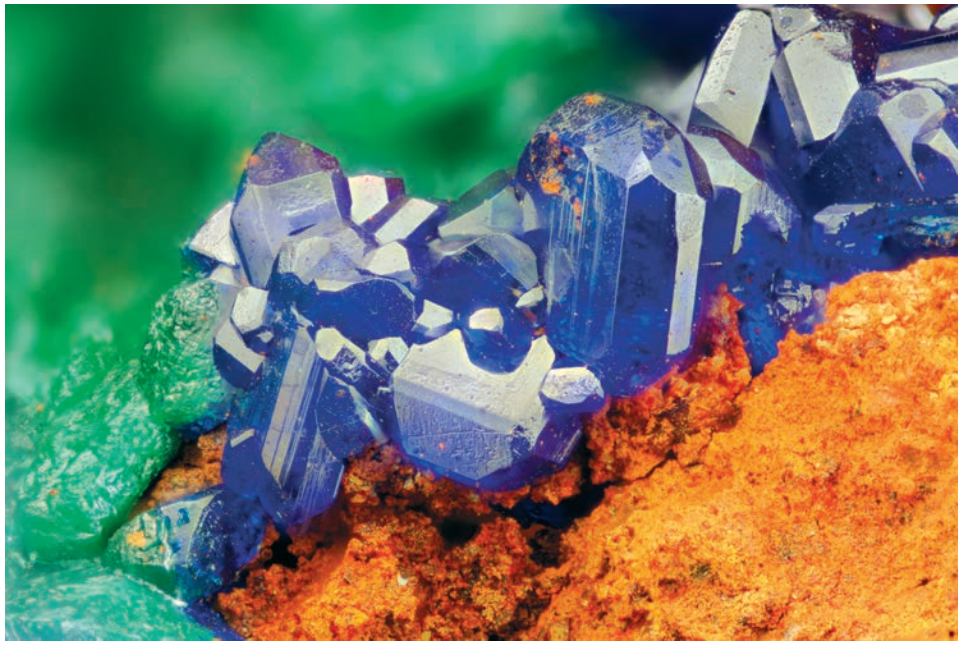
Pouze na základě optických vlastností drobných nazelenalých a modrozelených jehliček předpokládá jeho výskyt v Maršově - Stříbrná zmola M. Novák (KRUŤA 1980). Ač se aurichalcit občas zmiňuje v topograficko-mineralogické literatuře, nebyl bezpečně potvrzen z žádné lokality na Českomoravské vrchovině. Velmi tenké modrozelené povlaky Cu-Zn minerálů známe z několika rudních výskytů (např. odvaly šachtice štoly Marie Terezie v Mírovce nebo Jasenice). Zatím se je nepodařilo nikde blíže určit, kromě aurichalcitu připadají v úvahu i jiné minerály jako např. serpierit nebo zincowoodwardit, apod.

Auripigment As_2S_3

S arzenopyritovým zrudněním (± černý sfalerit, pyrit) v křemenných žilách u Sumrakova (u Telče) se vedle Na-bohatého farmakosideritu a skoroditu objevil ojediněle i zlatavě žlutý jemnozrnný auripigment. Na vzorku od P. Chlupáčka byl jeho práškovitý agregát fixován lepidlem; jeho výskyt je tam i parageneticky velmi pochybný a nebyl nikdy zopakován (HOUZAR *et al.* 1999).

Azurit $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$

Vedle hojného malachitu je azurit běžně uváděn z různých rudních lokalit na Českomoravské vrchovině (KRUŤA 1966), konkrétní RTG a chemická data potvrzující jeho určení však vesměs chybějí. Často býval zaměňován za linarit (Koroužné, Helenín). Pravděpodobně nejkrásnější drobné tabulkovité krystaly velikosti až několika mm (obr. 5) v rámci Českého masivu pocházejí ze štěpánovského rudního revíru (štola Mír, štola Na Bukovské



Obr. 5. Dokonalé krystaly azuritu s malachitem a limonitem, Borovec - štola Mír. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,4 mm.

Fig. 5. Perfect crystals of azurite with malachite and limonite, Borovec - Mír adit. Photo R. Kummer, width 2.4 mm.

a jinde v okolí). Převažují tam drobně krystalické agregáty na limonitu a modré práškovité povlaky na trhlinách křemene i kalcitu (Burkart 1953, Kráčmar 1987, Houzar a Malý 2002 aj.).

Podobné drobně krystalické agregáty azuritu se vyskytly i u Javůrku (hlavně lokality Stříbrná zmola u Maršova a Šmelcovna - Bezručova skála) odkud jej popsali Malý (1997a) a Houzar *et al.* (2012) v asociaci s malachitem, chalkopyritem a tetraedritem. Na rozdíl od malachitu se azurit nachází vždy v blízkosti nebo přímo na tetraedritu, z kterého zde převážně vznikl. Z lokalit lze zmínit také Jasenici u Velké Bíteše, kde tvoří drobné agregáty zatlačující zrna chalkopyritu a tetraedritu (Malý 2000b), naopak v jihlavském, brodském, pelhřimovském a telčsko-slavonickém revíru je jen ojedinělý nebo chybí.

Beaverit $Pb(Fe^{3+}{}_2Cu)(SO_4)_2(OH)_6$

Žluté povlaky a agregáty Pb-Fe-Cu síranu (obr. 6) v asociaci s malachitem a tetraedritem ze štoly Mír ve Štěpánově byly rentgenometricky určeny jako minerál alunitové skupiny odpovídající nejspíše beaveritu (Houzar a Malý 2002), avšak jeho bližší určení vyžaduje přesnější stanovení chemického složení.

Obr. 6. Žluté jemnozrnné agregáty beaveritu (?) na křemeni, Štěpánov nad Svratkou. Foto F. Fojtík, velikost vzorku 5 cm.

Fig. 6. Yellow fine-grained aggregates of beaverite (?) on quartz, Štěpánov nad Svratkou. Photo F. Fojtík, sample size 5 cm.

Beudantit $PbFe^{3+}{}_3(AsO_4)(SO_4)(OH)_6$

Jako produkt zvětrávání galenitu tvořil beudantit velmi vzácně zelenavě žluté povlaky spolu s azuritem ve štole Mír v Borovci u Štěpánova nad Svratkou (Houzar a Malý 2002). Dále se nachází v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu, kde jej doprovází goethit a skorodit v arzenem bohaté haldovině; zde je patrně recentního původu (Kocourková *et al.* 2011).

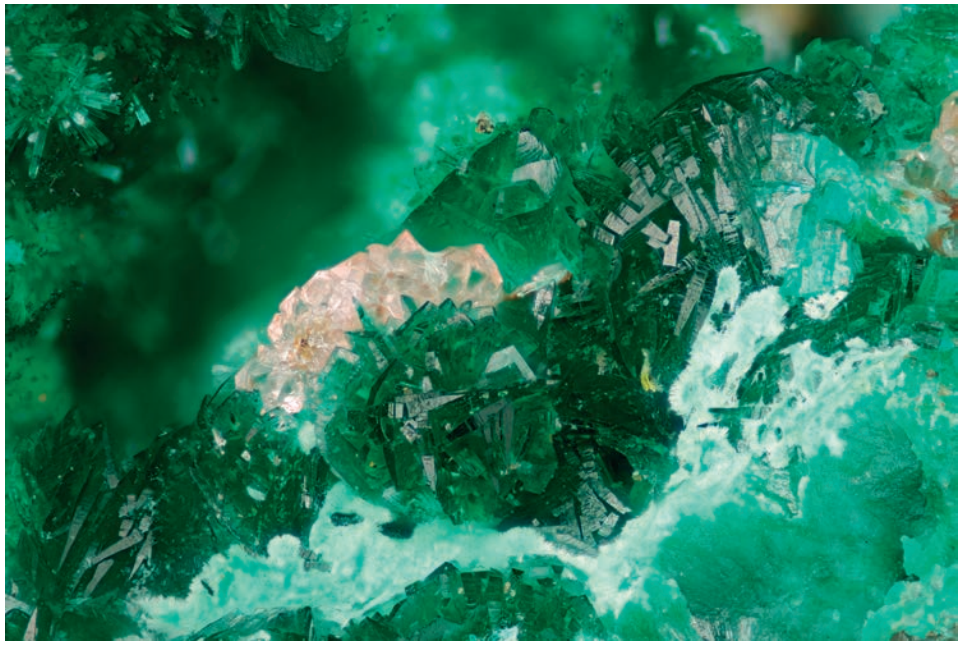
Nově byl beudantit nalezen u Dvorců (hosovská žíla) v jihlavském rudním revíru (Pauliš *et al.* 2013b). Tamní haldový materiál je velmi chudý na rudní minerály. V nevel-

kých úlomcích bílé a nahnědlé křemenné žiloviny se vyskytují až několik mm velká zrna a nedokonale vyvinuté krystaly pyritu, vzácněji se objevují zrnitý galenit a arzenopyrit. Spolu s touto primární mineralizací se vyskytuje skromná supergenní mineralizace, reprezentovaná nenápadnými, světle žlutými a nazelenalými povlaky a tenkými krustami beudantitu, vzácně s velmi drobnými nedokonale vyvinutými krystaly. Beudantit byl zjištěn na puklinách v těsné asociaci s primární rudní mineralizací, jejichž přeměnou vznikl. Byl určen rentgenograficky a i jeho chemické složení (EDX) odpovídá hodnotám uváděným pro beudantit (Pauliš *et al.* 2013b).

Brochantit $Cu_4(SO_4)(OH)_6$

Štola Mír byla v šedesátých letech minulého století druhým zjištěným výskytem tohoto minerálu v Československu. Brochantit se vyskytuje v nepravidelných dutinách silně kavernózního mléčně bílého křemene, kde narůstá na starší malachit (obr. 7). Tvořil agregáty tabulkovitých až lístkovitých krystalů smaragdově zelené barvy se silným skelným leskem (Čech 1961). Nověji se však ukázalo, že je relativně běžným minerálem štěpánovského rudního revíru a vyskytuje se ve více formách od zelených agregátů složených z drobných krystalů až po zelené krystalické povlaky a výplně dutin (Malý 2000a). Od běžného malachitu jej makroskopicky odlišuje poněkud modrozelená barva agregátů.

Nověji byl určen Paulišem *et al.* (2018d) na lokalitě Krucemburk, kde se nachází spolu s malachitem a chryzokolem na vzorcích zrudněných sfaleritem, chalkopyritem a galenitem.



Obr. 7. Drobně krystalický brochantit (uprostřed) s kalcitem a drobnými prizmatickými krystaly malachitu (vlevo nahoře), Štěpánov nad Svratkou – štola Mír. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,2 mm.

Fig. 7. Finely crystallized brochantite (in centre) with calcite and small prismatic crystals of malachite (upper left), Štěpánov nad Svratkou – Mír adit. Photo by R. Kummer, width 2.2 mm.

Cerusit $Pb(CO_3)$

Velmi hojný minerál je běžným produktem přeměny galenitu na všech Pb-Zn rudních lokalitách na Českomoravské vrchovině, zejména na žilách zmíněné asociace ***pol***. Převážně zatlačuje společně s anglesitem galenit po trhlinách nebo tvoří i samostatné žilky. Časté jsou i jehlicovité, někdy rýhované bílé a bezbarvé krystaly různých tvarů, velikosti až několik mm, nebo bezbarvé krystalické agregáty až malé drúzy krystalů.

Byl hojný zvláště na lokalitách starohorského couku u Jihlavy – U Prachárny (obr. 8) a na dalších lokalitách v jihlavském revíru.

Mikroskopický a jemnozrnný cerusit je také běžným produktem přeměny galenitu na téměř všech lokalitách ve štěpánovském rudním revíru (Houzar a Malý 2002). Rovněž v Horních Loučkách u Tišnova je cerusit běžný; jeho identifikace byla potvrzena EDX analýzou. Tvoří tam šedobílé povlaky na galenitu nebo nepatrné krystaly v drobných dutinkách. Mikroskopicky lze cerusit pozorovat jako lemy galenitových zrn, místy s kolomorfní strukturou (Hrazdil *et al.* 2003).

Hojné jsou také světle i tmavě šedé povlaky, někdy zbarvené jemnými inkluzemi stříbra nebo spíše akantitu, např. v Rohozné v pelhřimovském revíru (Litochleb 1979).

Z Javůrku u Velké Bíteše byl popsán cerusit jako součást limonitu, v němž tvoří tmavě šedá či čirá zrna (identifikován IR spektroskopií), společně s galenitem. Galenit je kolem okrajů a podél ploch štěpnosti často přeměněn na cerusit, který ho jehličkovitými shluky prorůstá. Místy je přeměna tak intenzivní, že galenit tvoří pouze relikty v cerusitu (Malý 1997a). Je znám rovněž z Heroltic u Tišnova (Malý 2004). Také Houzar *et al.* (2012) jej uvádějí z Javůrku – Prokšovina, kde jsou ojedinělé úlomky barytové žiloviny zrudněné galenitem téměř úplně přeměněným v cerusit. Nejnověji byl identifikován z kamenolomu v Pohledu v brodském revíru (až 3 mm velké, čiré nebo bělavé krystaly) a z Krucemburku, kde se nachází v drobných dutinách a na trhlinách křemene spolu s drobnými zrny alterovaného galenitu (Pauliš *et al.* 2012b, 2018d).

Obr. 8. Krystal cerusitu v trhlině barytu, Jihlava – Prachárna. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,4 mm.
Fig. 8. Crystal of cerusite in a fissure of barite, Jihlava – Prachárna. Photo by R. Kummer, width 2.4 mm.

Corkit $PbFe^{3+}{}_3(SO_4)(PO_4)(OH)_6$

Vzácně byl identifikován na jednom z odvalů v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu WDX analýzou jako jemnozrnná součást písčito-jílovité složky rozvětralé hlušiny (Kocourková *et al.* 2011).

Na lokalitě Vysoká u Havlíčkova Brodu tvoří velmi drobné krystalické agregáty skelně lesklé, olivově zelené až hnědozelené barvy, které porůstají polokulovité agregáty limonitu v dutinách velikosti 2–4 mm. Byl určen rentgenometricky a EDX chemickou mikroanalýzou (Pauliš *et al.* 2012a).

V Radlicích u Dačic byl nalezen ve formě tenkých žlutozelených až nažloutlých povlaků narůstajících na pyromorfit, avšak častěji se nachází na krystalech křemene. Častý je v tenkých, drobně krystalických žlutohnědých a žlutých povlacích společně s plumbojarositem a hematitem na trhlinách křemenné žiloviny ve výchozech vyloužených rudních žil (obr. 9; Hrazdil *et al.* 2018).

Obr. 9. Drobné krystaly corkitu s goethitem a plumbojarositem, Radlice u Dačic. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,4 mm.

Fig. 9. Small crystals of corkite with goethite and plumbojarosite, Radlice near Dačice. Photo R. Kummer, width 2.4 mm.

Delafossit $Cu^{1+}Fe^{3+}O_2$

Ve směsi minerálů („stilpnosiderit“) ho na základě rentgenometrie uvádějí Novotný a Kvaček (1968), později byl sporadicky nalezen ve směsi s goethitem a tenoritem v Borovci ve štěpánovském rudním revíru (Kráčmar 1987). K jeho identifikaci by bylo třeba využít i jiné metody a přesnější chemické analýzy.

Descloizit $PbZn(VO_4)(OH)$

Pouze mikroskopicky byl velmi vzácně zjištěn v Krucemburku, kde zarůstá do pseudomalachitu (Toman *et al.* 2016).

Destinezit $Fe^{3+}{}_2(PO_4)(SO_4)(OH)\cdot 6H_2O$

Na základě rentgenometricky určeného jediného vzorku uvádí Luna (2005) destinezit od Vlastkovce (telčsko-slavonický revír). Na jeho originálním vzorku, uloženém ve sbírce Moravského zemského muzea (dále MZM), tvoří běložluté kuličkovité agregáty velikosti < 2 mm v dutinách bílého křemene a nenápadné povlaky (Hrazdil *et al.* 2018). Jeho určení nelze považovat za dostatečné; nebyl již nikdy v zájmové oblasti zjištěn.

Devillin $CaCu_4(SO_4)_2(OH)_6 \cdot 3H_2O$

Byl nalezen a popsán Paulišem *et al.* (2013c) z rudní žíly v kamenolomu u Pohledu u Havlíčkova Brodu. Tvoří blankytně modré, tence lupínkovité krystaly až do velikosti 1 mm, které ve shlucích narůstají do dutin po zvětralém chalkopyritu. Chemické složení devillinu bylo ověřeno mikroanalýzou (metoda EDX) a odpovídá teoretickému složení udávanému pro tento minerál (Pauliš *et al.* 2013c)

Epsomit $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$

Uvádí jej Cílek (1993, 1996) z Čížova u Znojma (Kozí stezky) spolu s pickeringitem a sírany s obsahem Mg-Al a K-Fe-Mg. Dále byl určen na základě rentgenových práškových dat ve směsi s halotrichitem na odvalech v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. Tyto (sub)recentní minerály se vyskytovaly v podobě žlutobílých pupencovitých agregátů a krust. Epsomit z Dlouhé Vsi má vyšší obsah Fe (~0,40 % Fe, 0,55 % Mg a 0,05 % Zn; vše v hm. %) a narůstá na rozenit-melanterit (Houzar *et al.* 2011).

Farmakosiderit $KFe^{3+}{}_4(AsO_4)_3(OH)_4 \cdot 6–7H_2O$
Bariofarmakosiderit $Ba_{0,5}Fe^{3+}{}_4(AsO_4)_3OH)_4 \cdot 5H_2O$

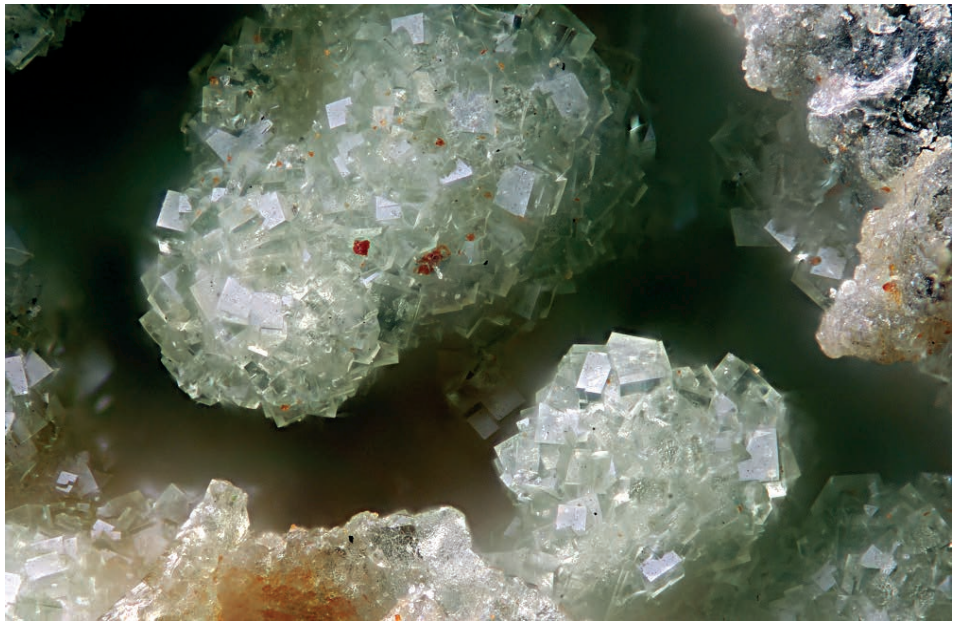
Farmakosiderit byl již dříve nalezen a popsán Fojtem (1960) v brodském revíru z Dlouhé Vsi na odvalu šachtice Š-2, která zastihla zbytek arzenem bohaté supergenní zóny. Identifikován byl pomocí rentgenometrické analýzy a spektrální analýzy. Tvoří jemné nesouvislé povlaky (obr. 10), buď přímo na žilném, mléčně zakaleném porézním křemeni, který uzavírá místy útržky rozložených okolních hornin, shluky sericitu a zbytky resorbovaného arzenopyritu, nebo nasedá na slabou kůru limonitu.

Z menšího zrudnění v granitech moldanubického plutonu v Sumrakově u Telče byl popsán Na-bohatý farmakosiderit. Tvoří práškovité až zemité povlaky šedavě nazelenalé barvy, místy s výrazným hnědým odstínem (pravděpodobně od příměsi hydratovaných Fe oxidů, vznikajících jeho rozkladem). Na některých místech byl pozorován ve vývoji ledvinitých agregátů milimetrových rozměrů, jejichž povrch je tvořen izometrickými krystaly o velikosti nepřesahující 5–10 µm. Určen byl rentgenometricky a rovněž z chemických analýz vyplývá, že se jedná o přechodný člen mezi farmakosideritem a sodium-farmakosideritem s poměrem K:Na zhruba 1:1 a pouze s malým obsahem alumofarmakosideritové komponenty (Houzar *et al.* 1999).

Některé farmakosiderity v pelhřimovském a brodském revíru obsahují určitý podíl barya, přesnější analýzy však většinou nebyly publikovány. K takovým patří např. rentgenometricky určený Ba-bohatý farmakosiderit z Rohozné. Tvořil tu až 2 mm velké tmavozelené až žlutohnědé krystaly, tvarem blízké krychlovým až tlustě tabulkovitým a drobné krystalické agregáty (Litochleb 1979). Velmi podobný pseudokubický žlutavý minerál je ojediněle znám i z okolí Michalovic v nejzápadnější části brodského revíru *(nepublikováno)*.

K ojedinělým výjimkám náleží polytyp označovaný jako **bariofarmakosiderit-Q**, určený rentgenovou práškovou difrakcí na lokalitě Vysoká u Havlíčkova Brodu. Tvořil tam drob-

né drúzy světle zlatých pseudokubických krystalů o velikosti 0,02–0,05 mm, které narůstaly na drobné krystaly křemene a křišťálu v až 5 mm velkých dutinkách úlomků slabě limonitizovaného žilného křemene. Do křemenného úlomku s bariofarmakosideritem-Q zarůstají cínově bílá, kovově lesklá 0,5–3 mm velká zrna arzenopyritu (Pauliš *et al.* 2012a). Vzácněji se bariofarmakosiderit vyskytuje u Sázavky u Světlé nad Sázavou, kde tvoří žlutavé pseudokubické krystaly. Byl určen pomocí rentgenové práškové difrakce, jeho chemismus byl stanoven EDX (Pauliš *et al.* 2018a).



Obr. 10. Nazelenalé kubické krystaly farmakosideritu z lokality Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu (Foto R. Kummer, šířka záběru 2,3 mm).

Fig. 10. Greenish cubic crystals of pharmacosiderite from Dlouhá Ves near Havlíčkův Brod (Photo R. Kummer, width 2.3 mm).

Ferrimolybdit $Fe^{3+}{}_2(Mo^{6+}O_4)_3 \cdot 7H_2O$

Jako velmi vzácný byl určen rentgenometricky F. Čechem z pyritového zrudnění na Starohuťském vrchu (dříve Kozí hora), ležícím necelé 3 km na JV od Artolce u Nové Bystřice (Veselý 1963). Tvoří světlé až sírově žluté, jemně vláknité až stébelnaté agregáty na trhlinách křemene, doprovázené žlutozelenými povlaky blíže neurčeného minerálu. Později byl rentgenometricky určen z blízkých Hůrek, kde se nachází ve formě ojedinělých žlutých práškovitých povlaků spolu s drobným molybdenitem a pyritem v bílém křemeni (Černý a Veselovský 1988, Hrazdil a Toman 2017).

Fosfohedyfan $Ca_2Pb_3(PO_4)_3Cl$

Nachází se v asociaci se zeleným pyromorfitem, v němž tvoří samostatné úzké zóny a centra prizmatických krystalů pyromorfitu na lokalitách Kosov - Berggrub a Komárovice u Jihlavy (Kocourková *et al.* 2010).

Gibbsit $Al(OH)_3$

Identifikován rentgenometricky jako součást povlaků v blízkosti rudních žil v kamenolomu u Pohledu spolu s alunogenem (DOBEŠ a MALÝ 2001).

Goethit FeO(OH)

Jakýkoliv výchoz rudních žil na Vysočině a materiál odvalů po těžbě kyzových rud je alespoň místy rezavě a žlutohnědě zbarven. Rudní vzorky i okolní alterované horniny, původně prostoupené jemnozrnným pyritem se na vzduchu rychle pokrývají různými produkty zvětrávání, které byly odedávna označovány jako *„hnědá ruda železná“*, či *„limonit“*. Dnes je známo, že jde o směsi různých oxidů a oxohydroxidů železa, mezi nimiž dominuje ***goethit***. Goethit vzniká všude tam, kde prostupující povrchové vodné roztoky byly oxidační povahy, spíše neutrální až zásadité, příp. kde bylo k dispozici málo dostupné síry. Vzhledem k tomu, že hlavní zdroj železa, pyrit, je ve zdejších rudách velmi hojným minerálem, vznikl v některých místech při výchozech sulfidických žil i tzv. gossan neboli „železný klobouk“ nezřídka využívaný jako železná ruda.

Goethit je uváděn ve štěpánovském revíru spolu s rentgenamorfními oxohydroxidy železa jako součást velmi běžného *limonitu* (MALÝ 2000a). Potvrzen byl rentgenometricky jako součást „stilpnosideritu“ ve štole Mír a je součástí recentních náteků v Korouženské štole. Tmavě černohnědé krápníkovité útvary goethitu, na lomu s radiální strukturou, popsal PELZ (2000) z Borovce z dutin křemene ve společnosti ryzí mědi.

Greenockit CdS

Kanárkově žluté, velmi tenké a rozsahem nepatrné povlaky pravděpodobného greenockitu jsou uváděny z Maršova (Stříbrná zmola), kde se vyskytl s hemimorfitem na barytové žilovině (KRUŤA 1966). Z lokality Švařec-Panisádek jej bez jakéhokoliv bližšího určení uvádějí SEKANINA (1965) a MÁTL (1974). Protože nebyla rentgenometricky stanovená nikdy jeho struktura, může jít teoreticky i o kubický ***hawleyit***, známý z Orlíku u Humpolce.

Halotrichit $Fe^{2+}Al_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$

Na odvalech v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu vzniká (sub)recentně. Tvoří drobně jehlicovité krystaly, které vyplňují nejčastěji mikrotrhliny v melanteritu-rozenitu nebo bezbarvé a bílé zprohýbané vláskovité agregáty na zvětralé alterované rule bohaté pyritem. Je doprovázen extrémně jemnozrnnou směsí zrn (< 50 μm) dalších neodseparovatelných fází. Mírný přebytek Mg v některých analýzách náleží pravděpodobně koexistujícímu epsomitu nebo pickeringitu. Rentgenometrické studium vzorku Al-Fe síranů odpovídá směsi halotrichitu s podílem alunogenu a epsomitu (HOUZAR *et al.* 2011).

Hematit Fe_2O_3

V podobě tenkých hnědočervených povlaků jde o běžný minerál, ale o mnoho vzácnější než goethit *(limonit)*. Nachází se téměř na všech lokalitách, ale v malém objemu.

Jeho červené práškovité agregáty v dutinách křemene (obr. 11) byly v okolí štoly Na Bukovské ve štěpánovském revíru omylem považovány za kuprit, tzv. *„cihlovou rudu“*. Je nejhojnějším supergenním minerálem na odvalu tamní štoly Jaroslav (HOUZAR a MALÝ 2002). Podobně hojný hematit, společně se žlutohnědými jemně krystalickými supergenními produkty rozkladu galenitu (plumbojarosit-corkit-pyromorfit), se vyskytuje také na křemenné žilovině u Radlic (telčsko-slavonický revír). Je tu ale nejspíše částečně výsledkem antropogenního zásahu – vypálení oxohydroxidů železa v důsledku metody „sázení ohně“ při těžbě (HRAZDIL *et al.* 2018).

Obr. 11. Práškovitý hematit (původně pokládaný za kuprit), Borovec. Foto F. Fojtík, velikost vzorku 13 cm.
Fig. 11. Powder-like hematite (originally considered to be cuprite), Borovec. Photo F. Fojtík, sample size of 13 cm.

Hemimorfit $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2 \cdot H_2O$

Uváděn je ve formě drobně kulovitých bílých agregátů, složených z radiálně uspořádaných destičkovitých krystalů z Jasenice u Náměště nad Oslavou, bližší identifikační informace však chybějí (BURKART 1953). Z rudního výskytu z Javůrku (= Maršova) u Velké Bíteše jej popisuje MALÝ (1997a), který jej určil jak infračervenou spektroskopií, tak i rentgenometricky. Tvoří tam bílé nebo namodralé agregáty s polokulovitým povrchem o velikosti 1 cm nebo bílé a bezbarvé, navzájem srůstající krystaly.

Ze štěpánovského rudního revíru jej podrobně popsal MALÝ (1998) z balvanů křemenné žiloviny ve svahu sz. od Panisádku (Švařec), kde tvoří na rezavě zbarveném křemeni bílé radiálně paprsčité agregáty. Hojný je na křemenné žilovině s galenitem a částečně vylouženým sfaleritem v blízkosti zmiňované lokality, a to na odvalu šachtice za samotou Vorel (HOUZAR a MALÝ 2002).

Vedle hojného smithsonitu představuje hemimorfit velmi vzácný produkt rozkladu sfaleritu na žíle Terezie v Jemnici – U Havířských jam. Má tvar vějířovitě uspořádaných bezbarvých plochých krystalů velikosti jen několik mm *(nepublikováno)*.

Hydrokenoelsmoreit $\square_2W_2O_6(H_2O)$

Revize a nová klasifikace minerálů superskupiny pyrochlóru vedla ke zrušení některých zavedených minerálů, k nimž patřil také často uváděný tungstit-ferritungstit. Za některé není dosud žádná náhrada (např. za zrušený *stibiconit*), protože k nim chybějí spolehlivá strukturní i chemická data. K výjimkám náleží nově definovaný hydrokenoelsmoreit, nově určený u Vysoké v brodském revíru.

Neobvyklá, komplexní polymetalická mineralizace s velmi hojným ferberitem, akcesorickým zlatem a Bi-teluridy tu byla zjištěna na rozvlečených aplanovaných odvalech po těž-

bě polymetalických rud. Hydrokenoelsmoreit, který tu byl identifikován pomocí práškové rentgenové difrakce a chemickou mikroanalýzou (EDX), tvoří až 10 mm velké žluté práškovité agregáty a drúzovité výplně drobných dutin, tvořené 20–50 µm velkými oktaedrickými krystaly (PAULIŠ *et al.* 2018b).

Hydrozinkit $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$

Rozšířený, ale nenápadný minerál se vyskytuje na všech lokalitách s rozloženým sfaleritem v karbonátové žilovině. Tvoří obvykle velmi tenké, práškovité, křídově bílé povlaky (obr. 12). Jeví výraznou bílou luminiscenci v UV- záření, výrazně silnější než u morfologicky podobných agregátů smithsonitu a kalcitu. Na jeho výskyt lze usuzovat na základě vyššího obsahu Zn v analýzách některých domnělých „smithsonitů". Obvykle nebývá přesněji určován exaktními metodami. Výjimkou je hydrozinkit z lokality Štěpánov - Havírna, kde byl určen rentgenometricky, a také ze štoly Mír identifikovaný IR; v obou případech K. Malým (*nepublikováno*, ústní sdělení 2019). Velmi pravděpodobný je jeho výskyt v Horním Čepí, v Jihlavě (starohorský couk) a na dalších místech.

Obr. 12. Tenký povlak hydrozinkitu na barytu se zvětralým sfaleritem, Horní Čepí. Foto F. Fojtík, velikost vzorku 8 cm.

Fig. 12. A thin coating of hydrozincite on barite with weathered sphalerite, Horní Čepí. Photo F. Fojtík, sample size 8 cm.

Chalkantit $Cu(SO_4) \cdot 5H_2O$

Na starých odvalech krystalizuje ojediněle recentně za suchého počasí z roztoků obsahujících měďnaté ionty. Světle modrý, drobně krystalický a ve vodě rozpustný síran mědi, nejspíše chalkantit, byl ojediněle nalezen ve výplni malých dutinek křemene v Radlicích u Dačic. Ve štěpánovském revíru tvoří velmi tenké namodralé povlaky na křemenné žilovině s chalkopyritem na stropě severní větve štoly Mír nedaleko čelby (HOUZAR a MALÝ 2002).

Chlorargyrit AgCl

Velmi vzácný, příp. přehlížený minerál, byl jen výjimečně jako mikroskopický určen pouze v rudním materiálu ze stříbronosného ložiska v Ovčíně v brodském revíru v asociaci s miargyritem, ryzím stříbrem a akantitem. Tvoří zde velmi vzácně hroznovité, hnědočervené až nafialovělé kůry velikosti < 1 mm (SEJKORA *et al.* 2015). Velmi snadno může být přehlížen i na jiných lokalitách s ryzím stříbrem, např. na Starohorském couku u Jihlavy.

Chryzokol $(Cu_{2-x}Al_x)H_{2-x}Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O$

Nepatrné povlaky chryzokolu vzácně uvádějí topografické mineralogie z několika míst, jejich učení je však problematické. Tak např. BURKART (1953) uvádí chryzokol jako tenké zelenavě modré povlaky na mramoru z Jasenice-Stříbrné díry, které ale mohou patřit i některému ze síranů mědi, např. langitu (MALÝ 2000b). Podobně chryzokol uvádějí také HAK a NOVÁK (1973) z Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu.

Dlouho byl chryzokol pokládán za velmi hojný minerál na lokalitě Borovec, kde měl tvořit práškovité povlaky až zemité agregáty na křemenné žilovině (BURKART 1953). Revize sbírkových vzorků chryzokolu z této lokality v depozitáři MZM ve všech případech prokázala pouze malachit (!). Boroveckému chryzokolu náležejí pouze drobné modrozelené povlaky uzavírající ryzí stříbro nebo lemující kuprit s drátky ryzí mědi z lokalit v okolí šachtice Josef (HRAZDIL a HOUZAR 2011). Ve štěpánovském rudním revíru byl potvrzen IR-spektroskopií také z Korouženské štoly (MALÝ 2000a).

V rudním revíru Bílého potoka, z Maršova – Stříbrné zmoly, pochází vzácný chryzokol, určený MALÝM (1997a). Jeho agregáty jsou modrozelené barvy, s lasturnatým lomem, milimetrové velikosti a objevují se v křemenné žilovině spolu s chalkopyritem a malachitem.

Nověji byl identifikován PAULIŠEM *et al.* (2018d) z lokality Krucemburk, kde se nachází spolu s malachitem a brochantitem na vzorcích se zrudněním se sfaleritem, chalkopyritem a galenitem.

Jarosit $KFe^{3+}{}_3(SO_4)_2(OH)_6$
Plumbojarosit $Pb_{0.5}Fe^{3+}{}_3(SO_4)_2(OH)_6$
Hydroniumjarosit $(H_3O)Fe^{3+}{}_3(SO_4)_2(OH)_6$

Na řadě studovaných lokalit se na odvalech po historické těžbě i zrudněných výchozech křemenných žil vyskytují velmi často světle žluté a hnědožluté povlaky až práškovité agregáty minerálů jarositové skupiny. Z nich byl bezpečně určen, chemicky a rentgenometricky, pouze jarosit, plumbojarosit a ojediněle hydronium-jarosit, naopak natrojarosit nebyl nalezen.

(Pozn.: *k této skupině náleží rovněž beudantit s As a corkit s obsahem P, které jsou s ohledem na jiný způsob výskytu popsány samostatně*).

Nejrozšířenější je práškovitý **jarosit**, který vznikl subrecentně jako produkt zvětrávání pyritu a pyrhotinu, příp. markazitu, původně vtroušených do alterovaných hornin v blízkosti rudních žil; tyto alterace mohou dosahovat šířky až několik metrů.

Doprovází hlavně zvětralé grafitické horniny (grafitické ruly, mylonity) v okolí rudních mineralizací, které často obsahovaly pyrit, zatímco přímo na rudních žilách je viditelně vzácnější. Takový jarosit byl určen např. společně se sádrovcem v Rozseči nad Kunštátem, kde tvoří žluté nebo žluto-oranžové, perleťově lesklé práškovité povlaky společně se sádrovcem a vzniká prakticky výhradně na grafitických „fylitech“ (MALÝ 1999b). Také ze štěpánovského rudního revíru byl práškovitý jarosit určen hojněji pouze na grafitických svorech v prostoru důlních děl na Německově kopci v Borovci (HOUZAR a MALÝ 2002).

Bližší pozornost mu byla věnována hlavně na Havlíčkobrodsku. Recentní jarosit byl potvrzen rentgenometricky na stěnách a v odvalovém materiálu Pekelské štoly ve Stříbrných Horách (DOBEŠ a MALÝ 2001) a na odvalech v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu, kde je jarosit častý v drobně zrnitém materiálu (DOKOUPILOVÁ a SULOVSKÝ 2007). U Vysoké tvoří drúzy max. 0,01 mm velkých krystalů oranžově žluté barvy, které vyplňují asi 7 mm velkou dutinu v masivním černém *limonitu* v křemenné žilovině (PAULIŠ *et al.* 2018b).

Plumbojarosit jako nový minerál pro Moravu poprvé uvádí na základě chemické analýzy PELÍŠEK (1944) z tehdejšího kutacího pokusu u Popic nedaleko Jihlavy, kde tvořil žluté práškovité povlaky. Na rozdíl od jarositu jde o typický produkt zvětrávání galenitových rud (zvláště asociace galenit + pyrit v křemenné žilovině) na Jihlavsku (Rančířov) i jinde na Českomoravské vrchovině, kde jej detailně studoval J. Miškovský, výsledky však nepublikoval. Z Helenína jej uvádí PAULIŠ *et al.* (2013a). Kromě relativně čistého plumbojarositu, sytě žlutého minerálu zatlačujícího galenit s anglesitem namísto cerusitu (např. Jezdovice), jsou častější jeho světle žluté variety s podílem draslíku (DOKOUPILOVÁ a SULOVSKÝ 2007). Stejní autoři uvádějí plumbojarosit ze Stříbrných hor u Přibyslavi (Pekelská štola), kde má složitější chemismus; částečně zde jde nepochybně o směsi více minerálů jarositové skupiny. Vedle kolísajících obsahů olova je v nich zastoupen také AsO_4^{3-}, K^+, Na^+, H_3O^+ a dokonce Ag^+ (DOKOUPILOVÁ a SULOVSKÝ 2007). Nověji byl plumbojarosit identifikován WDX-analýzou jako součást jedné vrstvy v jednom ze studovaných profilů na odvalu šachtice Š-2 v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu (KOCOURKOVÁ *et al.* 2011). Plumbojarosit z Čisté u Havlíčkova Brodu tvoří žlutohnědé jemnozrnné a práškovité agregáty porůstající až 5 mm velké krystaly křemene v drúzovité křemenné žilovině. V těsné blízkosti plumbojarositu se vyskytují až 2 mm velká zrna galenitu, jehož přeměnou plumbojarosit vznikl (PAULIŠ *et al.* 2011).

Hydronium-jarosit je hojný na lokalitách, kde dochází k intenzivnímu zvětrávání pyritu a při zvýšené mobilitě roztoků vzniká místo jarositu, resp. natrojarositu, od něj jej nelze makroskopicky odlišit. Jako produkt zvětrávání jej uvádí V. Cílek (in DOKOUPILOVÁ a SULOVSKÝ 2007) ve štole na „Kozích stezkách" (Čížov u Znojma). Identifikován byl také na odvalech na Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu (KOCOURKOVÁ *et al.* 2011).

Kalcit $CaCO_3$

Povlaky, hroznovité agregáty až nevelké krápníky supergenního kalcitu jsou běžnými produkty v opuštěných důlních dílech. Převládá sněhově bílý kalcit, jen ojediněle zelenavě zbarvený příměsí malachitu příp. blíže neurčených síranů mědi (Pekelská štola). Vzniká často recentně na stěnách štol vysrážením z migrujících podzemních vod (Borovec – štola Cechhaus).

Kaňkit $Fe^{3+}(AsO_4) \cdot 3{,}5H_2O$

Poprvé byl jako nový minerál popsán ČECHEM *et al.* (1976) na haldě středověkých dolů Šafary a Kuntery na Kaňku u Kutné Hory, kde tvořil kůry žlutozelené až zelenožluté barvy mocnosti ≤ 7 mm.

Byl postupně identifikován na několika místech v brodském rudním revíru. Z ložiska polymetalických rud v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu jej uvádí KOCOURKOVÁ *et al.* (2008). Vzniká zvětráváním arzenopyritu, nachází se v asociaci s pitticitem (určený WDX-analýzou) a goethitem. Tvoří světle zelené povlaky a je obvykle nejmladší sekundární fází. Kaňkit byl identifikován rentgenometricky, zatímco studium chemického složení na elektronové mikrosondě naopak neposkytovalo jednoznačné výsledky. Ve vzorku s kaňkitem kolísá chemické složení, stanovené bodovými analýzami, které mohou odpovídat buď skoroditu a nebo kaňkitu. Variabilní je obsah Fe_2O_3 (30,70–32,22 hm. %), As_2O_5 (42,27–46,02 hm. %), SiO_2 (0,04–3,24 hm. %), SO_3 (1,46–3,07 hm. %) a H_2O (24,25–25,32 hm. %). Stechiometrický vzorec kaňkitu z Dlouhé Vsi je $Fe_{(1,000)}As_{(0,925-1,009)}S_{(0,046-0,095)}O_4 \cdot 3{,}5H_2O$ (KOCOURKOVÁ *et al.* 2008).

Z brodského revíru byl kaňkit popsán rovněž z aplanovaného obvalu tzv. Krailovy šachty u Stříbrných Hor (HAVLÍČEK a MALÝ 2008). Vyskytuje se také na odvalu u obce Mírovka, jehož materiál pochází ze šachtice hloubené v době 1. světové války a která měla zastihnout žílu Marie Terezie. Byly tam ojediněle zjištěny jeho světle zelené tenké povlaky a drobně bradavčité agregáty velikosti do 3 mm. Vznikl supergenní přeměnou hojného primárního arzenopyritu a vedle stanovení chemického složení EDX metodou byl určen rentgenometricky (PAULIŠ *et al.* 2011).

Jen ojediněle byly také nepravidelné agregáty kaňkitu ověřeny ve výplni drobné dutinky v křemenné žilovině na odvalech po těžbě na lokalitě Hora u Vrbice *(nepublikováno)*.

Kaňkit nemusí být minerálem nikterak vzácným, avšak jeho identifikace naráží na problém, že jeho struktura není stále známa a obsah H_2O ve vzorci je nejistý. Analýza kaňkitu z dolu Suzukura, Japonsko, ukazuje spíše na obsah 3 molekul H_2O ve vzorci (ANTHONY *et al.* 2000). Jednoznačné rozlišení skoroditu od kaňkitu pouze z chemických EDX a WDX-analýz tak může představovat problém.

Kintoreit $PbFe^{3+}_3(PO_4)(PO_3OH)(OH)$

Určen byl pouze na základě WDX-mikroanalýzy v Komárovicích a v Kosově u Jihlavy (lokalita „Am Berggrub). Nachází se pouze mikroskopický v asociaci s pyromorfitem, limonitem a barytem a je mladší než nejstarší generace pyromorfitu (KOCOURKOVÁ *et al.* 2010).

Kuprit Cu_2O

Hojně se vyskytuje s ryzí mědí a chryzokolem na odvalech ve štěpánovském rudním revíru (šachta Josef v Borovci, vzácně v Koroužném). Tvoří tmavě červené, šedě nabíhající a polokovově lesklé agregáty, převážně obrůstající ryzí měď a vzácněji vytváří drobné nedokonalé krystaly oktaedrického habitu. Byl také identifikován rentgenometricky jako součást „stilpnosideritu“ (HOUZAR a MALÝ 2002).

Langit $Cu_4(SO_4)(OH)_6 \cdot 2H_2O$

Náleží na Českomoravské vrchovině k velmi vzácným minerálům, neboť jen ojediněle nacházíme ve zdejších rudách větší koncentraci mědi. Tento druhotný minerál vzniká recentně všude tam, kde vody silně nasycené měďnatými ionty pronikají kalcitovou žilovinou, která vytváří vhodné fyzikálně chemické prostředí pro vysrážení bazických síranů mědi, jako jsou brochantit, langit a posnjakit. Langit tvoří tenké zelenavě modré povlaky v průzkumné štole Mír ve Štěpánově, kde vznikal během několika let po ukončení prací; dnes se již netvoří (MIŠKOVSKÝ 1975). Ve starých vlhkých štolách i na historických odvalech bude patrně rozšířenější, avšak uniká snadno pozornosti. Jeho přítomnost je možná na zrudněných mramorech v Jasenici u Velké Bíteše, kde mohl být dříve považován za chryzokol (BURKART 1953, MALÝ 2000b).

Lepidokrokit FeO(OH)

Představuje obvykle jen vzácnější součást *„limonitu“* a *„stilpnosideritu“*. Samostatně byl rentgenometricky doložen z Borovce KRÁČMAREM (1987).

„Limonit“ směs hydratovaných oxidů a oxohydroxidů železa

Rezavě hnědé až žlutohnědé povlaky a agregáty jsou v běžné literatuře uváděné pod jménem *limonit* (viz též goethit). Tento název ***neoznačuje samostatný minerál***, nýbrž směs železnato-železitých kyslíkatých sloučenin, jejichž hlavní složkou bývá hlavně goethit.

Práškovitý, zemitý i masivní *limonit* je běžný na všech ložiscích v zájmové oblasti, kde vzniká zvětráváním pyritu, a to hlavně v okoložilných alterovaných (pyritizovaných) rulách, dále sfaleritu (hlavně v asociaci ***k-pol***) a karbonátů dolomitové skupiny s podílem železa (Jemnice, Rozseč nad Kunštátem).

Žlutohnědý okrovitý *limonit* tvoří železný klobouk na *„ankeritizovaných“* zrudněných mramorech v Jasenici. Údajně tam byl krátce v roce 1924 těžen jako barvivo – žlutý okr, používaný v kožedělném průmyslu (MALÝ 2000b). Podobně dominuje *limonit* mezi sekundárními minerály na lokalitě Štěchov-Lačnov, kde vzniká z Fe-Mg karbonátů a ve zrudněných mramorech je proto velmi hojný (MALÝ 1999b). Hojný je v Horních Loučkách na Tišnovsku, kde drobnozrnné zrudnění vtroušené rovněž v mramoru podlehlo intenzivnímu zvětrávání (HRAZDIL *et al.* 2003).

Velmi hojný je žlutohnědý *limonit* na lokalitách v oblasti Bílého potoka, kde vznikl zvětráváním hydrotermálně přeměněných prokřemeněných devonských vápenců s žilami místy zrudněného barytu a na mnoha místech tam byl odedávna těžen (MALÝ 1997a, HOUZAR *et al.* 2012, PATOČKA a LEICHMANN 2013).

Jako smolně lesklá hnědočerná varieta (někdy s adsorbovanou mědí, příp. s mikroskopickým goethitem, lepidokrokitem a tenoritem), tvořící pseudomorfózy po chalkopyritu, je označován jako *stilpnosiderit*. Je typický pro štěpánovský rudní revír a Javůrek (MALÝ 1997a, HOUZAR a MALÝ 2002).

Linarit $CuPb(SO_4)(OH)_2$

Donedávna dle literatury relativně vzácný minerál se ukazuje být poněkud hojnější, neboť se podobá běžnějšímu azuritu, za něhož byl mylně pokládán. Tvoří modré povlaky složené z nepatrných krystalů na zvětralých horninách a křemenné žilovině všude tam, kde zvětrává galenit společně s chalkopyritem, tetraedritem nebo bournonitem. Namísto azuritu byl na základě optického výzkumu M. Nováka předpokládán v Dobré Vodě u Mrákotína, kde se vyskytuje s cerusitem v dutinách galenitu. Později byl určen s bournonitem na odvalech nad Korouženskou štolou u Štěpánova nad Svratkou (HOUZAR a MALÝ 2002). Nedávno byl popsán z lokality Helenín u Jihlavy v asociaci s plumbojarositem, pyromorfitem, cerusitem a anglesitem (PAULIŠ *et al.* 2013a).

Jako nový minerál pro havlíčkobrodský rudní revír jej rentgenometricky identifikoval PAULIŠ *et al.* (2013c). Vyskytoval se v asociaci s devillinem na jedné z rudních žil v kamenolomu Pohled. Tvořil tam blankytně modré slabé povlaky a jeho chemické složení (EDX) odpovídá čistému linaritu.

Malachit $Cu_2(CO_3)(OH)_2$

Malachit je nejhojnějším supergenním minerálem mědi na všech studovaných lokalitách. Vytváří zelené povlaky o rozměrech od mm^2 až po dm^2. Vzácností nejsou na některých lokalitách ani drobně jehlicovité agregáty, někdy radiálně paprsčitě uspořádané, spíše ojedinělé jsou pak dokonalejší krystaly v dutinách křemene (obr. 13). Typická je jeho asociace s chalkopyritem, přičemž dalším produktem rozkladu je zemitý *limonit* (*stilpnosiderit*). V rámci následných supergenních přeměn zatlačuje starší azurit, příp. linarit.

Nejkrásnější malachit v oblasti polymetalických ložisek na Českomoravské vrchovině pochází z několika lokalit ve štěpánovském revíru, zejména z Borovce a ze štoly Mír (souborně např. PELZ 2000, VELEBIL a KRÁČMAR 2002, HOUZAR a MALÝ 2002). Nachází se ve formě práškovitých agregátů a povlaků a ledvinitých kůr (štola Mír), ale také v podobě jehlicovitých polokulovitých radiálně paprsčitých agregátů či prizmatických až tabulkovitých krystalů velikosti < 5 mm v dutinách křemene – křišťálu (štola Na Bukovské). Výjimečné jsou tam pseudomorfózy malachitu po oktaedrických krystalech kupritu.

Kromě vlastního štěpánovského revíru se malachit vyskytuje také na jiných lokalitách v olešnické jednotce, zejména tam, kde byly zrudněny mramory. Uvést lze jen několik příkladů. V Rozseči nad Kunštátem je velmi vzácný, tvoří tmavě zelené povlaky a práškovité agregáty a byl určen IR spektroskopií. Také z Lačnova - Štěchova pochází několik vzorků s nevýraznými práškovitými povlaky malachitu (MALÝ 1999b). Relativně vzácný je rovněž v Jasenici, tvoří pouze drobné agregáty zatlačující zrna chalkopyritu a tetraedritu (MALÝ 2000b). Velmi tenké zelené práškovité povlaky malachitu z Horních Louček na Tišnovsku jsou dosud jediným dokladem přítomnosti některého primárního Cu-nerostu, který na lokalitě nebyl dosud zjištěn (HRAZDIL *et al.* 2003).

Některým formám malachitu z Borovce se podobá také malachit z drúzovitých křemenných žil v Javůrku (Šmelcovna). Odtud jej z různých míst popsali různí autoři, např. (MALÝ 1997a), v podobě povlaků i drobných krystalů v asociaci s křemenem, barytem, azuritem, chalkopyritem a tetraedritem. Vzhledné drobné radiálně paprsčité agregáty na křišťálu tam byly nalezeny na lokalitě Horní Rudník (HOUZAR *et al.* 2012).

Nepatrné povlaky až drobně ledvinité kůry malachitu se nacházejí prakticky na všech lokalitách jihlavského revíru s výskytem chalkopyritu. K takovým náležejí např. nálezy na Pfaffenhofském couku u Jihlavy (ZAJÍČEK 1982), na Starohorské zóně (Prachárna), u Helenína, Kosova aj.

Objevuje se vzácně i na některých lokalitách v brodském (Stříbrné Hory, Mírovka – štola M. Terezie) i pelhřimovském revíru (Dudín), problémem však zůstává, že je jen málokdy exaktně přesně určen. V některých případech se může jednat o brochantit nebo jiný sekundární minerál mědi. Výjimkou je např. parageneze malachitu s alofánem v Pekelské štole, kde byl určen IR spektroskopií. Tvořil tam povlaky o velikosti několik mm^2 (DOBEŠ a MALÝ 2001).

Vzácné jsou nepatrné povlaky malachitu v Jemnici, kde rovněž zatlačuje nepatrná zrna chalkopyritu (HOUZAR a POŠMOURNÝ 1991).

Nověji byl identifikován PAULIŠEM *et al.* (2018d) z lokality Krucemburk, kde se nepříliš hojně vyskytuje s brochantitem na vzorcích se zrudněním sfaleritu, chalkopyritu a galenitu.

Obr. 13. Jehlicovitý malachit v dutině křemene, Borovec - Na Bukovské. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,2 mm.
Fig. 13. Needle-shaped malachite in quartz cavity, Borovec - Na Bukovské. Photo by R. Kummer, width 2.2 mm.

Massikot PbO

Přírodního původu je massikot (nebo jeho chemický analogon, tetragonální lithargit) z Borovce (HOUZAR a MALÝ 2002). Ojedinělé nálezy stejné, jasně červené práškovité fáze povlékající ojediněle galenit u Rančířova představují nejspíše umělý produkt, vzniklý buď při těžbě (sázení ohně) nebo recentně při působení ohně na povrchu odvalů.

Melanterit $Fe^{2+}SO_4 \cdot 7H_2O$

Vyskytoval se na odvalech v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu zejména několik prvních let po jejich vzniku v první polovině sedmdesátých let minulého století. Tvořil světle zelené povlaky a krápníky dlouhé až několik cm. Dnes je přítomen pouze v objemově nevýznamných reliktech většinou dehydratovaných (vybělených), zejména v propustných nezpevněných částech odvalů, kde se nacházejí úlomky silně zvětralé křemenné žiloviny s hojným pyritem, vzácněji se sfaleritem, galenitem a arzenopyritem (Kocourková *et al.* 2011). Studovaná směs melanteritu a rozenitu složením odpovídá často poměrně čistým síranům Fe s malým podílem Mg, příp. s nízkým obsahem Zn na hranici stanovitelnosti. Rentgenová prášková data melanteritu velmi dobře odpovídají uváděným hodnotám pro tuto minerální fázi; z výsledků rentgenových analýz vyplývá, že zbělání původního zeleného melanteritu je vyvoláno jeho dehydratací a přeměněnou na rozenit (Houzar *et al.* 2011). Podobné povlaky a vláknité agregáty melanteritu byly hojné na odvalech Pfafenhofského couku na severním okraji Jihlavy (Zajíček 1982).

Mimetit $Pb_5(AsO_4)_3Cl$

Jako zcela nepatrné žluté práškovité agregáty byl zjištěn mezi produkty zvětrávání Ag-Pb-Zn rud na lokalitě Štěpánov nad Svratkou – Havírna (Sejkora *et al.* 2001, Houzar a Malý 2002, Houzar *et al.* 2010).

Z kamenolomu Pohled u Havlíčkova Brodu jej popisují Pauliš *et al.* (2012b, 2013c), kde se mimetit nacházel poměrně často v dutinách a na puklinách limonitizovaného křemene. Tvoří bezbarvé, bělavé, slabě nažloutlé či našedlé skelně lesklé jehličkovité agregáty. Další vzácný nález mimetitu je uváděn z Petrkova-Lázní (Pauliš *et al.* 2018c).

Opál $SiO_2 \cdot nH_2O$

Na hydrotermálních žilách na Českomoravské vrchovině v podmínkách supergenního zvětrávání není příliš častý a navíc tu není jasná jeho geneze (nízce hydrotermální vs. supergenní vznik). Tmavošedý opál se nacházel se supergenními minerály v mylonitizované zóně v Kosově u Jihlavy na „Steinhüblu“ (Burkart 1953). Hnědý opál vyplňuje často centra bezrudních symetrických drúzovitých křemenných žil s křišťálem a dolomitem v Jemnici – U Havířských jam a v obdobné paragenezi rovněž u Vratěnína. Nejspíše jde ve všech případech o produkt zvětrávacích procesů, které nemají přímou souvislost s hydrotermálním původem zrudnění.

Oxyplumboroméit $Pb_2Sb^{5+}{}_2O_7$

Velmi vzácně se tento minerál, původně označovaný jako *bindheimit*, vyskytl v křemeni, zrudněném galenitem a sfaleritem na odvalu malé kutací šachtice z. od samoty Hrachovce, katastr Čtyři Dvory ve štěpánovském revíru. Byl určen rentgenometricky i chemickou analýzou (Houzar a Malý 2002).

Pickeringit $MgAl_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$

Z Čížova u Znojma (Kozí stěny), kde byla těžena nepatrná poloha bohatá pyritem, jej uvádí Cílek (1993, 1996) spolu s epsomitem, hydronium-jarositem a jinými sírany s obsahem Mg-Al a K-Fe-Mg.

Pitticit [Fe,AsO_4,SO_4,H_2O] (?)

Jde o souhrnný název pro špatně definovatelné amorfní hydratované Fe-As minerály s kolísavým chemickým složením. V současné době se podle definice IMA název pitticit používá pro přesně nedefinované amorfní sloučeniny Fe^{3+}-SO_4-As_2O_5-H_2O (Dunn 1983). Jedná se o poměrně častý produkt zvětrávání primárních minerálů s arzenem v místech, kde zároveň zvětrává pyrit, někdy zahrnovaný pod pojem *AISA*; obvykle je nejmladší fází v arzenové paragenezi. Zkratka AISA (**A**morphous **I**ron **S**ulfo-

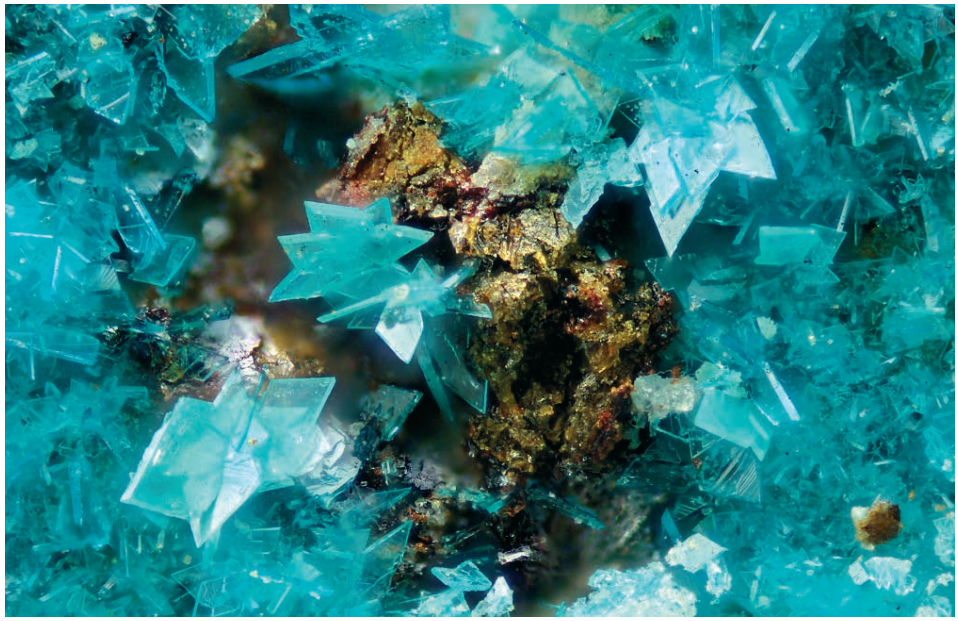
Arsenates) označuje amorfní až velmi jemně krystalické agregáty směsí Fe-oxohydroxidů s kolísajícím podílem As a S. Jeho barva je červenožlutá, až tmavohnědá, s charakteristickým pryskyřičným leskem. Byl identifikován společně s kaňkitem na odvalech v Dlouhé Vsi, kde obsahoval 2,70–7,37 hm. % As_2O_5 a 4,75–12,95 hm. % SO_3. V suchých podmínkách se pokrývá jehličkami (sub)recentního sádrovce a rozenitu (Kocourková *et al.* 2011).

Plumbogummit $PbAl_3(PO_4)(PO_3OH)(OH)_6$

Obvykle tvoří jen nenápadné, šedobílé a neprůsvitné nepatrné povlaky na pyromorfitu. Nalezen byl dosud jen ve srůstech s pyromorfitem v Heleníně (couk Zlaté studánky) u Jihlavy (Kocourková *et al.* 2010).

Posnjakit $Cu_4(SO_4)(OH)_6 \cdot H_2O$

Vzácný síran mědi tvoří tenké povlaky zelenomodré barvy na stěnách štoly Mír ve Štěpánově, kde recentně vznikal z vod, prosakujících chalkopyrit – křemennou žilovinou bohatou kalcitem. Povlaky jsou složeny z drobných, tence lupenitých a často zdvojčatěných jednoklonných krystalů modré barvy pseudorombického vzhledu (obr. 14). Zákonitě zde srůstá s langitem (kosočtverečný minerál o stejném složení) nad kterým převládá, v asociaci s brochantitem a sádrovcem. Rengenometricky jej určil a podrobně popsal Miškovský (1975).

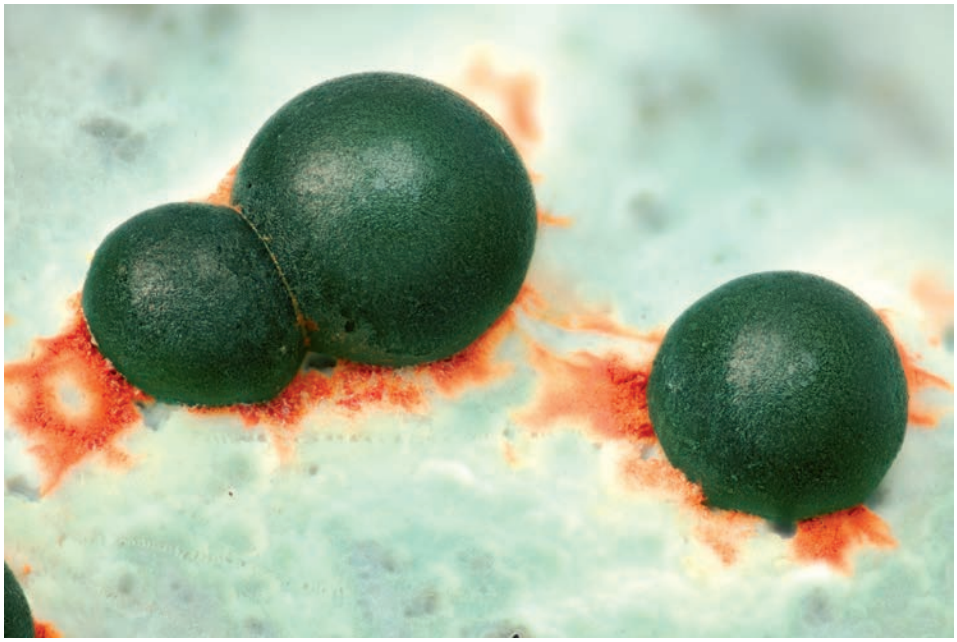


Obr. 14. Světle modré krystaly posnjakitu, Štěpánov nad Svratkou – štola Mír. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,3 mm.
Fig. 14. Light blue crystals of posnjakite, Štěpánov nad Svratkou – Mír adit. Photo by R. Kummer, width 2.3 mm.

Pseudomalachit $Cu_5(PO_4)_2(OH)_4$

Uváděný chemický vzorec odpovídá třem minerálům, z nichž nejhojnější je pseudomalachit, vzácné pak reichenbachit a ludjibait. Na Českomoravské vrchovině se vyskytoval dříve relativně hojně na lokalitě Krucemburk (dříve Křížová), malém ložisku mědi s pří-

měsí stříbra, situovaném v metapelitech hlinské zóny. Tvořil zelené povlaky až centimetrových rozměrů, složené z polokulovitých agregátů (obr. 15). Vzácně uzavírá mikroskopický descloisit (Toman *et al.* 2016).



Obr. 15. Kulovité agregáty pseudomalachitu, Krucemburk. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,3 mm.
Fig. 15. Spherical aggregates of pseudomalachite, Krucemburk. Photo by R. Kummer, width 2.3 mm.

„Psilomelan“ směs hydratovaných oxidů a hydroxidů manganu

Označuje blíže neurčenou směs pevných, černě zbarvených supergenních minerálů manganu v povlacích, konkrecích s ledvinitým povrchem (jako zemitý a pórovitý byl označován jako *wad*). Vyskytuje se na mnoha rudních mineralizacích na Českomoravské vrchovině, ale často bez přímé souvislosti se zrudněním drahými kovy. Je běžnou supergenní fází vznikající na úkor Mn-Fe-karbonátů v brodském revíru (např. lokalita vrch Poperek u Utína (Dobeš a Malý 2001)), ale i jinde. Poněkud jinou pozici má asociace *psilomelan* + křemen (chalcedon) ± baryt, která představuje samostatnou nízkoteplotní fázi v závěrečných etapách vývoje hydrotermální mineralizace ve východní části jihlavského rudního obvodu, např. na žilách v oblasti Malý Beranov-Kosov a zvláště v Komárovicích (Pluskal a Vosáhlo 1998).

V poslední době detailní studium rozlišilo mezi zdejšími ***„psilomelany“*** i některé samostatné minerály, jako nejhojnější draselný **kryptomelan** (obr. 16), vzácnější barnatý **hollandit** a **coronadit** obsahující olovo, popsaný výjimečně z Maršova (Patočka a Leichmann 2013). Na základě rentgenometrického výzkumu byl mezi *„psilomelany“* ze starých odvalů po těžbě zlata nedaleko Světlé nad Sázavou popsán také **lithioforit**, avšak údaje o obsahu Li chybějí (Major 2015). Předpokládaný vyšší podíl kobaltu v *asbolanu* z Maršova (revír Bílého potoka), původně stanovený chemickou analýzou, vyvolal dokonce zájem ložiskového průzkumu, ale po revizi se ukázal být zcela bezvýznamný.

Obr. 16. Psilomelan s barytem, Komárovice u Jihlavy. Foto F. Fojtík, velikost vzorku 9 cm.
Fig. 16. Psilomelane with barite, Komárovice near Jihlava. Photo F. Fojtik, sample size 9 cm.

Pyromorfit $Pb_5(PO_4)_3 \cdot Cl$

Pyromorfit představuje nejtypičtější minerál supergenní mineralizace na rudních polymetalických ložiscích Českomoravské vrchoviny, zejména v jihlavském revíru, kde upoutal pozornost už před dvěma sty lety.

Z jihlavského rudního revíru jej poprvé uvádí brněnský sběratel a jeden ze zakladatelů moravské mineralogie, brněnský hrnčířský mistr W. Hruschka (1796–1875). V dnes již klasické zprávě (Hruschka 1825) jej popisuje jako jednotlivé krystaly či drúzy různých odstínů zelené („zelenoba") a hnědé barvy („hnědoba") a často mechovitého až sametového vzhledu, narostlé na krystalovaném a „rozežraném" křemeni a barytu. Uvádí též jeho ledvinité i hroznovité agregáty, černozelené a černošedé barvy, na lomu vláknité a mastně lesklé, narostlé na „molibdän", tj. grafitickou horninu (Bohatý 1996). Pyromorfit se podle topografických mineralogií vyskytuje v jihlavském rudním revíru na několika lokalitách, avšak pro některé z nich chybějí v tomto směru věrohodné dokladové vzorky (uvedeny jsou kurzívou): *Čížov*, Helenín, Horní Kosov, *Hosov*, Hruškové Dvory, Jihlava-Staré Hory, Komárovice (obr. 17), Kosov, *Loučky*, *Malý Beranov*, *Pístov*, *Popice*, Rančířov, Rantířov, Rounek, *Sasov* a Vílanec (Burkart 1953, Kruťa 1966, Zajíček 1982, Malý 1999a, nepublikované údaje J. Miškovského).

Minerální asociace pyromorfitu je relativně jednoduchá a podle mikroskopického pozorování jde většinou o běžnější supergenní minerál jihlavského rudního revíru, který se vyskytuje ve více generacích. Galenit se přímo s pyromorfitem nevyskytuje nebo se nachází pouze ve sporadických reliktech, přeměněných ve směs anglesitu a cerusitu, příp. plumbojarosit; ani ony však obvykle nebyly zjištěny v přímém kontaktu s pyromorfitem. Ze supergenních minerálů Pb s pyromorfitem přímo srůstají jen vzácné mikroskopické Pb-fáze: stejně starý je fosfohedyfán (resp. některé úzké zóny v oscilační zonálnosti pyromorfitu

odpovídající mu složením) a mladší než nejstarší generace pyromorfitu je kintoreit. Za zmínku stojí zjištění četných xenomorfních inkluzí Ag_2S velikosti ~2–10 μm v některých krystalech pyromorfitu. Z nerudních minerálů se v asociaci s pyromorfitem objevuje zejména grafit (starohorský couk), muskovit (Helenín), vzácně opál a pravděpodobně také alofán (Kosov).

Pyromorfit se na lokalitách ***jihlavského revíru*** vyskytuje v místech, kde se na zrudnění typu ***pol*** zachovala hlubší část oxidační subzóny, pro níž je typickým minerálem. Detailně jej po chemické a parageneticke stránce charakterizovala Kocourková *et al.* (2010). Pyromorfit vytváří převážně jemnozrnné povlaky až středně zrnité agregáty na žilovině a doprovodných horninách, přičemž u něho naprosto převládá trávově zelené zbarvení, někdy se zřetelně žlutým odstínem. Druhou formou výskytu jsou rozsahem nepatrné, drobně jehličkovité agregáty bezbarvého, bílého (místy s hnědofialovým odstínem) a hnědého pyromorfitu v dutinách silně zvětralých hornin a žilovin. Agregáty jsou někdy složeny z dokonalých hexagonálně omezených krystalů, většinou ukončených bází, výjimečně i pyramidou, velikosti většinou ≤ 3×1 mm. Častější jsou jehlicovité, individualizované i hypoparalelně srůstající krystaly do velikosti až 20×5 mm. Krystaly bývají někdy radiálně paprsčitě uspořádané. Bylo pozorováno narůstání bílého a nahnědlého jehlicovitého pyromorfitu na větší zelené krystaly, vzácněji byly zaznamenány i případy opačné.

V pyromorfitu z Jihlavy – Starých Hor je patrné střídání porézních a kompaktních zón a nevýrazná chemická oscilační zonálnost. Vzorky z Helenína vykazují v obrazu BSE výraznou chemickou zonálnost sloupečkovitých krystalů a to jak v bazálním tak i podélném řezu. Centra krystalů jsou často automorfně omezená, okraje jsou oscilačně zonální a někdy porézní. Jako na jediné lokalitě jihlavského rudního revíru zde byla v některých cen-

Obr. 17. Soudečkovité krystaly pyromorfitu z barytové žíly v Komárovicích u Jihlavy. Foto R. Kummer, šířka záběru 2,4 mm.

Fig. 17. Barrel-like crystals of pyromorphite from the barite vein in Komárovice near Jihlava. Photo by R. Kummer, width 2.4 mm.

trech homogenních krystalů pyromorfitu identifikována samostatná Pb-Al fáze, tvořící nepravidelná zrna ≤ 10 μm, chemickým složením odpovídající plumbogummitu. V případě lokality Kosov byl nalezen na dvou místech. V chemismu pyromorfitu se mezi nimi projevují zřetelné rozdíly. Na lokalitě „Perkhajzl" se vyskytují pouze zelené pyromorfity, zatímco zaniklá lokalita „Am Berggrub" poskytovala navíc i hnědé až bílé variety. Některé zóny v krystalech pyromorfitu mají poměr [Pb/(Ca+Pb)>0,3] a takové složení odpovídá již fosfohedyfánu $Ca_2Pb_3(PO_4)_3Cl$, nedávno popsanému minerálu (Kampf *et al.* 2006). Podobné složení mají i pyromorfity z Rančířova a z Komárovic, ale jsou méně chemicky variabilní a jejich složení je blízké teoretickému koncovému členu. V BSE je patrná oscilační zonálnost, kde zóny mají většinou ostré hranice, vzácněji se objevují pozvolné přechody.

V ***pelhřimovském revíru*** je pyromorfit rovněž relativně hojný, avšak poměrně nenápadný, protože jeho agregáty nedosahují takových rozměrů jako na Jihlavsku. Pyromorfit se vyskytuje v asociaci s oxohydroxidy Fe, např. v Dudíně (navíc s cerusitem a malachitem), v Řeženčici-Hamru a u Rohozné. Na základě laserové kvalitativní analýzy má pyromorfit z poslední lokality zvýšený podíl As, což může souviset s hojným arzenopyritem v rudě; ostatně je odtud znám i bario-farmakosiderit (Litochleb 1979).

V ***brodském revíru*** je pyromorfit vesměs vzácný. Výjimkou byl donedávna ojedinělý pyromorfit z Termesiv, určený rentgenometricky a metodou EDX (Pauliš *et al.* 2011). Pyromorfit tam tvoří ojedinělá, 1–2 mm velká zelenavá a nažloutlá zrna a drobné (<1 mm), nedokonale vyvinuté sloupečkovité krystaly. Nachází se v asociaci s cerusitem, oba minerály se vyskytují v drúzovité křemenné žilovině společně s hojnými kůrami a povlaky *limonitu* a drobnými zrny zčásti zvětralého galenitu.

Vzhledem k výjimečnosti tohoto nálezu pyromorfitu byl proto poněkud překvapivý nález reliktů supergenní zóny s hojným pyromorfitem u Michalovic na západním okraji brodského revíru. Drobně krystalický zelený a žlutozelený pyromorfit tu běžně povléká *limonitizované* úlomky hydrotermálně alterovaných rul. Studium chemického složení několika typů metodou WDX ukázalo, že se jedná o pyromorfit chudý Ca a As *(nepublikováno)*.

Velmi vzácný je na polymetalických žilách telčsko-slavonického revíru, kde byl v Radlicích u Dačic ověřen v asociaci s corkitem WDX-chemickou analýzou (Hrazdil *et al.* 2018), a z Krucemburku (Pauliš *et al.* 2018d). Ojedinělý je pyromorfit ve štěpánovském rudním revíru (Houzar a Malý 2002). Hnědý ojedinělý pyromorfit, uváděný z Jasenice Burkartem (1953), nebyl na originálních vzorcích potvrzen a jde patrně o jiný minerál Pb *(nepublikováno)*.

V Javůrku u Velké Bíteše (rudní obvod Bílého potoka) se hojně nachází v blízkosti galenitu, zarůstajícího do barytu i křemene, jeho agregáty však nepřevyšují velikost několika mm^2. Někdy přímo narůstá na galenit, kdy tvoří na jeho korodovaných zrnech tmavě zelené, průhledné, jehlicovité krystaly, které ježkovitě srůstají (Malý 1997a, Houzar *et al.* 2012).

Rozšíření pyromorfitu na lokalitách polymetalických rud Českomoravské vrchoviny je nepochybně negativně ovlivňováno obsahem pyritu v asociacích primárních rudních minerálů. Prakticky chybí na žilách s asociací **k-pol** (Fe-sfalerit + galenit + pyrit), které jsou v charakteristickém vývoji známé z Havlíčkobrodska, od Jezdovic a Ledče nad Sázavou, ale rovněž jeho výskyt souvisí se stupněm zachování spodní oxidační subzóny na ostatních lokalitách.

Romboklas $(H_5O_2)Fe^{3+}(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$

Jako romboklas byly určeny drobné (<0,1 mm) bezbarvé nedokonalé krystaly, které recentně vykrystalizovaly na materiálu odebraném na odvalu šachtice Š-2 v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu (jemnozrnná poloha bohatá pyritem, anglesitem a lokálně melanteritem; Houzar *et al.* 2011, Kocourková *et al.* 2011). Jde o čistý Fe-síran, vypřesněné para-

metry základní cely (a = 9,706(1), b = 18,275(2), c = 5.417(1) Å, V = 960,8(2) Å^3) studovaného romboklasu odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (MEREITER 1974, MAJZLAN *et al.* 2006).

Rozenit $Fe^{2+}(SO_4) \cdot 4H_2O$

Náleží k hojným, ale nenápadným a málokdy blíže studovaným recentním síranům železa, vyskytujících se v místech zvětrávání pyritu. Jeho bílé, místy i žlutavé, práškovité a bradavčité agregáty povlékají za suchého počasí výchozy rudních žil i kyzový haldový materiál. Je dobře rozpustný ve vodě a vzniká často dehydratací (ztrátou molekulové vody) z melanteritu. Blíže jej charakterizoval pouze DOBEŠ a MALÝ (2001) z pohledského kamenolomu, kde jej určili rentgenometricky a IR (infračervenou absorbční spektroskopií). Běžně byl zjištěn na jednom z nových odvalů i v Dlouhé Vsi (HOUZAR *et al.* 2011).

Russellit Bi_2WO_6

Byl zjištěn na puklinách a v dutinách křemenné žiloviny bez užšího prostorového vztahu s primární wolframovou ± Bi-Te mineralizací z Vysoké u Havlíčkova Brodu, tvoří žluté povlaky a práškovité agregáty (PAULIŠ *et al.* 2014).

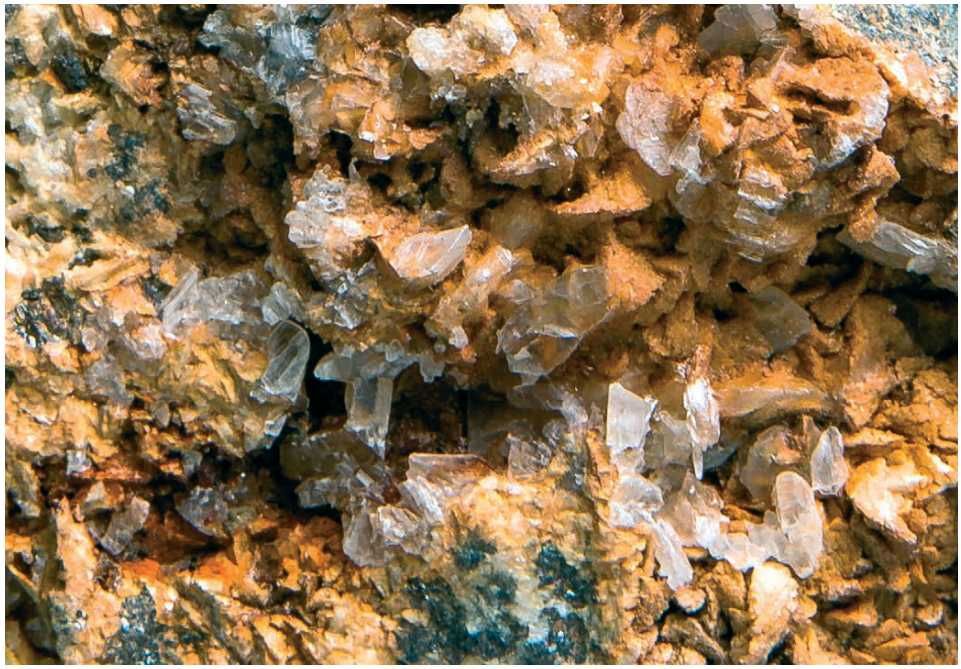
Sádrovec $Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$

Podobně jako výše uvedený jarosit je relativně běžným minerálem všude tam, kde zvětrává pyrit, případně markazit nebo pyrhotin. Ne vždy však jeho vznik souvisí přímo s rudní žilnou Ag-Pb-Zn mineralizací, převážně je totiž produktem zvětrávání alterovaných (pyritizovaných) rul, někdy grafitických (Rančířov), a migmatitů v okolí rudních žil. Tvoří bílé povlaky a ploché tabulkovité krystaly v asociaci se žlutým práškovitým jarositem nebo kůry složené z nedokonalých jehlicovitých krystalů, patrně recentního vzniku. Vyskytuje se na většině studovaných lokalit.

Běžný je sádrovec na stěnách štol i na odvalech ve střední části brodského rudního revíru. Většinou se vyskytuje ve formě drobných čirých a bílých jehlicovitých krystalů velikosti do 5 mm. Největší krystaly pocházejí z jílových výplní tektonických poruch ve štolách (Pekelská štola, Růženina štola a „Ag-štola“ (DOBEŠ a MALÝ 2001)). (Sub)recentně vzniká na odvalech v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. Lokálně je tam běžným minerálem např. na odvalu Š1, kde tvořil drobné bílé krusty a krystaly do 5 mm povlékající Fe-oxohydroxidy, často byl zjištěn i v asociaci se žlutým práškovitým jarositem (HOUZAR *et al.* 2011).

Vzácněji sádrovec přímo porůstá pyritem bohatou křemennou žilovinu. Relativně běžné jsou např. ve štěpánovském revíru bílé povlaky a průhledné ploché lištovité krystaly s *limonitem* na zvětralé žilovině na obvalech nad Korouženskou štolou i v ní. V asociaci s posnjakitem, langitem a *limonitem* se nachází ve štole Mír ve Štěpánově (HOUZAR a MALÝ 2002).

Jiného původu jsou bezbarvé ploché nedokonale omezené destičkovité krystaly velikosti až 1 cm^2 a tabulkovité naleptané agregáty bezbarvého sádrovce na lokalitě Jasenice – Stříbrná díra (MALÝ 2000b). Vykrystalizoval zde jako mladší minerál na křemeni a dolomitu v dutinách *limonitizovaného* zrudněného mramoru (obr. 18). Podobné tabulkovité krystaly čirého sádrovce o velikosti do 0,5 mm byly zjištěny v drobných dutinkách zrudněného mramoru v Horních Loučkách u Tišnova (HRAZDIL *et al.* 2003).



Obr. 18. Nedokonalé krystaly sádrovce na dolomitu v dutině zrudněného mramoru, Jasenice. Foto F. Fojtík, šířka záběru 3 cm.

Fig. 18. Imperfect crystals of gypsum over dolomite in the cavity of ore-rich marble, Jasenice. Photo by F. Fojtík, width 3 cm.

Segnitit $PbFe^{3+}{}_3(AsO_4)(AsO_3OH)(OH)_6$

Při revizi „antimonitových okrů" byl na starším vzorku ze sbírek MZM s lokací Štěpánov nad Svratkou – Havírna objeven segnitit. Tvoří zelenavě žluté zemité agregáty a vznikl zvětráváním křemen-karbonátové žiloviny s vtroušeným arzenopyritem, galenitem a pyritem (SEJKORA *et al.* 2001).

Schwertmannit $Fe^{3+}{}_{16}O_{16}(OH)_{6,9}(SO_4)_{3,2} \cdot 10H_2O$

Vzácnější než goethit, ale místy hojný, je další žlutohnědě zbarvený minerál železa s pozoruhodnou historií. Původně byl popsán v r. 1855 ze Zlatých Hor ve Slezsku a nazván *glockerit*. Upoutal tam svými krápníkovitými tvary ve starých štolách a lesklým, jakoby nalakovaným povrchem a později se předpokládalo, že jde o některý ze železitých gelů *(siderogel)* s adsorbovanou kyselinou sírovou (FOJT 1975).

V roce 1994 byl glockerit (re)definován jako hydroxyl-sulfát ***schwertmannit*** (BIGHAM *et al.* 1994). Na pohled není většinou rozlišitelný od *limonitu*. DOBEŠ a MALÝ (2001) jej popisují jako hojný (sub)recentní až recentní minerál v Pekelské štole (Stříbrné Hory). Vytváří tam na stěnách chodeb i na výdřevě povlaky a stalagmity houbovitého tvaru velikosti do 6 cm (obr. 19) nebo stalaktity (brčka) o průměru 0,5 cm a délce až 50 cm, stalagnáty, příp. agregáty bizarních tvarů. Byl tam ověřen IR spektroskopií a rentgenometricky. V menší míře je znám i z dalších přístupných štol na Vysočině, jeho identifikace však bývá většinou neúplná (štěpánovský revír, HOUZAR a MALÝ 2002). Schwertmannit ve směsi s goethitem povléká rudniny bohaté pyritem a je znám z novějších nepříliš zhutnělých kamenitých odvalů, např. u Dlouhé Vsi (KOCOURKOVÁ *et al.* 2011) nebo České Bělé, příp. Šlapanova.

Obr. 19. Stalagmity recentního schwertmannitu v Pekelské štole, Stříbrné Hory u Havlíčkova Brodu. Foto E. Víšková, šířka záběru 30 cm.

Fig. 19. Stalagmites of the recent schwertmannite in the Pekelská štola (adit), Stříbrné Hory near Havlíčkův Brod. Foto E. Víšková, width 30 cm.

Skorodit $Fe^{3+}(AsO_4) \cdot 2H_2O$

Skorodit představuje nejrozšířenější sekundární minerál arzenu, vznikající oxidací arzenových rud, zvláště arzenopyritu. Vzácně tvoří drobné krystaly zelené a světle modré barvy, častěji však šedozelené povlaky až zemité agregáty (obr. 20). Jeho obsah zásadně ovlivňuje podíl arzenu ve vodách, které komunikují jak s arzenem bohatými minerálními asociacemi různého původu, zejména na ložiscích rud, tak i s deponovanými odpady po jejich těžbě (odvaly, materiál z úpraven); z tohoto pohledu byla jeho stabilita detailně studována. Bylo zjištěno, že jeho rozpustnost zásadně ovlivňuje pH roztoku a průběh reakcí je rovněž kontrolován koexistujícími Fe^{3+} oxohydroxidy (ZHU a MERKEL 2001). Skorodit je daleko stabilnější než kaňkit, případně jiné obdobné arzenové minerály (FLEMMING *et al.* 2005).

Byl nalezen na mnoha lokalitách polymetalických rud na Českomoravské vrchovině (rudní asociace ***k-pol***), zejména v brodském revíru. Tam byl nejprve identifikován PAULIŠEM *et al.* (2005) jako vzácnější minerál na lokalitě Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu. Revize této lokality v dubnu 2007 vedla k zjištění, že tam jde místy o mnohem hojnější supergenní minerál. Zejména se našel na odvalu šachtice Š-2, kde téměř úplně zatlačuje arzenopyrit v křemenné žilovině (KOCOURKOVÁ *et al.* 2011).

Skorodit byl také rentgenometricky určen z Ovčína v brodském revíru, kde vytváří špinavě zelené povlaky, rozpraskané krusty a práškovité agregáty, které obalují křemennou žilovinu s relikty arzenopyritu. Výsledky semikvantitativní chemické analýzy (EDX) přinesly

zjištění podstatných obsahů Fe a As doprovázených minoritními obsahy síry (PAULIŠ *et al.* 2011).

Parageneticky podobným příkladem jsou Jezdovice, které jsou řazeny k jihlavskému rudnímu revíru (obvaly na Hlavní žíle v prostoru Staré šachty). Zemitý šedozelený skorodit zde vyplňuje ojediněle menší dutiny v křemeni. Je zde jediným supergenním minerálem arzenu a zároveň se tu vyskytuje jako na jediné lokalitě v tomto rudním revíru (KOCOURKOVÁ a HRAZDIL 2009).

Přímo v granitech moldanubického plutonu jz. od Jihlavy bylo zjištěno několik menších rudních výskytů s primitivní sulfidickou asociací: pyrit + arzenopyrit (zcela výjimečně černý sfalerit). Jedním z nich bylo zrudnění u Sumrakova, západně od Telče, kde arzenopyrit takřka úplně zvětral na skorodit. Ten zde vytváří šedozelené zemité až práškovité, velmi měkké, nesouvislé povlaky na ploše až několik cm^2. Rentgenometrická a chemická data sumrakovského skoroditu odpovídají publikovaným údajům uváděných pro tento minerál (HOUZAR *et al.* 1999).

Obr. 20. Povlak skoroditu na arzenopyritu v křemeni, Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu. Foto F. Fojtík, velikost vzorku 6 cm.

Fig. 20. Coating of scorodite on arsenopyrite in quartz, Dlouhá Ves near Havlíčkův Brod. Photo F. Fojtik, sample size 6 cm.

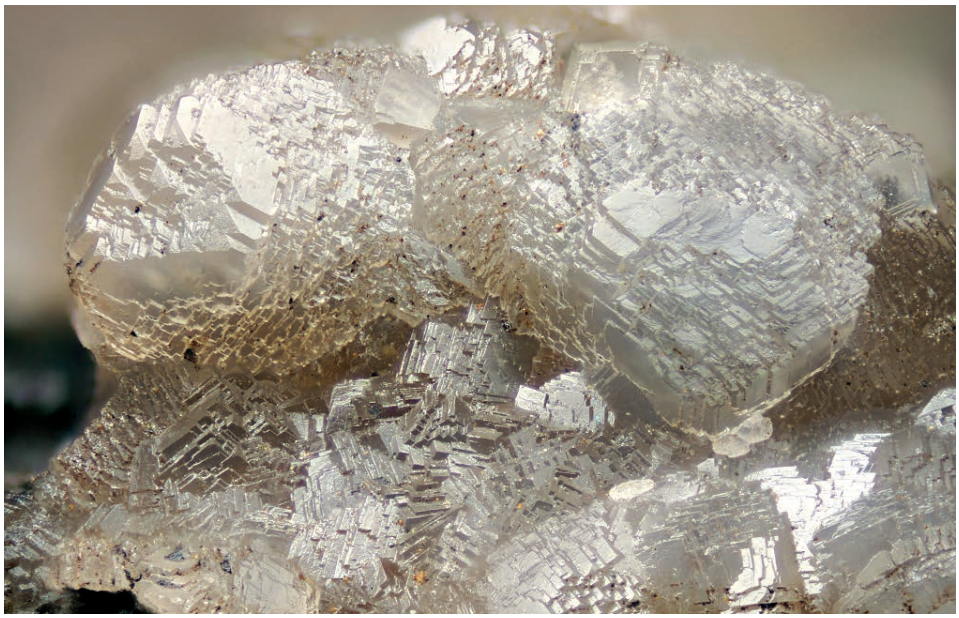
Smithsonit $Zn(CO_3)$

Jako nenápadné bílé a světle hnědé povlaky až drobně ledvinité agregáty se vyskytuje jako produkt rozkladu světlého sfaleritu na mnohých lokalitách. Vyznačuje se méně výraznou bílou–žlutavou luminiscencí v UV-záření.

Významnější je jeho výskyt v Jemnici ve štole Terezie, kde tvoří časté drobně narůžovělé hroznovité agregáty v dutinách po částečně vylouženém žlutohnědém sfaleritu. Je nejhojnějším supergenním minerálem tamní oxidační zóny a tento výskyt nemá objemově na Českomoravské vrchovině obdoby (HOUZAR a POŠMOURNÝ 1991).

V Jasenici u Velké Bíteše byl smithsonit zjištěn zejména na krystalech barytu, méně i na sfaleritu v dutinkách karbonátů, kde tvoří bílé a šedé polokulovité, čiré agregáty, místy srůstající a pak vytvářející povlaky s ledvinitým povrchem. Určen byl EDX metodou a rentgenometricky (Malý 2000b). Ve stejné paragenezi je znám ve Štěchově-Lačnově, kde tvoří bílé, zřídka velmi jemně krystalické povlaky v dutinách karbonátových žilek. Často ho lze pozorovat mikroskopicky podél okrajů zrn a ve štěpných trhlinách sfaleritu. Určen tam byl rovněž pomocí EDX analýzy (Malý 1999b). Smithsonit v podobě drobných hroznovitých povlaků se vyskytoval v limonitizované karbonátové žíle ve Velkém Meziříčí (Malý 2003).

Ze štěpánovského rudního revíru byl rentgenometricky potvrzen v materiálu z Korouženské štoly (Burkart 1953; foto 21) a z odvalu štoly a šachty Bárov (Houzar a Malý 2002), může být však v rámci revíru hojnější (Sekanina 1965, Pelz 2000). Dále byl nalezen v lemech zrn sfaleritu v Herolticích (Malý 2004) a v nenápadné podobě je jistě hojnější i na jiných místech, všude tam, kde se sfalerit vyskytuje v karbonátové žilovině nebo v mramoru (Rozseč nad Kunštátem?).



Obr. 21. Detail povrchu smithsonitu, Koroužné. Foto R. Kummer, šířka záběru 1,2 mm.
Fig. 21. Smithsonite surface detail, Koroužné. Photo R. Kummer, width 1.2 mm.

Síra S

Představuje velmi vzácný, snadno přehlédnutelný supergenní minerál. Tvoří křehké nedokonalé krystaly a korodovaná zrna zelenavě žluté barvy s typickým mastným leskem, jejichž velikost nepřevyšuje 1 mm. Byla zjištěna jen v několika vzorcích na lokalitách Borovec – odval štoly Bárov, Maršov – Stříbrná štola a Radlice u Dačic, a to v drúzových dutinách křemenných žil (Sekanina 1935, Houzar a Malý 2002, Hrazdil *et al.* 2018). Podobný výskyt ryzí síry byl zaznamenán na lokalitě molybdenit-pyritového zrudnění v křemenných žilách prorážejících greiseny u Nové Bystřice na Starohuťském vrchu (Veselý 1963, Zikeš a Welser 2007).

Jiného původu je vzácná recentní síra, povlékající *limonitizovanou* pyritovou rudninu nedaleko dolu Tereza u Javůrku, která pravděpodobně vznikla v redukčních podmínkách reakcí pyritu a huminových kyselin z tlejícího rostlinného pokryvu (SEKANINA 1935).

Stolzit $Pb(WO_4)$

Součástí nevýrazné supergenní zóny v místech komplexní W-Pb-Bi-S-Te... mineralizace v křemenných žilách na Vysoké u Havlíčkova Brodu, v níž společně vystupují mj. minerály olova a wolframu, je i ojedinělý výskyt stolzitu. Tento vzácný minerál zde tvoří světle šedá zrna až krystaly velikosti do 2 mm v křemenné žilovině se zvětralým ferberitem a russellitem (PAULIŠ *et al.* 2016).

Tenorit CuO

Z odvalu štoly „Na Bukovské" byl tenorit popsán v podobě černých snopkovitých krystalů v dutinách křemene s nepatrným obsahem chalkopyritu. V některých případech zatlačuje i krystaly zde daleko hojnějšího malachitu. MIŠKOVSKÝ (1968), který jej určil rentgenometricky a chemicky, ho pokládá za produkt přeměny malachitu v zásaditějším prostředí.

Další bezpečně zjištěný tenorit na ložiscích Českomoravské vrchoviny určil MALÝ (1993) na odvalu šachty Josef v Borovci a tvoří rovněž velmi vzácné práškovité agregáty v průzkumné štole Mír ve Štěpánově nad Svratkou.

Vanadinit $Pb_5(VO_4)_3Cl$

Ve šlichovém vzorku ze svahovin, pocházejícím z lokality Štěpánov - Havírna, bylo chemickou analýzou (EDX) identifikováno několik oranžově hnědých zrn Pb-V minerálu, pravděpodobně vanadinitu (HOUZAR a MALÝ 2002).

Vivianit $Fe^{2+}{}_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$

Vivianit je v tomto přehledu uveden pouze na dokreslení celkové problematiky supergenních mineralizací, neboť nepochází přímo z rudních žil. Jeho drobné, ale dokonalé modré krystaly se vyskytly v asociaci s křemenem, Mg-sideritem, Fe-chloritem a pyritem v kamenolomu v Pohledu. Nacházíme tam různé mineralizace s rudními složkami (KADLEC *et al.* 2018), které však spíše než hydrotermálnímu typu náležejí „alpské paragenezi". Z jedné z nich pochází i dokonale krystalovaný vivianit (VENCLÍK *et al.* 2013).

Práškovitý vivianit, zjišťovaný občas na některých historických ložiscích Českomoravské vrchoviny, je organogenního původu a souvisí s materiálem antropogenního původu.

Wulfenit $PbMoO_4$

Velmi vzácný a nenápadný minerál je uváděn z Rančířova, Jihlavy - Starých Hor (MALÝ 1999a), z Kosova u Jihlavy a z Lačnova u Lysic (PELÍŠEK 1943). Tvoří ojedinělé oranžové, medově hnědé až šedé bipyramidální krystaly s vypouklými plochami milimetrových velikostí v silně rozvětralé žilovině s galenitem, cerusitem a šupinkami grafitu. V Kosově narůstá do dutin šedočerného opálu, příp. alofánu (nejasně situovaná lokalita „Steinhübel", dnes zaniklá – patrně místo jinde zvané „Am Berggrub), v Lačnově je v limonitizované barytové žilovině s galenitem (velikost < 0,5 mm). Je jediným minerálem molybdenu v Ag-Pb-Zn zrudnění na lokalitách Českomoravské vrchoviny.

DISKUSE SUPERGENNÍ MINERALIZACE NA ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINĚ

Chemické složení primárních minerálních asociací, jejich textura a geologická pozice, zejména tektonické porušení zrudněných hornin, ovlivnilo složení a vývoj supergenních mineralizací na polymetalických ložiscích Českomoravské vrchoviny. Výraznou strukturou v centrální části je pak přibyslavská mylonitová zóna, široká asi 10 km, epizodicky oživova-

ná v několika etapách už v mladším paleozoiku, ale aktivní i v mladších třetihorách (Veselá 1976). Druhým významným faktorem byl geomorfologický vývoj. Z tohoto hlediska představuje Českomoravská vrchovina přibližně od třetihor území s nerovnoměrným, ale postupným výzdvihem. Místy zásadní roli pro uchování supergenních zón, pokud byly vůbec vyvinuty, měla i geologicky mladá tvorba hlubokých říčních údolí na jejím východním okraji. Celkově lze poznamenat, že v zájmové oblasti byly produkty zvětrávání rudních mineralizací (příp. spodních zón obohacených stříbrem) ve větší ploše převážně oddenudovány a jen ty významnější se dochovaly podél disjunktivních tektonických struktur s hlubším dosahem (Jihlava – Staré Hory, Štěpánov nad Svratkou, Pelhřimovsko, Jemnice).

Z pohledu složení supergenní minerální asociace se jednotlivé části rudních revírů i revíry samotné částečně odlišují.

Jihlavský revír je co do jednotlivých primárních minerálních asociací nejsložitější a tomu odpovídá i asociace supergenních minerálů. Z geomorfologického hlediska byla příznivá pozice zrudnění v prostoru SSV-JJZ protažené sníženiny, tzv. jihlavské brázdy, kde byly mnohé výchozy rudních žil zakryty mladotřetihorními sedimenty a uchráněny tak od úplné destrukce. Nejvýznamnější byl vývoj a kvantitativní zastoupení supergenní zóny na *starohorském rudním pásmu (starohorském couku)* zhruba S-J směru, kde zvětrávání dosáhlo patrně největších hloubek. Byla tu pravděpodobně vyvinuta i obohacená zóna s ryzím stříbrem, neboť toto pásmo představovalo nejvýznamnější zdroj stříbra na Jihlavsku (Vosáhlo 1999). Nacházíme tu jak primární vtroušenou mineralizaci v mramorech a grafitických horninách, tak i barytové a baryt – křemenné hydrotermální žíly s galenitem a tetraedritem (asociace ***pol)***. Pyrit je tu vzácnější, běžný byl pouze v grafitizovaných dislokačních zónách, kde z něj vzniká jarosit a sádrovec. Charakteristickými a hojnými druhotnými minerály byly cerusit, anglesit a pyromorfit (lokalita Prachárna), nositelem stříbra byl kromě ryzího Ag hojnější akantit *(„stříbrné černě“)*. Vysrážení stříbra v supergenní zóně mohlo být patrně ovlivněno elektrochemickými reakcemi v roztocích pronikajících zónami elektricky vodivého grafitu (Holub 2007).

Zmíněné minerály, zejména pro Jihlavsko typický pyromorfit, se běžně nacházejí i na jiných místech, ale vesměs v malém množství (např. Rančířov, Kosov, Helenín). Minerály jarositové skupiny (s výjimkou plumbojarositu) a sádrovce převážně chybějí a obsahují je jen grafitem bohaté asociace *(Rančířov – „Žíly rančířovských šachet“)*. Zajímavá je lokalita *Kosov u Jihlavy*, kde se na „Perkhajzlu“ dochovala primární asociace galenit + sfalerit + chalkopyrit v křemeni téměř bez jakýchkoliv produktů supergenních přeměn. Místy se však na téže lokalitě nacházejí četné úlomky alterovaných limonitizovaných hornin bohatých pyromorfitem (lokálně s ojedinělými inkluzemi akantitu), anglesitem a hojným cerusitem, místy se vyskytoval opál s celistvým druhotným apatitem (Burkart 1953, Kocourková *et al.* 2010). Supergenně přeměněná křemenná žíla s hojným pyromorfitem u *Helenína (couk Zlaté studánky)* poskytla i ryzí stříbro (Malý *et al.* 2010).

Chudou supergenní mineralizaci mají naopak žíly s primárním pyritem, černým železnatým sfaleritem, arzenopyritem a galenitem, kde se v nepatrném množství vyskytují pouze cerusit a jarosit-plumbojarosit, jen ojediněle skorodit *(Jezdovice)* a beudantit *(Hosov-Dvorce)*. Tyto lokality asociace typu ***k-pol*** jsou mineralogicky velmi podobné výskytům v brodském a pelhřimovském revíru (viz níže).

Štěpánovský revír je z pohledu supergenní mineralizace na Českomoravské vrchovině druhý nejvýznamnější (např. Kráčmar 1987, Malý 1993, 2000a, Pelz 2000, Houzar a Malý 2002, Velebil a Kráčmar 2002). Nachází se v morfologicky silně diferencované krajině podél hlubokého údolí řeky Svratky, kde největší rozdíly v relativních výškách běžně přesahují 50 m a dosahují až téměř 100 metrů. Vývoj supergenních zón tu závisel zejména na zlomové tektonice severojižního směru v pásmu lokalit *Borovec-Štěpánov nad Svratkou*. Centrem revíru probíhá známá „Modrá rozsedlina“, ve zmíněném směru sledovaná starými havíři Kupferštolou a zastižená i novější štolou Mír. Navzdory názvu, který vznikl už v 18. století patrně v důsledku nálezů azuritu, chryzokolu a snad i modrozelených

bazických síranů mědi, obsahuje převážně malachit (Houzar *et al.* 2000). I tato známá supergenní Cu-mineralizace je však z hlediska chemického složení jednoduchá a vzhledem k chemickému složení primární sulfidické mineralizace tu nacházíme pouze karbonáty a bazické sírany mědi. Zcela chybějí arsenáty a fosfáty mědi a jen zcela výjimečně se uplatnilo olovo v beaveritu (?), příp. plumbojarositu, a antimon v blíže neurčených *„antimonových okrech"* zatlačujících vzácnější tetraedrit. Zda tamní výskyty hojného kupritu s ryzí mědi se vzácnějším stříbrem (okolí šachtice Josef) souvisejí s relikty původní cementační zóny (vznik ryzích kovů desulfurizací chalkopyritu se stříbrem a úplný odnos S) nebo jsou důsledkem konečných stadií vývoje hydrotermálního systému, není dosud vyjasněné. Převažující (Ag-) Pb-Zn-Sb mineralizace v silně silicifikovaných mramorech olešnické jednotky a karbonát-dolomitových žilách podél jejího kontaktu s bítešskou jednotkou má vyvinutou převážně jen asociaci nejběžnějších supergenních Pb-Zn minerálů. Bez zajímavosti není místy hojný výskyt povlaků hematitu (Borovec - šachtice Jaroslav, *Horní Čepí*). Za zmínku stojí rovněž relativně nízký obsah pyritu ve štěpánovském revíru; jinde hojné minerály jarositové skupiny se tam objevují pouze v místech zvětrávání pyritu vtroušeného v okolních grafitických svorech (Houzar a Malý 2002, Hrazdil a Houzar 2011).

Nepřítomností pyritu se výše uvedeným revírům částečně podobá Ag-Pb-Zn ložisko u ***Jemnice***. Na lokalitě U Havířských jam je v současnosti nově dostupná asociace kalcit + dolomit + křemen + sfalerit, včetně několika menších nezrudněných žil, ve štole Terezie. Zastižena v ní byla část silně vyloužené křemenné žíly v amfibolické rule, s naleptanými až kostrovitými relikty červenožlutého sfaleritu, s velmi hojnými drobně ledvinitými povlaky smithsonitu, limonitizovaným železnatým dolomitem a sekundárním kalcitem *(nepublikováno)*. Materiál z vedlejší žíly obsahující hlavně galenit a stopy chalkopyritu a tetraedritu není s výjimkou silné *limonitizace* jinak přeměněn (pouze ojedinělé jsou nepatrné povlaky cerusitu a malachitu), její dutiny však často vyplňuje hnědý opál (Houzar a Pošmourný 1991). Obdobná mineralizace u *Police* se podobá Jemnici, rudami je však velmi chudá. Jižněji, u *Vratěnína*, nacházíme na odvalech historicky těžené a dosud neprozkoumané hydrotermální mineralizace silně silicifikovaný gossan s hnědým opálem a chalcedonem (bez sulfidů). Podobně je tomu v okolí Jemnice zejména na ložiscích skarnových a metamorfovaných železných rud (Županovice, Chotěbudice, Mešovice).

Brodský revír byl většinou pokládán za oblast, kde supergenní zóny nejsou příliš vyvinuty, protože zdejší minerální asociace ***k-pol*** neposkytovala vhodné podmínky pro pestřejší asociaci vzácnějších supergenních minerálů. Kromě *limonitu* zde převládají výrazně (sub)recentní produkty vznikající v relativně kyselém prostředí jako jarosit, příp. plumbojarosit (Dokoupilová a Sulovský 2007). Na odvalech a v důlních chodbách se nachází arzenem obohacené oxohydroxidy Fe (AISA) a místy také schwertmannit (Dobeš a Malý 2001). Již dříve zmínil arzenem bohatou zónu nafáranou šachticí Š-2 v hloubce 25 m na ložisku *Dlouhá Ves* Holub (2007). Uvádí pouze výskyt farmakosideritu, avšak v materiálu na odvalu této šachtice je arzenopyrit zatlačovaný hojným skoroditem a vyskytuje se tu i arzénem bohatý jarosit až beudantit (Kocourková *et al.* 2011). Také na dalších lokalitách revíru se, vzhledem k častému výskytu arzenopyritu, vyskytuje hojný skorodit a vzácnější kaňkit *(Stříbrné Hory)*.

Jinak je situace podobná ostatním revírům, kdy se na příhodných místech podél dislokací objevují zachované kořenové zbytky oxidačních zón. Na jedné z nejzápadnějších lokalit v brodském revíru u *Michalovic* byly na odvalech zjištěny zbytky limonitizovaných rul a granitů s běžnými povlaky pyromorfitu, zcela bez reliktů primárních sulfidů. Novější výzkumy brodských lokalit za pomocí elektronové mikrosondy a zejména postupně odkrývaných polymetalických rudních žil v činném kamenolomu u *Pohledu*, poskytly i některé vzácnější supergenní minerály, jako devillin, linarit a mimetit (P. Pauliš, S. Kopecký, *lit. cit.*).

O supergenní mineralizaci ***pelhřimovského revíru*** dosud stručně informoval pouze Litochleb (1979). Primární mineralizace se podobá brodskému revíru, jen galenit je poně-

kud hojnější. Tomu odpovídá i asociace supergenních minerálů, kde dominuje cerusit *(Dudín, Vyskytná, Branišov)*, vzácněji byl nalezen minerál skupiny farmakosideritu *(Rohozná)*. Na rozdíl od lokalit u Havlíčkova Brodu se také běžně, ale pouze v nenápadných tenkých zelenožlutých povlacích, objevuje pyromorfit (*Dudín*, *Proseč pod Křemešníkem*, *Rohozná*, *Řeženčice-Hamr* aj.). Sytě žluté povlaky, místy vzácně doprovázející vtroušený galenit se sfaleritem a pyritem, mohou odpovídat plumbojarositu (Dudín), nevelké zelené povlaky náleží nejspíše malachitu. Výraznější supergenní zóna však podle materiálu na odvalech nebyla vyvinuta, kromě alterovaných hornin na nich převažuje, s výjimkou *Pavlova-Slavníče*, pouze materiál vyloužených křemenných žil se vzácným černým sfaleritem a pyritem, méně i galenitem.

Rovněž v oblasti ***telčsko-slavonického revíru*** minerály supergenní zóny ve větším objemu prakticky chybějí. Výjimkou jsou pouze výskyty navětralých rud u *Dobré Vody*. V křemenné žilovině je galenit v asociaci s akcesorickým chalkopyritem zatlačovaný cerusitem, malachitem a vzácně zelenomodrým linaritem. Z doby poslední těžby je však zmiňován i limonitový gossan (Houzar a Gregor 2017). Pestřejší je minerální asociace v *Radlicích* u Dačic s hojným cerusitem, malachitem a hematitem, se vzácnějším pyromorfitem, corkitem, příp. plumbojarositem. Tyto minerály tvoří jen tenké povlaky na křemenné žilovině (vesměs velmi silně vyloužené), jen s relikty primárních sulfidů. Vyskytuje se tam rovněž hojně supergenní covellín s vzácnějším akantitem a s ryzím stříbrem (Hrazdil *et al.* 2018).

Malý ***ledečský revír*** je co do výzkumu supergenních mineralizací zcela neprobádaný. Podle analogie s brodským a pelhřimovským revírem, jimž se podobá primární mineralizací ***k-pol*** v hydrotermálních křemenných žilách, lze očekávat nejspíše sekundární minerály As. Na lokalitě *Hora - Vrbice* byl zjištěn v ojedinělém vzorku kaňkit *(nepublikováno)*, zatímco bukovskýit a auripigment, uváděné odtud Starým *et al.* (2007) nebyly spolehlivě určeny.

Supergenní mineralizace na polymetalických lokalitách v rudním obvodu ***Bílého potoka***, vesměs velmi chudých na rudní minerály a jejichž historická těžba nepřesáhla rozměrů prospekce, jsou jen nepatrného rozsahu a omezené pouze na blízkost běžných sulfidů vtroušených v žilách křemene a barytu (např. *Stříbrná zmola u Maršova*, *Heroltice* nebo železnorudný důl „Tereza – Stříbrnice“ u *Lesního Hlubokého*; Houzar *et al.* 2012). V dutinách žilovin byly zjištěny cerusit, azurit, malachit a pyromorfit, vzácností jsou hemimorfit, greenockit (?) a ryzí síra. Výskyty leží většinou na svazích v hlubších částech údolí, kde nelze předpokládat úplněji vyvinutou samostatnou zónu supergeneze; pokud vůbec existovala, byla zcela odstraněna erozí. Naopak na zarovnaných plošinách nad údolím Bílého potoka u *Lažánek*, *Maršova* a *Domašova* nacházíme velmi výrazné projevy zvětrávání místních hornin (hlavně kaolinizace fylitů a silná silicifikace vápenců, místy sideritizovaných, s žilkami výše zmíněného zrudněného barytu a křemene). Jsou spojeny s výraznou akumulací Fe a Mn, které byly v několika dolech těženy minimálně od 18. století (Houzar *et al.* 2012). Tyto železné a manganové rudy obsahují hojně goethit, *limonit*, kryptomelan i hollandit, které však nesouvisejí se supergenními přeměnami zmíněných polymetalických žil. Přestože mocnost zvětralin na zdejších ložiscích železných a manganových rud dosahovala běžně desítek metrů (ojediněle až přes 100 m), nebyly v nich, s výjimkou velmi vzácného coronaditu, zjištěny žádné samostatné supergenní minerály Cu, Pb, Zn a Sb. Zvětraliny se zde částečně uchovaly v důsledku pokrytí miocenními sedimenty (Patočka a Leichmann 2013).

Z jednotlivých lokalit, ležících mimo hlavní rudní revíry na Českomoravské vrchovině, stojí za zmínku jen několik, z hlediska vývoje supergenních mineralizací specifických. Je to ***Jasenice***, s vyvinutým gossanem tvořeným limonitovým okrem se zbytky „ankeritizovaného mramoru“, v jehož dutinách vykrystalizoval supergenní (?) baryt, malachit, smithsonit a vzácněji hemimorfit. Podobná mineralizace u ***Štěchova-Lačnova***, navíc s vzácným wulfenitem, je zcela zaniklá. Malé ložisko mědi a stříbra (?) v ***Krucemburku*** (též Křížová) má supergenní zónu relativně bohatou fosfátem pseudomalachitem, z jiných lokalit na Vysočině neznámým (Toman *et al.* 2016, Pauliš *et al.* 2018d). Patrně nikdy netěžená byla kar-

bonátová žíla v třebíčském plutonu, bohatá galenitem a sfaleritem, odkrytá za poslední války ve ***Velkém Meziříčí*** v zářezu železniční trati na Karlově. Žíla byla silně zvětralá, s hojným zemitým *limonitem* vzniklým po sideritu? (spíše železnatý dolomit a ankerit) a sfaleritu (KRUŤA 1950). Vedle cerusitu je bohatá také smithsonitem.

ZÁVĚR

Z přehledu minerálů supergenních zón na rudních ložiscích a různých lokalitách, založeného zejména na rešerši literatury a částečně na revizi sbírkového materiálu, vyplývá zejména nerovnoměrná úroveň zpracování jednotlivých lokalit a rudních revírů. Velká část minerálů byla pouze identifikována optickými metodami, rentgenometricky (bez stanovení strukturních parametrů) a někdy IR-spektroskopií. Chemické složení pak bylo ověřeno převážně pouze energiově disperzním analyzátorem (EDX) a jen méně WDX. To je jistě dostatečné u některých běžných minerálů, avšak poněkud problematické u vzácnějších minerálů, nebo u minerálů se složitějšími substitucemi.

Zdejší primární rudní mineralizace jsou geochemicky poměrně jednoduché *(lit. cit.)*. Jsou složeny převážně z pyritu, sfaleritu, galenitu, arzenopyritu a chalkopyritu, místy tetraedritu a Pb-Sb sulfosolí, vtroušených v křemenných a baryt-křemenných žilách (± karbonáty). Stříbro je v těchto primárních rudách až na malé výjimky vázáno pouze na mikroskopické inkluze Ag-Sb-Pb-S (±Cu ±Bi) v galenitu nebo na substituce $AgCu_{-1}$ v chalkopyritu (MALÝ 1993, 2000a).

Z toho vyplývá i relativní chemická jednoduchost supergenní mineralizace. Ta je kvantitativně poněkud odlišná mezi jednotlivými rudními revíry a zhruba odpovídá základnímu, pro oblast klasickému členění polymetalických mineralizací na typ *pol* a *k-pol*, mj. odlišných hlavně poměrem pyrit/galenit a přítomností arzenopyritu a chalkopyritu v rudninách (BERNARD 1991). Nejhojnějšími supergenními minerály zdejších zrudnění (mimo oxohydroxidy Fe s dominujícím goethitem) jsou jarosit, sádrovec, cerusit, anglesit, pyromorfit a malachit, vyskytující se téměř ve všech revírech. Pouze ve štěpánovském revíru je vedle velmi hojného malachitu relativně častý také azurit, brochantit (Borovec, Štěpánov nad Svratkou) a místy hematit (šachtice Jaroslav). V brodském revíru se hojně na stěnách štol vyskytuje recentní schwertmannit a jarosit, někdy s obsahem olova (DOBEŠ a MALÝ 2001, DOKOUPILOVÁ a SULOVSKÝ 2007), jinak tu nacházíme často skorodit a vzácně farmakosiderit; pouze na jediné lokalitě byl běžný pyromorfit. Pro lokality bohaté sfaleritem v karbonátové žilovině bez pyritu je charakteristický smithsonit (Jemnice, Jasenice, Velké Meziříčí) a v Krucemburku fosfát mědi pseudomalachit. Na jiných lokalitách tvoří výše uvedené a některé další vzácnější minerály (hydrozinkit, plumbojarosit, kaňkit, greenockit, chryzokol, linarit, hemimorfit, melanterit, rozenit) jen objemově bezvýznamné agregáty, často pouze milimetrových rozměrů. Jen velmi vzácně byly zjištěny minerály s obsahem molybdenu (wulfenit u Kosova a Lačnova, ferrimolybdit u Nové Bystřice), vanadu (mikroskopický descloisit v Krucemburku), kadmia (greenockit u Maršova a Švařce), bismutu a wolframu (ojedinělý stolzit, russelit a hydrokenoelsmoreit v komplexní hydrotermální polymetalické mineralizaci s podílem W a lokálně též Bi-Te-Au u Vysoké u Havlíčkova Brodu).

Textury rudních mineralizací ani mladý geomorfologický vývoj Českomoravské vrchoviny nebyly až na výjimky příznivé pro vývoj mocnějších supergenních zón včetně typických gossanů (ty jsou lépe vyvinuty pouze na zrudněných mramorech). Nicméně na lokalitách, silněji postižených supergenními přeměnami primárních rudních minerálů, je patrné druhotné obohacení části oxidační zóny stříbrem ve formě akantitu a ryzího stříbra, vzniklých v důsledku rozkladu galenitu se zmíněnými Ag-inkluzemi (mj. mikroskopické ryzí Ag a akantit v pyromorfitu a cerusitu na Jihlavsku a Pelhřimovsku), a případně také supergenních přeměn stříbronosného chalkopyritu (stříbro v ryzí mědi u Borovce, akantit s covellínem u Radlic).

PODĚKOVÁNÍ

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862).

Velký dík náleží především Radkovi Kummerovi za poskytnutí kvalitních mikrofotografií většiny minerálů. Milou povinností autorů je také poděkovat dvěma recenzentům za kritické zhodnocení článku a připomínky vedoucí k jeho zkvalitnění.

LITERATURA

ANTHONY, J. W., BIDEAUX R. A., BLADH K. W., NICHOLS, M. C., 2000: Handbook of Mineralogy. – Volume IV, 680 p, Tucson, Arizona.

BATEMAN, A. M., 1950: Economic Mineral Deposits. – 2nd ed. Wiley, New York, 916 pp.

BERNARD, J. H., 1991: Empirical type of ore mineralization in the Bohemian Massif. – Ústřední ústav geologický, Praha, 181 p.

BERNARD, J. H., 2000: Minerály České republiky, stručný přehled. – Academia, Praha, 186 p.

BIGHAM, J., M., CARLSON, L., MURAD, E., 1994: Schwertmannite, a new iron oxyhydroxysulphate from Pyhäsalmi, Finland, and other localities. – *Mineral. Mag.*, 58, 641–648.

BOHATÝ, M., 1996: Jihlavské nerosty. Příspěvek k dějinám moravské mineralogie. – *Minerál*, 4, 5, 303–313.

BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. – Mährens Minerale und ihre Literatur. – Nakl. ČSAV, 1008 p, Praha.

CÍLEK, V., 1993: Zpráva o výzkumu krystalických vápenců lukovské jednotky moravika v Národním parku Podyjí. – *Speleo*, 13, 16–18.

CÍLEK, V., 1996: Pseudokrasové fosfát-alofanové speleotémy z ledových slují v NP Podyjí. – *Speleo*, 26, 20–26.

ČECH, F., 1961: Výskyt brochantitu na ložisku měděných rud v Borovci u Štěpánova na Českomoravské vrchovině. – *Čas. Morav. muz.*, Vědy přír. 46, 21–25.

ČECH, F., JANSA, J., NOVÁK, F., 1976: Kaňkite, $FeAsO_4 \cdot 3\ ½\ H_2O$, a new mineral. – *N. Jb. Miner. Mh.* 1976, 426–436.

ČERNÝ, P., VESELOVSKÝ, F., 1988: Ferrimolybdit z Hůrek u Nové Bystřice. – *Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích*, Přír. Vědy, 28, 36.

DOBEŠ, P., MALÝ, K., 2001: Mineralogie polymetalických rudních výskytů ve střední části havlíčkobrodského revíru. – *Vlastiv. Sbor. Vysočiny, odd. věd přírodních*, 15, 51–85.

DOKOUPILOVÁ, P., SULOVSKÝ, P., 2007: Minerály skupiny jarositu ze sulfidických paragenezí východní části Českého masivu. – *Acta. Mus. Morav.*, Sci. geol., 92, 75–91.

DUNN, P. J., 1983: New data for pitticite and second occurrence of yukonite at Sterling Hill, New Jersey. – *Miner. Mag.*, 46, 261–264.

FLEMMING, R. L., SALZSAULER, K. A., SHERRIFF, B. L., SIDENKO, V., 2005: Identification of scorodite in fine-grained, high-sulfide, arsenopyrite mine-waste using micro x-ray diffraction (μXRD). – *Canad. Mineralogist* 43, 1243–1254.

FOJT, B., 1960: Farmakosiderit z Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. – *Čas. Mineral. Geol.*, 5, 61.

FOJT, B., 1975: On problem of glockerite as a secondary mineral of ore deposits. – *Scripta Fac. Sci. Nat. UJEP Brunensis*, Geol., 1, 5–20.

GROSSMANNOVÁ, D., HOUZAR, S. HRAZDIL, V., 2014: Vztah těžby stříbrných rud v oblasti Českomoravské vrchoviny a moravského mincovnictví ve 13. století. – *Folia Numismatica*, Suppl. 28/2 ad. *Acta Mus. Morav.*, Sci. Soc., 99, 139–162.

HAK, J., NOVÁK, F., 1973: Mineralogie a geochemie ložiska Dlouhá Ves u Havlíčkova Brodu. – In: Sbor. Hornická Příbram ve vědě a technice, sekce geologie ložiska nerostných surovin, G17, 247–262.

HAVLÍČEK, J., MALÝ, K., 2008: Kaňkit ze Stříbrných Hor u Havlíčkova Brodu. – *Acta rerum naturalium*, 5, 113–114.

HOLUB, M., 2007: Poznámky k existenci větráním obohacených zón stříbronosných rud v Brodském a Jihlavském rudním revíru. – *Stříbrná Jihlava* 2007, Studie k dějinám hornictví a důlních prací, Archeologické výzkumy na Vysočině, Supplementum 1, 206–215.

HOUZAR, S., GREGOR, F., 2017: Stříbronosná Pb-Zn mineralizace při východním okraji moldanubického plutonu v okolí Telče. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 102, 1–2, 79–97.

HOUZAR, S., MALÝ, K., 2002: Přehled mineralogie, ložiskových poměrů a historie štěpánovského rudního revíru na západní Moravě. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 87, 5–59.

Houzar, S., Pošmourný, K., 1991: Ag-Pb-Zn rudní mineralizace u Jemnice na jihozápadní Moravě. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. nat. 76, 95–103.

Houzar, S., Sejkora, J., Kotrlý M., 1999: As-mineralizace ze Sumrakova u Telče. – *Vlastiv. Sbor. Vysočiny*, Odd. Věd přírod., Jihlava, 14, 25–39.

Houzar, S., Kocourková, E., Sejkora, J., Hrazdil, V., 2011: Recentní výkvěty Fe sulfátů na odvalech po těžbě polymetalických rud v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 96, 2, 53–67.

Houzar, S., Hrazdil, V., Malý, K. Pfeiferová, A., Sadílek, J., 2000: Charakteristika pozůstatků po starém dolování Ag–Pb–Cu rud ve štěpánovském rudním revíru na západní Moravě. – *Vlastiv. Sbor. „Západní Morava“*, Státní okr. Archiv, Žďár nad Sázavou a Třebíč, 4, 116–137.

Houzar, S., Kocourková, E., Hrazdil, V., Toman, J., Cempírek, J., 2012: Topografie historického dolování a rudní mineralizace v oblasti Bílého potoka, západní Morava. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 97, 2, 3–45.

Houzar, S., Cempírek J., Fojt, B., Gadas, P., Hrazdil, V., Novák, M., Sejkora, J., Škoda, R., 2010: Přehled nových minerálů nalezených na Moravě a ve Slezsku v letech 1985–2009. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 1, 95, 5–60.

Hrazdil, V., Houzar, S., 2011: Stříbro z Borovce. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol. 96, 1, 11–18.

Hrazdil, V., Toman, J., 2017: Molybdenit-pyritové zrudnění v křemenných žilách a greisenizovaném granitu v okolí Nové Bystřice u Jindřichova Hradce. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 102, 1–2, 99–107.

Hrazdil, V., Houzar, S., Víšková, E., 2018: Hydrotermální stříbronosná Pb-Zn mineralizace v moldanubickém plutonu v okolí Dačic a Slavonic. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 103, 2, 17–37.

Hrazdil, V., Malý, K., Dobeš, P., Houzar, S., 2003: Pb-Zn mineralizace u Horních Louček na Tišnovsku. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 88, 139–148.

Hruschka, W., 1825: Bemerkungen über die bei Iglau in Mähren vorkommenden Mineralien. – *Mitt. der k. k. mähr.-schles. Gesell. zur Beförderung des Ackerbaues*, 8, 25, 199–200.

Cháb, J., Breiter, K., Fatka, O., Hladil, J., Kalvoda, J., Šimůnek, Z., Štorch, P., Vašíček, Z., Zajíc, J., Zapletal, J., 2008: Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. – *Česká geologická služba*, Praha, 283 p.

Jansa, L., 1956: Petrografie krystalických břidlic a jejich zrudnění v oblasti Borovce a Koroužného. – *MS*, Diplomová práce, Katedra mineralogie, petrografie a geochemie přírod. fak. Masarykovy univerzity. Brno.

Kadlec, T., Venclík, V., Pauliš., P., 2018: Nález zeolitů a doprovodné mineralizace z žil alpského typu a hydrotermálně alterovaných pegmatitů v kamenolomu Pohled u Havlíčkova Brodu. – *Minerál*, 26, 2, 107–118.

Kocourková, E., Cempírek, J., Losos, Z., 2008: Kaňkit z Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. – *Acta rerum naturalium*, 4, 7–12.

Kocourková, E., Hrazdil, V., 2009: Skorodit $FeAsO_4 . 2H_2O$ z Jezdovic u Třeště. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 94, 77–81.

Kocourková, E., Houzar, S., Hrazdil, V., 2010: Pyromorfit z jihlavského rudního revíru. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 1, 95, 105–120.

Kocourková, E., Sráček, O., Houzar, S., Cempírek, J., Losos, Z., Filip, J., Hršelová, P., 2011: Geochemical and mineralogical control on the mobility of arsenic in a waste rock pile at Dlouhá Ves, Czech Republic. – *J Geochem. Expl.*, 110, 61–73.

Kráčmar, L., 1987: Geochemie supergeneze mědi vybraných rudních lokalit. – *MS*, diplomová práce, Katedra mineral. a petrol. PřF UJEP Brno.

Kruťa, T., 1950: Příspěvek poznání rudních výskytů v třebíčsko-meziříčském masivu. – *Příroda*, 43, 93–95.

Kruťa, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1965. – Moravské muzeum, Brno, 379 p.

Kruťa, T., 1980: Příspěvky k moravské topografické mineralogii XVI. – Čas. Mor. Muz., věda přírodní, 65, 15–30.

Lardeaux, J. M., Schulmann, K., Faure, M., Janoušek, V., Lexa, O., Skrzypek, E., Edel, J. B., Štípská, P., 2014: The Moldanubian Zone in French Massif Central, Vosges/Schwarzwald and Bohemian Massif revisited: Differences and similarities. In Schulmann, K., Martínez, Catalán, J. R., Lardeaux, J. M., Janoušek, V., Oggiano, G. (eds.) The Variscan Orogeny: Extent, Timescale and the Formation of the European Crust. 7–44. Geological Society Spec Publ 405. London.

Litochleb, J., 1979: K mineralogii a ložiskovým poměrům pelhřimovského rudního revíru. – *Sbor. příspěvků ke geol. výzk. jz. části Českomoravské vrchoviny*, 65–79.

Luna, J., 2005: Geologická stavba, těžba nerostných surovin, mineralogické poměry. – In: Nekuda, V. (ed.) Vlastivěda Moravská, Dačicko, Slavonicko, Telčsko, 11–26.

Major, J., 2015: Nová lokalita lithioforitu v České republice. – *Minerál*, 23, 6, 525–526.

Majzlan, J., Navrotsky, A., McCleskey, R. B., Alpers, C. H. N., 2006: Thermodynamic properties and crystal structure refinement of ferricopiapite, coquimbite, rhomboclase, and $Fe_2(SO_4)_3(H_2O)_5$. – *Eur. J. Mineral.*, 18, 175–176.

Malý, K., 1993: Mineralogická charakteristika rudních výskytů u Štěpánova nad Svratkou a Rozseče nad Kunštátem. – *MS*, diplomová práce, Přírod. fak. Masarykovy univerzity v Brně, 1–50.

Malý, K., 1997a: Sekundární minerály rudního výskytu z Javůrku u Velké Bíteše. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 82, 45–49.

Malý, K., 1997b: Sb-mineralizace v Koroužném u Štěpánova nad Svratkou. – *Minerál*, 5, 4, 266–267.

Malý, K., 1998: Nová lokalita s Pb-Zn zrudnění ve Švařci u Štěpánova nad Svratkou. – *Vlast. Sbor. Vysočiny*, Odd. Věd přír., 12, 351–352.

Malý, K., 1999a: Jihlavský rudní revír – přehled geologie a mineralogie. – *Sbor. „Dolování stříbra a mincování v Jihlavě“*, 15–23.

Malý, K., 1999b: Mineralogie rudních výskytů u Rozseče nad Kunštátem a Štěchova–Lačnova (svratecká klenba moravika). – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 84, 61–70.

Malý, K., 2000a: Mineralogie polymetalických rudních výskytů ve svratecké klenbě moravika. – *MS disertační práce*, Přírod. fak. Masarykovy univ., Brno.

Malý, K., 2000b: Mineralogie rudního výskytu Jasenice u Velké Bíteše (svratecká klenba moravika). – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 85, 81–89.

Malý, K., 2003: Polymetalické mineralizace v třebíčském masivu. – *Minerál*, 11, 5, 328–331.

Malý, K., 2004: Mineralogie polymetalického rudního výskytu Heroltice u Tišnova. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 89, 81–84.

Malý, K., Houzar, S., Štelcl, J., 2010: Ryzí stříbro z Helenína (jihlavský rudní revír). – *Acta rerum naturalium* 8, 1, 55–58.

Mátl, V., 1974: Metalogeneze moravika. – *Sbor. Geol. průzkum Ostrava*, 12, 7, 41–51.

Mereiter, K., 1974: Die Kristallstruktur von Rhomboklas, H_5O_2+$Fe[SO_4]_2.2H_2O$. – Tchermaks Mineral. Petrog. Mitt., 21, 216–232.

Mísař, Z., Dudek, A., Havlena V., Weiss, J., 1983: Geologie ČSSR I. Český masív. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 333 p.

Miškovský, J., 1968: Tenorit z Borovce u Štěpánova. – *Čas. Mineral. Geol.*, 13, 99–101.

Miškovský, J., 1975: Posnjakit a langit z Borovce u Bystřice nad Pernštejnem. – *Čas. Mineral. Geol.*, 20, 75–79.

Morávek, P., Aichler, J, Doškář, Z., Duda, J., Ďurišová, J., Hauk, J., Janatka, J., Kalenda, F., Klomínský, J., Květoň, P., Litochleb, J., Malec, J., Mrázek, I., Novák, F., Pouba, Z., Pudilová, M., Punčochář, M., Skácel, J., Soukup, B., Studničná, B., Sztacho, P., Šponar. P., Tásler, R. jr., Váňa, T., Vaněček, M., Veselý. J., 1992: Zlato v Českém masivu. – Český geologický ústav, Prague, 245 p.

Novotný, J., Kvaček, M., 1968: Příspěvek k chemismu rud štěpánovského revíru. – *Čas. Mineral. Geol.* 13, 2, 185–193.

Patočka, M., Leichmann, J., 2013: Limonitizované kvarcity s Fe-Mn-Ba-Co zrudněním ve svratecké klenbě moravika jižně od Maršova u Tišnova. – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 98, 2, 115–140.

Pauliš, P., Kopecký, S., Novák, F., Ševců, J., 2005: Skorodit z Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu. – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz.*, 13, 248–249.

Pauliš, P., Kopecký, S., Jebavá I., 2011: Nové nálezy supergenní mineralizace v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika). – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)*, 19, 1, 76–82.

Pauliš, P., Kopecký, S., Jebavá, I., 2012a: Corkit a bariofarmakosiderit-Q z Vysoké u Havlíčkova Brodu (Česká republika). – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)*, 20, 1, 106–109.

Pauliš, P., Havlíček, J., Kopecký, S., Jebavá, I., 2012b: Mimetit z kamenolomu Pohled u Havlíčkova Brodu (Česká republika). – *Acta rerum naturalium*, 13, 1–3.

Pauliš, P., Kopecký, S., Jebavá, I., 2013a: Supergenní asociace s linaritem z Helenína v jihlavském rudním revíru (Česká republika). – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)*, 21, 1, 52–56.

Pauliš, P., Kopecký, S., Jebavá, I., 2013b: Beudantit z lokality Dvorce u Jihlavy. – *Minerál*, 21, 3, 234–236.

Pauliš, P., Kopecký, S., Jebavá, I., Havlíček, J., 2013c: Nové mineralogické nálezy z kamenolomu Pohled u Havlíčkova Brodu. – *Minerál*, 21, 4, 317–322.

Pauliš, P., Kopecký, S., Pour, O., Sejkora, J., Malíková, R., Civiš, S., 2014: Bi-Te mineralizace z Vysoké u Havlíčkova Brodu (Česká republika). – *Bull. mineral.- petrolog. Odd. Nár. Muz.* (Praha), 22, 2, 275–280.

Pauliš, P., Kopecký, S., Vrtiška, L., Čejka, J., Pour, O., Laufek, F., 2016: Stolzit z Vysoké u Havlíčkova Brodu. – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz.* (Praha), 24, 1, 95–99.

Pauliš, P., Kopecký, S., Pour, O., Vrtiška, L., 2018a: Nový nález kasiteritového zrudnění od Sázavky u Světlé nad Sázavou. – *Minerál*, 26, 2, 139–145.

Pauliš, P., Kopecký, S., Pour, O., Vrtiška, L., 2018b: Hydrokenoelsmoreit (ferritungstit) z Vysoké u Havlíčkova Brodu, nový minerál pro Českou republiku. – *Minerál*, 26, 4, 299–304.

Pauliš, P., Kopecký, S., Pour, O., Fediuk, F., 2018c: Výskyt granátických hornin v jižní části havlíčkobrodského rudního revíru. – *Minerál*, 26, 6, 509–513.

Pauliš, P., Kopecký, S., Vrtiška, L., Pour, O., 2018d: Klasická mineralogická lokalita Krucemburk – nejen pseudomalachit. – *Minerál*, 26, 6, 521–525.
Pelíšek, J., 1943: Wulfenity v oblasti západní Moravy. – *Příroda* (Brno), 35, 8, 283.
Pelíšek, J., 1944: Plumbojarosit od Popic u Jihlavy, nový minerál moravský. – *Příroda* (Brno), 36, 7, 243–244.
Pelz, J., 2000: Borovec – několik poznámek k mineralogii lokality. – *Minerál*, 8, 1, 20–26.
Pluskal, O., Vosáhlo, J., 1998: Jihlavský rudní obvod. – *Vlast. sbor. Vysočiny*, 13, 157–191.
Sejkora, J., Houzar, S., Šrein, V. 2001: Segnitit ze Štěpánova nad Svratkou, západní Morava. – *Acta Mus. Morav.*, Sci., geol., 86, 85–92.
Sejkora, J., Kopecký, S., sen, Pauliš, P., Kopecký S. jun., 2015: Nové poznatky o primární mineralizaci v havlíčkobrodském rudním revíru (Česká republika). – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. muz.* (Praha), 23, 2, 277–296.
Sekanina, J., 1935: Moravská síra, její původ a nerosty s ní sdružené. – *Zpr. Komise na přírod. výzkum Moravy a Slezska*, odd. mineral., č. 6., 1–29.
Sekanina, J., 1965: Minerály a jejich genetické vztahy k horninám na území geologické mapy 1:50 000, list M 33 – 93 – B (Bystřice nad Pernštejnem). – Rukopis, miner. petr. odd. MZM v Brně.
Smirnov, S. S., 1956: Oxydační pásmo sulfidických ložisek. – Nakl. ČSAV, Praha, 304 s.
Smirnov, V. I., 1983: Geologie ložisek nerostných surovin. – 357–392, SNTL – Nakl. technické literatury, Praha.
Starý, J., Šanderová, J., Tomášek, M., 2007: Zaniklý těžební a zpracovatelský areál Hory u Vrbice. – Stříbrná Jihlava 2007, Studie k dějinám hornictví a důlních prací, Archeologické výzkumy na Vysočině, Supplementum 1, 102–113.
Toman, J., Hrazdil, V., Sejkora, J., 2016: Pseudomalachit a descloizit v supergenní minerální asociaci z lokality Krucemburk (Česká republika). – *Acta Mus. Morav.*, Sci. geol., 101, 1–2, 33–43.
Velebil, D., Kráčmar, L., 2002: Ložisko Borovec u Štěpánova (štěpánovský revír). – *Minerál*, 10, 3, 163–181.
Venclík, V., Sejkora, J., Škácha, P., Pauliš, P., Stískal, O., 2013: Vivianit z lomu Pohled u Havlíčkova Brodu (Česká republika). – *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz.* (Praha), 21, 2, 191–194.
Veselá, M., 1976: Jihlavská brázda ve vývoji geologické stavby okolí Jihlavy. – *Sbor. geol. Věd.*, Geologie, 28, 189–205.
Veselý, J., 1963: Molybdenitové zrudění v okolí Kozí hory, jihovýchodně od Nové Bystřice na Jindřichohradecku. – *Čas. Mineral. Geol.*, 8, 391–392.
Vosáhlo, J., 1999: Přehled historie jihlavského hornictví. – Sborník *„Dolování stříbra a mincování v Jihlavě“*, 52–65, Muzeum Vysočiny, Jihlava.
Williams, P., A., 1990: Oxide Zone Geochemistry. – *Ellis Horwood Limited*, England, 286 p.
Zajíček, P., 1982: Jihlavský rudní revír a jeho mineralogie. – Přednášky NM v Praze, 4, 28 s.
Zhu, Y., Merkel, B., J., 2001: The dissolution and solubility of scorodite, $FeAsO_4.2H_2O$, Evaluation and simulation with PHREEQC2. – *Wiss. Mitt. Inst. für Geologie*, TU Berg Academie Freiberg, 18, 1–12.
Zikeš, J., Welser P., 2007: Jihočeské minerály a jejich produktivní lokality. – *Minerál*, 15, 1, 56–66.