

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

Historická ložiska cinabaritu v Čechách – genetická studie

Diplomová práce

Dalibor Velebil



Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jiří Zachariáš, Ph.D.

Praha 2010

Abstrakt

V předložené práci jsou dány geologické a mineralogické charakteristiky pěti českých historických ložisek cinabaritu, jejich vzájemné srovnání a srovnání s evropskými ložisky. Popisovaná ložiska cinabaritu mají pravděpodobně vulkanický původ s tím, že rtuť byla druhotně remobilizována za vzniku ložiskových akumulací cinabaritu. Studium fluidních inkluzí byl prokázán metamorfní původ cinabarit-pyritové mineralizace na ložisku Horní Luby. Zároveň byly zjištěny teplotní podmínky vzniku tamní mineralizace. Během ložiskotvorných procesů došlo k rozpadu původního homogenního H₂O-CO₂ fluida o teplotě nad 250°C (asi 300°C) na členy bohaté H₂O či CO₂, a to ve více etapách mezi 200 - 150°C. Křemen krystalizoval z matečného fluida při teplotách okolo 300°C a méně, pyrit při teplotách mezi 220 a 210°C (a méně) a cinabarit při teplotách mezi 195 a 160°C. Tím bylo prokázáno, že cinabarit je nejmladším minerálem na ložisku (posloupnost krystalizace: křemen - pyrit - cinabarit). Na ložisku Jedová hora krystalizoval křemen okolo teplot 160 až 150°C, baryt při teplotách okolo 115°C (teplota varu fluida) a cinabarit v intervalu mezi těmito teplotami. Studium tetraedritu z ložiska Jedová hora bylo zjištěno jeho neobvyklé chemické složení. Tetraedrity z Jedové hory mají velmi vysoké obsahy rtuti, obsahují průměrně více než 18 hm. % Hg. Svým složením se blíží ideálnímu krystalochemickému vzorci $^{III}Cu_6^{IV}[Cu_4Hg_2]Sb_4S_{13}$ a teoreticky tak představují samostatný minerální druh skupiny tetraedritu.

Summary

The study of fluid inclusions proved the metamorphic origin of the cinnabar-pyrite mineralization at the deposit of Horní Luby. In addition, thermal conditions of the mineralization formation were determined. During the deposit forming processes, the primary homogenous H₂O-CO₂ fluid of the temperature of about 300°C was differentiated to fractions rich in H₂O or CO₂. The differentiation took place in several stages in the temperature range between 200 to 150°C. Quartz crystallized from the parent fluid at the temperature about 300°C, pyrite at temperatures in the range of 220°C to 210°C and cinnabar at temperatures in the range of 195°C to 160°C. The cinnabar is thus the youngest mineral at the deposit (crystallization succession. quartz – pyrite – cinnabar). At the deposit of Jedová hora, quartz crystallized at the temperature of about 160°C to 150°C, barite at temperature of about 115°C (the fluid boiling point) and cinnabar in the range between these temperatures.

The origin of mercury at all Czech historical deposit of cinnabar can be very likely related to Lower Paleozoic submarine volcanism. In all cases, the pre-concentrated mercury was remobilized during the Variscian metamorphism, followed by precipitation in form of veins with cinnabar or as cinnabar impregnation.

Study of tetrahedrite from the deposit of Jedová hora identified its unusual composition. Tetrahedrites from this location have very high content of mercury, more than 18 wt. % Hg in average. This composition is close to the ideal crystallochemical formula $^{III}Cu_6^{IV}[Cu_4Hg_2]Sb_4S_{13}$. Thus the tetrahedrites from Jedova hora theoretically represent a separate mineral specie of the tetrahedrite group.

Obsah

1.	ÚVOD	1
2.	HORNÍ LUBY U CHEBU	2
3.	JEDOVÁ HORA (DĚDOVA HORA) U NEŘEŽÍNA	10
4.	SVATÁ U BEROUNA	25
5.	BEZDRUŽICE U MARIÁNSKÝCH LÁZNÍ	35
6.	JESENNÝ U SEMIL	41
7.	STUDIUM FLUIDNÍCH INKLUZÍ	47
7.1	Metodika	47
7.2	Horní Luby	48
7.2.1	Popis vzorků	48
7.2.2	Výsledky a interpretace	55
7.3	Jedová hora	58
7.3.1	Popis vzorků	58
7.3.2	Výsledky a interpretace	65
8.	JEDOVÁ HORA - STUDIUM CHEMISMU TETRAEDRITŮ	68
9.	JEDOVÁ HORA, KRUŠNÁ HORA – STUDIUM STABILNÍCH IZOTOPŮ KYSLÍKU A UHLÍKU V KARBONÁTECH	72
10.	DISKUZE	75
11.	ZÁVĚR	78
12.	LITERATURA	79

Seznam obrázků

Obr. 1. Historická ložiska cinabaritu v Čechách	1
Obr. 2. Osada Horní Luby. Foto D. Velebil 2009	2
Obr. 3. Situace důlních děl v oblasti Horních Lubů.....	3
Obr. 4. Geologická mapa západní části Krušných hor a Smrčín (Chrt 2001)	5
Obr. 5. Cinabarit ve foliaci fylitu, šířka záběru 5 mm. Foto D. Velebil.....	6
Obr. 6. Cinabarit, Horní Luby, až 2mm zrna ve fylitu. Foto D. Velebil	8
Obr. 7. Cinabarit, Horní Luby, bohatý agregát ve fylitu, 7 × 4 cm. Foto D. Velebil	8
Obr. 8. Cinabarit ve foliaci fylitu (s křemenem a muskovitem), šířka záběru 5 mm. Foto D. Velebil ...	9
Obr. 9. Jedová hora u Neřežína, pohled od JZ. Foto D. Velebil	10
Obr. 10. Důl na Jedové hoře podle mapy ze 2. poloviny 19. století (překresleno)	11
Obr. 11. Mapa důlních měř hessenského kurfiřta Friedricha Wilhelma I. na Jedové hoře.	12
Obr. 12. Mapa důlních děl na Jedové hoře (Pošepný 1895).....	12
Obr. 13. Mapa důlních děl na Jedové hoře překreslená podle Pošepného (1895).....	13
Obr. 14. Cinabarit, Jedová hora (halda šachty Barbora 1989), velikost 5,5×4 cm. Foto D. Velebil.....	14
Obr. 15. Cinabarit, Jedová hora, 7x5 cm, až 3mm nedokonalé krystaly na pyritu. Foto D. Velebil.....	14
Obr. 16. Geologický profil horninami na Jedové hoře (Králik 1960 in Sattran et al. 1978).....	15
Obr. 17. Chalkopyrit, Jedová hora, šířka záběru 2,1 mm.	18
Obr. 18. Chalkopyrit, Jedová hora; BSE foto P. Gadas.	19
Obr. 19. Chalkopyrit vyplňující prostor mezi krystaly sideritu, Jedová hora, šířka záběru 0,3 mm.	19
Obr. 20. Ankerit, Jedová hora, sbírka NM Praha. Foto D. Velebil	22
Obr. 21. Křemen v ankeritu (na povrchu navětralém), Jedová hora, 6x5 cm. Foto: D. Velebil.....	22
Obr. 22. Baryt, Jedová hora, 10×7 cm velká drůza červeně zbarvených krystalů. Foto D. Velebil.....	23
Obr. 23. Baryt, Jedová hora, sbírka NM Praha. Foto D. Velebil.....	23
Obr. 24. Hg-tetraedrit, Jedová hora, 4×4 cm (sbírka Národního muzea v Praze). Foto D. Velebil	24
Obr. 25. Obec Svatá od východu. Foto D. Velebil.....	25
Obr. 26. Pravděpodobná lokalizace rtuťového dolu z 18. století u Svaté	25
Obr. 27. Cinabaritový důl při jiv. okraji Svaté podle stavu z doby po polovině 18. století	26
Obr. 28. Mapa rumělkového dolu Jan Evangelista u Svaté z roku 1727 od T. A. Pochmanna.....	27
Obr. 29. Výřez z důlní mapy rtuťových dolů u Svaté od J. Ch. Fischera z roku 1752.....	28
Obr. 30. Výřez z důlní mapy rtuťových dolů u Svaté od J. Ch. Fischera z roku 1754.....	29
Obr. 31. Svatá u Berouna na výřezu z důlní mapy z doby okolo poloviny 18. století	29
Obr. 32. Geologická mapa okolí Svaté (podle Sattrana et al. 1978).	31
Obr. 33. Geologický řez proterozoikem a ordovikem u Svaté (Sattran 1980).	31

Obr. 34. Situační mapka okolí Svaté s pozůstatky po dolování železné rudy (Sattran et al. 1978)	32
Obr. 35. Cinabarit, pyrit, Krušná hora, 6 × 5 cm, nábrus. Foto J. Zachariáš.....	34
Obr. 36. Situace pozůstatků po dolování rumělky v lesním remízku „Obora“ jv. od Bezdružic	36
Obr. 37. Záběr z přibližně 300 × 300 m velkého pole asi 150 pinek (trychtýřovitých jam) v jižní polovině lesního remízku mezi Bezdružicemi, Novou Vsí a Potínem. Foto D. Velebil	37
Obr. 38. Geologická mapa okolí Bezdružic (Baier et al. 1936).	38
Obr. 39. Okolí Bezdružic; situační mapa pozůstatků po starém dolování (Sattran et al. 1978).....	39
Obr. 40. Přehledná mapa okolí Jesenného.....	41
Obr. 41. Zasypaný propad z roku 2001 západně od domu č. 86 v Jesenném. Foto D. Velebil.....	42
Obr. 42. Železnobrodské krystalinikum (Kachlík a Patočka 1998).	44
Obr. 43. Geologická mapa okolí Jesenného podle Krutského (1997).....	44
Obr. 44. Zjednodušené litostratigr. schema železnobrodského krystalinika (Kachlík a Patočka 1998)	45
Obr. 45. LB1, křemen, cinabarit, výbrus 3,5 × 2,5 cm. Foto D. Velebil.....	48
Obr. 46. LB1 - úlomek 1, šířka záběru 5 mm, traily A, B, C, D. Foto J. Zachariáš.....	49
Obr. 47. LB1 - úlomek 1, šířka záběru 0,25 mm. Foto J. Zachariáš	50
Obr. 48. LB1 - úlomek 1, šířka záběru 0,25 mm. Foto J. Zachariáš	50
Obr. 49. LB1 - úlomek 2, oblast 1, šířka záběru 0,25 mm. Foto J. Zachariáš.....	51
Obr. 50. LB1 - úlomek 3, šířka záběru 0,25 mm. Foto J. Zachariáš	52
Obr. 51. LB1 - úlomek 4, šířka záběru 0,1 mm. Foto J. Zachariáš	53
Obr. 52. LB1 - úlomek 4, šířka záběru 0,1 mm. Foto J. Zachariáš	54
Obr. 53. LB1 - úlomek 4, šířka záběru 0,1 mm; dvoufázové H ₂ O inkluze. Foto J. Zachariáš.....	54
Obr. 54. Lokalita Horní Luby - graf vývoje teploty a salinity fluid v čase	56
Obr. 55. Lokalita Horní Luby - histogram celkových teplot homogenizace.....	56
Obr. 56. Lokalita Horní Luby - histogram teplot homogenizací CO ₂	57
Obr. 57. Lokalita Horní Luby - histogram teplot tání CO ₂	57
Obr. 58. Horní Luby. Izochory vypočtené podle složení a Th vybraných fluidních inkluzí.....	58
Obr. 59. Vzorek JH8, baryt, Jedová hora, 3x2 cm. Foto D. Velebil	59
Obr. 60. Vzorek JH8 - úlomek 5, oblast 1. Foto J. Zachariáš	60
Obr. 61 Vzorek JH8 - úlomek 5, oblast 2. Foto D. Velebil.....	61
Obr. 62. Vzorek JH8 - úlomek 5. Foto J. Zachariáš.....	61
Obr. 63. Vzorek JH1, křemen, Jedová hora, 4,5x3,5 cm. Foto D. Velebil.....	62
Obr. 64. Vzorek JH1 - úlomek A1c, šířka záběru 5 mm. Foto J. Zachariáš.....	63
Obr. 65. Vzorek JH1 - úlomek A1, šířka záběru 1 mm. Foto J. Zachariáš	63
Obr. 66. JH1 - úlomek A1, šířka záběru 0,25 mm., Foto J. Zachariáš.	64
Obr. 67. Vzorek JH1 - úlomek A2, šířka záběru 2 mm. Foto J. Zachariáš.	65

Obr. 68. Lokalita Jedová hora - salinity a Th fluidních inkluzí ve vzorcích barytu a křemene.	66
Obr. 69. Lokalita Jedová hora - histogram teplot homogenizací křemene (černá) a barytu (šedá).....	66
Obr. 70. Lokalita Jedová hora - izochory vypočtené podle složení a Th vybraných fluidních inkluzí.	67
Obr. 71. Tetraedrit, Jedová hora, asi 1.5 × 1 mm velké zrno, šířka záběru 1.5 mm. Foto D. Velebil...	70
Obr. 72. Tetraedrit, siderit, chalkopyrit, Jedová hora, BSE foto P. Gadas.....	71
Obr. 73. Siderit, tetraedrit, baryt, Jedová hora, BSE foto P. Gadas.	71
Obr. 74. Poměr hodnot $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ a $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ v karbonátech.....	74

Seznam tabulek

Tab. 1. Produkce HgS a Hg na Jedové hoře.....	13
Tab. 2. Elektronová mikroanalýza chalkopyritu z Jedové hory	18
Tab. 3. Produkce HgS a Hg ve Svaté	30
Tab. 4. Produkce HgS v Jesenném	42
Tab. 5. Elektronová mikroanalýza tetraedritů z Jedové hory – hm. % a příslušné hodnoty <i>apfu</i>	70
Tab. 6. Vzájemné srovnání českých Hg-ložisek	76
Tab. 7. Charakteristiky největších evropských ložisek rtuti (cinabaritu):.....	76

Seznam příloh za textovou částí

Příloha I

Vzorek LB1(Horní Luby 1) - tabulka s výsledky mikrotermometrických měření

Příloha II

Jedová hora - tabulka s výsledky mikrotermometrických měření

Příloha III

- III/1. Cinabarit, Horní Luby. Zrna cinabaritu v křemeni ve foliaci fylitu; šířka záběru 5 mm. Foto D. Velebil
- III/2. Cinabarit, Horní Luby; šířka záběru 5 mm; agregát cinabaritu příčně přetíná foliaci fylitu tvořeného křemenem a muskovitem. Foto D. Velebil
- III/3. Cinabarit, pyrit, Horní Luby; šířka záběru 5 mm. Automorfnní krychlové krystaly pyritu (dole) a zrna cinabaritu (nahore) ve fylitu. Foto D. Velebil

Seznam použitých zkratek

apfu.....	počet atomů na vzorcovou jednotku minerálu
C	způsob homogenizace kritický
2f Lr.....	dvoufázová kapalinou bohatá inkluze
2f Vr	dvoufázová plynem bohatá inkluze
Fv.....	stupeň zaplnění fluidní inkluze kapalinou (0-1)
1f L	jednofázová kapalná inkluze
1f V.....	jednofázová plynná inkluze
L	způsob homogenizace na kapalinu
Th	teplota homogenizace fluidní inkluze (celková nebo parciální) [°C]
Th CO ₂	teplota homogenizace CO ₂ [°C]
Th-tot.....	celková teplota homogenizace fluidní inkluze [°C]
Tm-cla	teplota tání klatrátu [°C]
Tm CO ₂ ...	teplota tání pevného CO ₂ [°C]
Tm-ice	teplota tání posledního krystalu ledu [°C]
V	způsob homogenizace na plyn

Poděkování

Mé poděkování patří školiteli RNDr. Jiřímu Zachariášovi, Ph.D., který se mne jako diplomanta ochotně ujal a posléze se mi při metodickém vedení intenzivně a velmi ochotně věnoval.

Dalibor Velebil

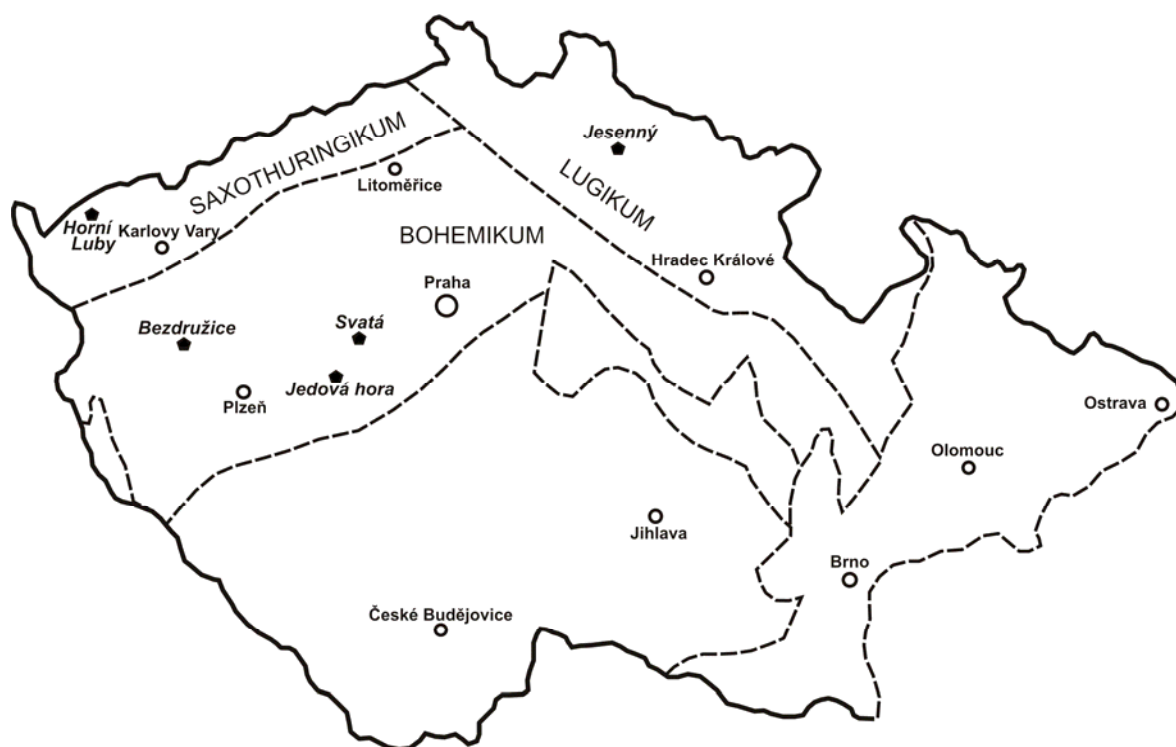
1. ÚVOD

Rtuť je z cinabaritu vyráběna již od starověku. Sloužila především k amalgamací zlata a stříbra, respektive k pozlacování a postříbřování. Práškový cinabarit sloužil jako kvalitní červený pigment. V moderní době se rtuť uplatnila v rozmanitých technologiích, ovšem v současnosti se od využívání rtuti ustupuje kvůli její toxicitě. Těžba rtuti ve světě klesá.

Dnes se velmi intenzívně zkoumají vlastnosti rtuti, formy jejího výskytu v životním prostředí, zejména v půdě, vodě a potravinách, a vliv těchto forem na zdraví člověka (Hojdová et al. 2008).

Z území České republiky je v literatuře zmíněno asi čtyřicet mineralogických výskytů cinabaritu (Kratochvíl 1966). Jen na pěti lokalitách dosáhlo množství cinabaritu takové koncentrace a objemu, že byl v minulosti, tj. mezi 14. až 19. stoletím, těžen. Pěti českými historickými ložisky cinabaritu jsou: Horní Luby u Chebu, Jedová hora u Hořovic, Svatá u Berouna, Jesenný u Semil a Bezručice u Mariánských Lázní (Obr. 1). Žádné z těchto historických ložisek dnes nemá praktický ekonomický význam, mohou ovšem dobře sloužit k environmentálně geochemickým výzkumům. Studium jejich stavby a geneze může přispět k pochopení vzniku a vývoje variské Evropy.

Cílem rešeršní části diplomové práce je stručně představit všech pět českých historických ložisek cinabaritu, a to po stránce geologické, ložiskové, mineralogické a montanistické. Experimentální část by měla přispět k vysvětlení geneze vybraných ložisek a přinést nová mineralogická data. Hlavní použitou metodou je mikrotermometrické studium fluidních inkluzí, dalšími metodami jsou elektronová mikroanalýza, rentgenová difrakce a studium stabilních izotopů. Ke studiu byly k dispozici mineralogické vzorky ze dvou nejvýznamnějších českých lokalit cinabaritu, a to z Horních Lubů a z Jedové hory, proto se získaná experimentální data týkají těchto dvou ložisek. V diskuzi je řešena geneze všech pěti českých ložisek, jejich vzájemné srovnání a srovnání s hlavními evropskými ložisky cinabaritu.



Obr. 1. Historická ložiska cinabaritu v Čechách

2. HORNÍ LUBY U CHEBU

Lokalizace

Horní Luby (severní část obce Luby) se nacházejí v Krušných horách, jz. od Kraslic a vsv. Sokolova. Starý hlubinný důl na cinabarit je situován přímo pod osadou Horní Luby (Obr. 2).



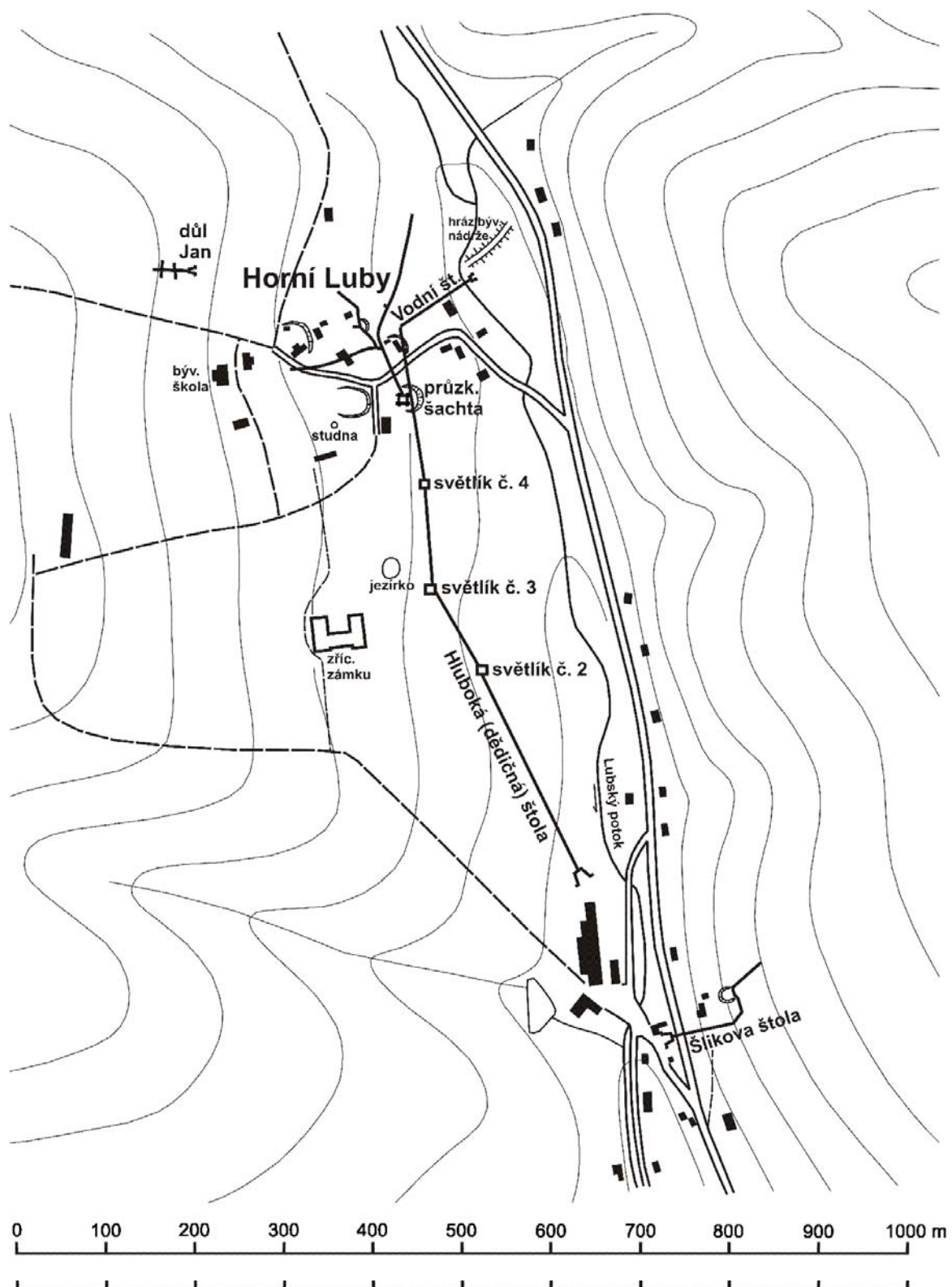
Obr. 2. Osada Horní Luby. Budovy stojí na plošinách - zbytcích po aplanovaných důlních haldách. Foto D. Velebil 2009

Historie dolování

Počátek dolování cinabaritu u Lubů bývá spíše intuitivně kladen do 13. či 14. století (např. Löwl 1908); nepřímou indicií tamního dolování rtuti ve 14. století je nařízení římského císaře a českého krále Karla IV., podle kterého musela být z rumělky transportované ze západních Čech odváděno clo (Kořan 1942). První jednoznačný doklad o dolování u Lubů pochází ze druhé poloviny 15. století, kdy zde byly městem provozovány dva doly s názvy *Schampach* a *Sv. Petr* (Bílek et al. 1978).

Vrchol dolování cinabaritu v Horních Lubech nastal v 16. století, a to zejména v jeho první polovině. Z této doby máme k dispozici množství archivních pramenů, které průběh zdejšího dolování podrobně dokládají (Klier 1969; Bílek et al. 1978). V 16. století bylo v Horních Lubech v provozu celkem šest dolů. Hlavními byly doly Zvěstování panny Marie („*Maria Verkündigung*“) a Tří Králů („*Drei König*“) sestávající dohromady celkem z pěti šachet. Dolový komplex Zvěstování panny Marie - Tří králů se nacházel přímo pod osadou Horní Luby. Podle hald na povrchu zaujímal plochu o rozloze asi 300 × 300 m. Od jihu byl dolový komplex Zvěstování panny Marie - Tří králů odvodňován asi 1000 m dlouhou štolou, která dosáhla maximální hloubky asi 40 m pod povrchem. Z odvodňovací štoly bylo v jejím celém průběhu vyraženo k povrchu pět větracích šachtic (světlíků). Odvodňovací (dědičná) štola vedla k vodotěžné šachtě neboli Kunstšachtě (Obr. 3).

Od západu byla k vodotěžné šachtě přiváděna voda šikmo ukloněnou štolou, a to z retenční nádrže vybudované na Lubském potoce. Na úrovni dědičné štoly bylo ve vodotěžné šachtě instalováno vodní kolo, pomocí něhož byla čerpána důlní voda z hlubších partií dolového komplexu Zvěstování panny Marie - Tří králů a poté odváděna dědičnou štolou.



Obr. 3. Situace důlních děl v oblasti Horních Lubů. Mapa vznikla měřením v terénu a skreslením ze starých map (orig.)

Dalšími, méně významnými doly v blízkém okolí Horních Lubů byly doly Pomoc Boží (*Hilfe Gottes*), Léno hraběte Šlika (*Graf Albrecht Schlickens Lehen*), *Gendorf* a *Pernhaut*. Všechny doly v Horních Lubech kromě jediného (Léno hraběte Šlika) se nacházely v západní části údolí Lubského potoka. Důl Léno hraběte Šlika sestával ze dvou šachet a 200 m dlouhé štoly ražené východním a posléze severovýchodním směrem do východní části údolí, jv. od Horních Lubů. Všechny doly v Horních Lubech byly provozovány bohatými měšťany a obchodníky z Norimberka, méně i z Jáchymova. Doly v letech 1520 až 1540 velmi dobře prosperovaly, jednoznačně nejproduktivnějším byl největší důl Zvěstování panny Marie (4 šachty).

V období let 1520 až 1570 byly vytěženy dostupné svrchní partie hlavní části ložiska (dolový komplex Zvěstování panny Marie - Tři králů) do hloubek okolo 50 až 100 m, poté už těžba skomírala a v roce 1597 byly doly opuštěny.

Ve 20. letech 17. století se po krátkou dobu dolovalo v dole Léno hraběte Šlika. Stejný důl byl obnovován ještě v letech 1676 až 1681. Další pokusy o obnovu dolování na ložisku v Horních Lubech proběhly v letech 1710 - 1720 a 1740 - 1741. V letech 1780 až 1782 probíhaly práce v dole *Gendorf* při sz. okraji Horních Lubů. V roce 1810 byl obnoven důl Šlik a v letech 1811 až 1812 byly prováděny obnovovací a razicí práce v dole *Gendorf* přejmenovaném na *Jan* (*Johanesser Zeche*).

V letech 1892 až 1939 projevovali o ložisko rtuti v Horních Lubech zájem různí podnikatelé, k žádným větším aktivitám ale nedošlo. V letech 1956 až 1962 proběhl na ložisku a v jeho okolí geologický průzkum, v rámci kterého byla přímo v Horních Lubech vyražena 77 m hluboká průzkumná šachta a z ní v hloubce 65 m tři větve průzkumných chodeb o celkové délce cca 400 m, jimiž bylo hledáno a částečně i sledováno cinabaritové zrudnění. Průzkum částečně vyřešil charakter ložiska, ne však jeho velikost.

Zhodnocení významu ložiska

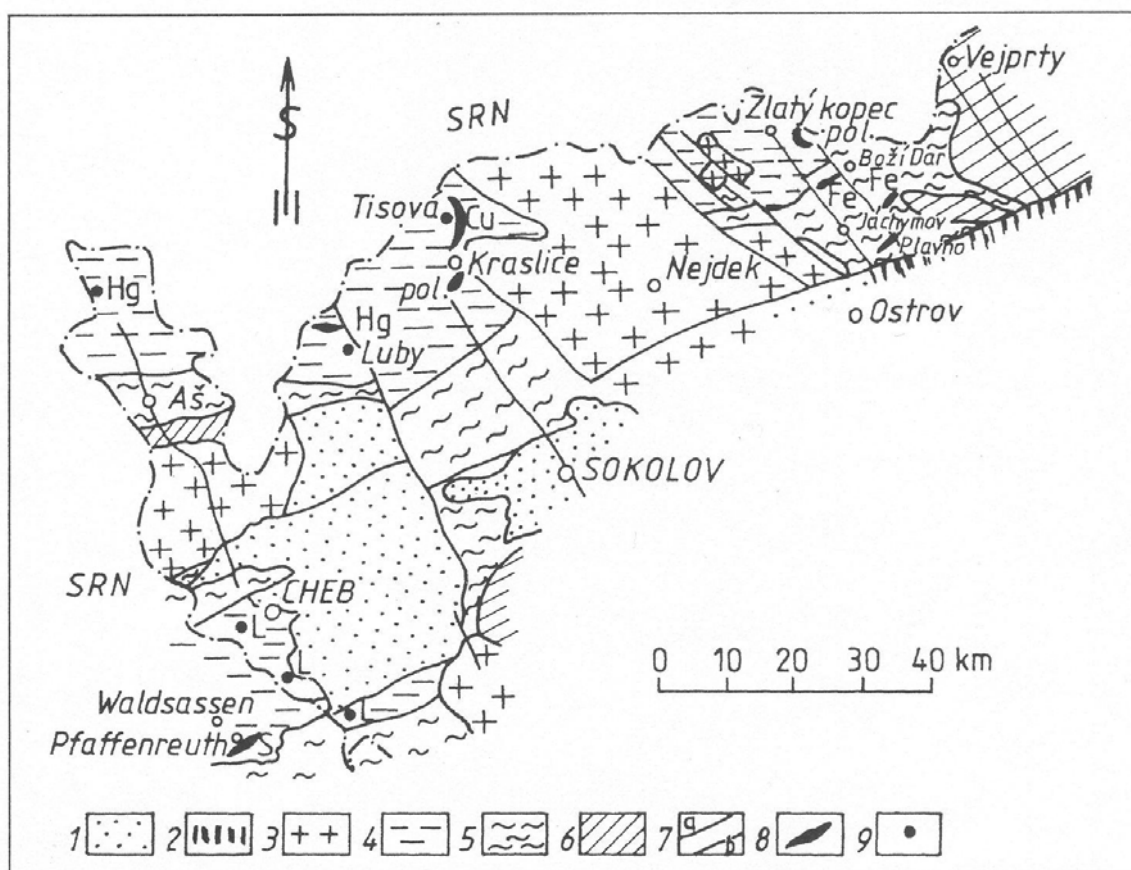
Ložisko rtuti v Horních Lubech je relativně malé, přesto v první polovině 16. století konkurovalo rtuťovým dolům v Idriji v dnešním Slovinsku a ve španělském Almadénu. Odhaduje se, že produkce rtuti v Horních Lubech dosahovala asi 10 až 30 % tehdejší produkce rtuťových dolů v Idriji, respektive v Almadénu (Klier 1969). Těžaři z Idrije si dokonce v letech 1525 až 1527 opakovaně vymohli zákaz transportu české rtuti přes Alpy do významného odbytiště v Benátkách. Kromě Benátek byla rtuť z Horních Lubů dodávána ještě do Norimberka, Antverp a Lyonu (Klier 1969; Bílek 1957; Bílek et al. 1978).

V letech 1520 až 1540 se produkce dolů pohybovala mezi 6 až 15 t rtuti za rok, v letech 1560 až 1570 to bylo již méně, tj. mezi 500 kg a 3 t rtuti za rok. Celková produkce revíru za celou jeho historii je odhadována na nejméně 200 t Hg, přičemž většina tohoto množství byla vytěžena mezi lety 1520 až 1540, menší část mezi lety 1560 až 1570, sporadické dolování v pozdějších obdobích bylo zanedbatelné (Klier 1969; Bílek et al. 1978).

Geologická stavba okolí ložiska

Stratiformní ložisko cinabaritu Horní Luby se nachází v oblasti saxothuringika, konkrétně v tzv. vogtlandsko-saském paleozoiku budovaném převážně fylity ordovického stáří (Sattran et al. 1978 a jiní uvádějí spodní ordovik; Chrt 2001 řadí fylity z oblasti Horních Lubů do svrchního kambria) - Obr. 4. Vlastní ložisko je vyvinuto v chlorit-sericitických fylitech a kvarcitech s převládajícím směrem foliace ZSZ-VJV a plochým úklonem 10 - 30° k SSV (Chrt a Strnad 1961; Sattran a Škvor 1962). Směrem k SV se objevují postupně čím dál hojnější polohy metabazitů (Sattran et al. 1978). Horniny tvoří mírně zvlněnou synklinálu porušenou příčnými zlomy směru SSZ-JJV. K tomuto systému zlomů náleží i významný regionální tzv. lubský zlom, na němž je založeno údolí Lubského potoka (Lubinky). Tento zlom bývá ve svém jižním pokračování označován jako kynšperský zlom, oddělující terciérní sedimenty na západě od kry fylitů na východě; hloubka poklesu na zlomu je 100 m (západní kra

pokleslá vůči východní; Sattran a Škvor 1962). V Lubech vyvěrají po této dislokaci na dvou místech kyselky. Další výrazný zlom systému SSZ - JJV se podle geologického mapování nachází západně od Horních Lubů (Sattran et al. 1978). Hlavní část ložiska s historicky nejvýznamnějšími doly je vyvinuta mezi oběma zmíněnými zlomy, tj. na západ od lubskeho zlomu a na východ od zlomu probíhající pod hřbetem z. od Lubskeho údolí. Dolem (štolou) Léno hraběte Šlika byl dobýván cinabarit i na východ od lubskeho zlomu. Kromě toho jsou v oblasti vyvinuty ještě méně výrazné systémy zlomů směru V - Z s úklonem k S a SV - JZ se strmým úklonem k SZ (např. Kulnig et al. 1963).



Obr. 1: Stratiformní ložiska rud západní části Krušných hor a Smrčín
 1 - neogenní uloženiny, 2 - neovulkanity, 3 - granitoídy, 4 - fylitový komplex svrchně kambrického stáří, 5 - svorový komplex stáří střední až spodní kambrium, 6 - přísečnická a arzberská série proterozoického stáří, 7 - zlomy, 8 - stratiformní rudní výskyty Cu kyzoměděné, Hg-pyritrumělkové, pol polymetalické, Fe magnetitové, S kyzové, 9 - výskyt rumělký Hg, limonitu L

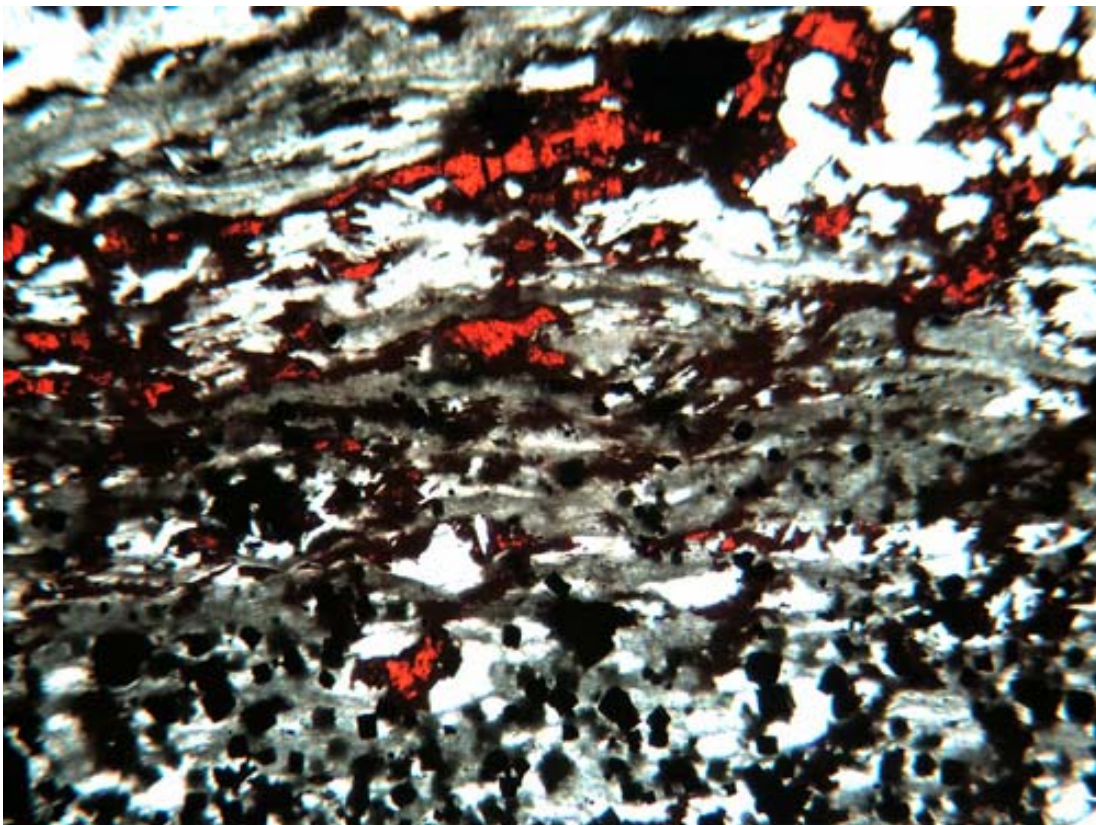
Obr. 4. Geologická mapa západní části Krušných hor a Smrčín (Chrt 2001)

Ložisková charakteristika

Představu o charakteru zrudnění je možné si udělat především z rukopisné zprávy Kulniga et al. (1963). Interpretacemi závěrů ložiskového průzkumu, který v oblasti probíhal v letech 1958 - 1962, jsou články Chrt (1972; 2001), Sattrana (1980) a rukopis Sattrana et al. (1978). Ze starších dob jsou k dispozici popisy zrudnění od hormistra Bittnera z roku 1786 a hraběte Pöttinga z roku 1810 (Bílek et al. 1978), později se geologové při výzkumech opírali ještě o vzorky rudy získané z hald. Z prací starších autorů je patrná určitá tendence popisovat ložisko jako systém pravidelných paralelních žil,

respektive „flecí“, slojí a později poloh jednotného směru s dlouhou směrnou délkou, vycházejících na povrch, a dává jejich vznik, popřípadě pozici do souvislosti se zlomovou tektonikou. Z popisů hornických prací a charakteru zrudnění ve Šlikově dole a zejména v dole Jan z let 1810 až 1812 (Bílek et al. 1978) vyplývá, že zrudnění je o něco méně pravidelné než jak vyplývá z většiny novodobých ložiskových interpretací.

Zrudnění je konformní s foliací hornin; cinabarit je ve fylitech a kvarcitech vtroušen v podobě hypautomorfních až xenomorfních zrn velikosti řádově 0,0X - X mm a zrnitých agregátů; doprovázen je pyritem, který kromě jiného tvoří ve fylitech místy velmi hojné, až 1 mm velké automorfní krychlové krystaly (Obr. 5-8). Cinabarit zatlačuje horninotvorné minerály fylitů a kvarcitů. Impregnace cinabaritu se místy shlukují do pomyslných neostrých rudních čoček, oproti okolí relativně bohatších cinabaritem. Rudní čočky jsou rovnoběžné s foliací fylitu, tzn. že jsou i vzájemně paralelní; vzhledem k foliaci jsou vyvinuty v různých horizontech. Převládající směr rudních čoček je tedy ZSZ - VJV a úklon mírný 10 - 30° k SSV; ovšem z prostoru dolu Jan z. od Horních Lubů jsou popisovány nevýrazné rudní polohy (zóny) směru V-Z i S-J (podle souvislostí možná severojižní diskordantní křemenná žíla s cinabaritem) a ze Šlikova dolu jz. od Horních Lubů je popisováno zrudnění proměnlivých směrů i sklonů (Bílek et al. 1978a). Mocnost rudních poloh se pohybuje v řádu X - X0 cm, jejich směrná délka v řádu 0,X - X0 m. Cinabaritové zrudnění bývá vyvinuto také v konformních žilkách sekrečního křemene; cinabarit vykrytalizoval mezi zrny relativně staršího křemene. V rudních čočkách bývají přítomny i tenké (řádově mm) žilky cinabaritu přetínající příčně foliaci fylitu (Chrt a Strnad 1961). Podle Pöttinga (Pötting 1810 in Bílek et al. 1978b) jsou fylity v prostoru Šlikova dolu jv. od Horních Lubů zvrásněné, přičemž zrudnění se koncentruje v ohybech; převládající směr rudních poloh v prostoru dolu Jan z. od Horních Lubů je V-Z s mírným úklonem k S a ojediněle i k J.



Obr. 5. Cinabarit ve foliaci fylitu, šířka záběru 5 mm; pyrit ve spodní části snímku jako černé čtverečky (krychlové krystaly) Foto D. Velebil

V průzkumné šachtě vyražené v letech 1961 - 1962 v Horních Lubech měla v hloubce 0 až 50 m foliace fylitů směr VSV - ZJZ až ZSZ - VJV (60 - 120°), hlouběji (50 - 77 m) měla foliace fylitů směr ZSZ - VJV (105 - 120°). Úklon foliace se pohyboval mezi 10 - 30° k SZ. Překopy raženými ze šachty byly zastiženy celkem čtyři čočky s viditelným cinabaritovým zrudněním. Největší rudní čočka byla zcela vydobyta. Měla plošný rozsah 10 × 5 m a maximální mocnost 30 cm. Tonáž rudniny byla 270 tun, průměrná kovnatost činila 0,13 % Hg; celkem čočka obsahovala 351 kg rtuti (Kulnig et al. 1963).

V polohách se zrudněním se vyskytuje siderit (Kulnig et al. 1963 spojuje jeho výskyt výslovně s kvarcitem) a méně i kalcit. Akcesoricky byl během ložiskového průzkumu (1961- 1962) zjištěn také chalkopyrit jako tenké příčné žilky v chloritem bohatém fylitu a jako až 1 cm velké závalky; v jednom vzorku byly nalezeny drobné krystaly galenitu zarostlé v křemenu. Zjištěné výskyty chalkopyritu a galenitu neměly žádný viditelný vztah k cinabaritovému zrudnění (Kulnig et al. 1936). Cinabarit je na ložisku jednoznačně nejmladším minerálem, následuje po krystalizaci křemene, pyritu a karbonátu (Chrt a Strnad 1961; Kulnig et al. 1963; Sattran et al. 1978).

Geneze ložiska

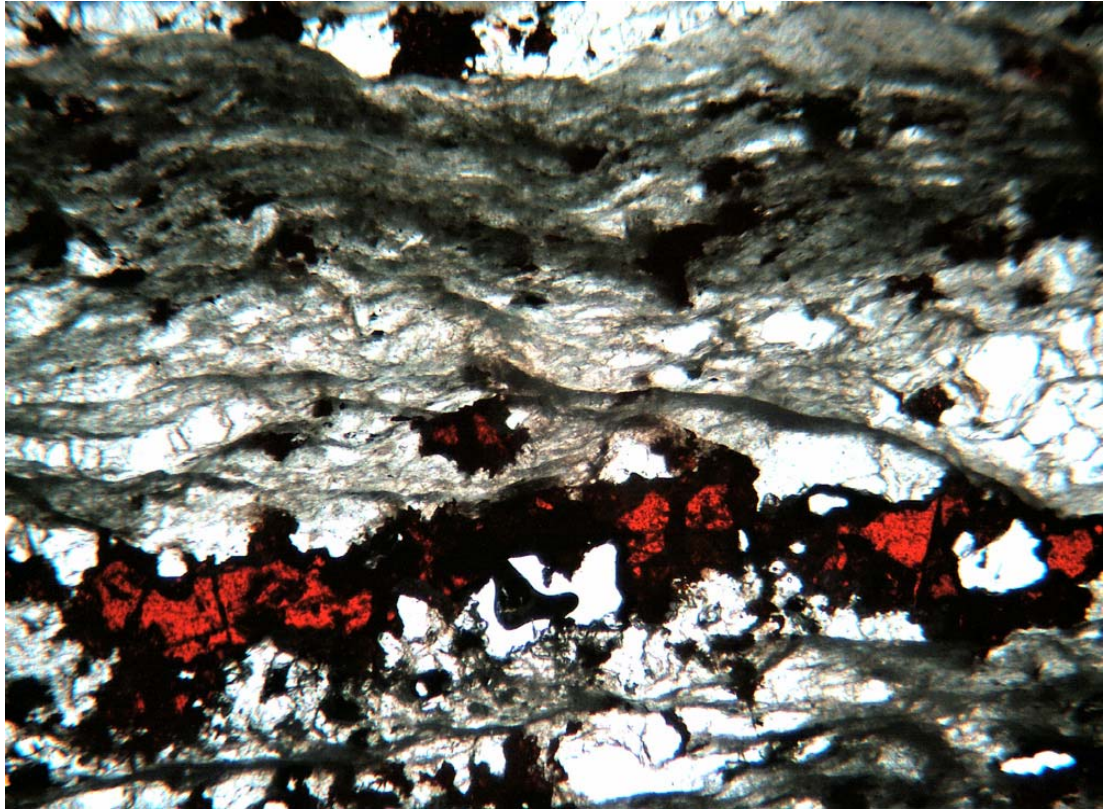
Chrt a Strnad (1961) spojovali vznik zrudnění s granitem skrytým v hloubce a s lubským zlomem, po němž měly roztoky se rtutí vystoupit vzhůru. K tomu je třeba poznamenat, že tři až několik metrů mocné mylonitizované a sericitizované poruchy směru SSZ - JJV s úklonem k VSV zastižené v roce 1962 hornicky průzkumnými překopy neobsahovaly ani stopu zrudnění (Kulnig et al. 1963). Dále postupovaly roztoky se rtutí po foliačních plochách (Chrt a Strnad 1961). V pozdějších letech se autoři shodli, že ložisko cinabaritu je spíše vulkanického původu, tzn. že vzniklo hydrotermálními a exhalačně sedimentárními procesy v prostoru dna ordovického moře s tím, že během variské metamorfózy byla rtuť remobilizována, transportována na krátkou vzdálenost a znovu vysrážena v podobě ložního impregnačního zrudnění ve foliaci fylitů (Sattran 1980; Chrt 2001). V prostoru ložiska v Horních Lubech se nevyskytují vulkanické horniny, ty jsou přítomny mezi Luby a Kraslicemi; směrem ke Kraslicím výskyty vulkanitů (metabazitů) přibývají (Sattran et al. 1978). Stejným způsobem, tj. vulkanicky-hydrotermálně s exhalacemi na mořském dně a následnou metamorfní mobilizací, je Pertoldem et al. (1994) vysvětlován i vznik ložiska mědi Tisová u Kraslic, vzdáleném asi 10 km sv. od Horních Lubů.



Obr. 6. Cinabarit, Horní Luby, až 2mm zrna ve fylitu. Foto D. Velebil



Obr. 7. Cinabarit, Horní Luby, bohatý agregát ve fylitu, 7 × 4 cm. Foto D. Velebil



Obr. 8. Cinabarit ve foliaci fylitu (s křemenem a muskovitem), šířka záběru 5 mm. Foto D. Velebil

3. JEDOVÁ HORA (DĚDOVA HORA) U NEŘEŽÍNA

Lokalizace

Jedová hora (537 m n. m.) leží jv. od Komárova a jz. od Hořovic nad obcí Neřežín, přičemž tvoří předhoří brdskému hřebenu Beranec (662 m n. m.) - Obr. 9.

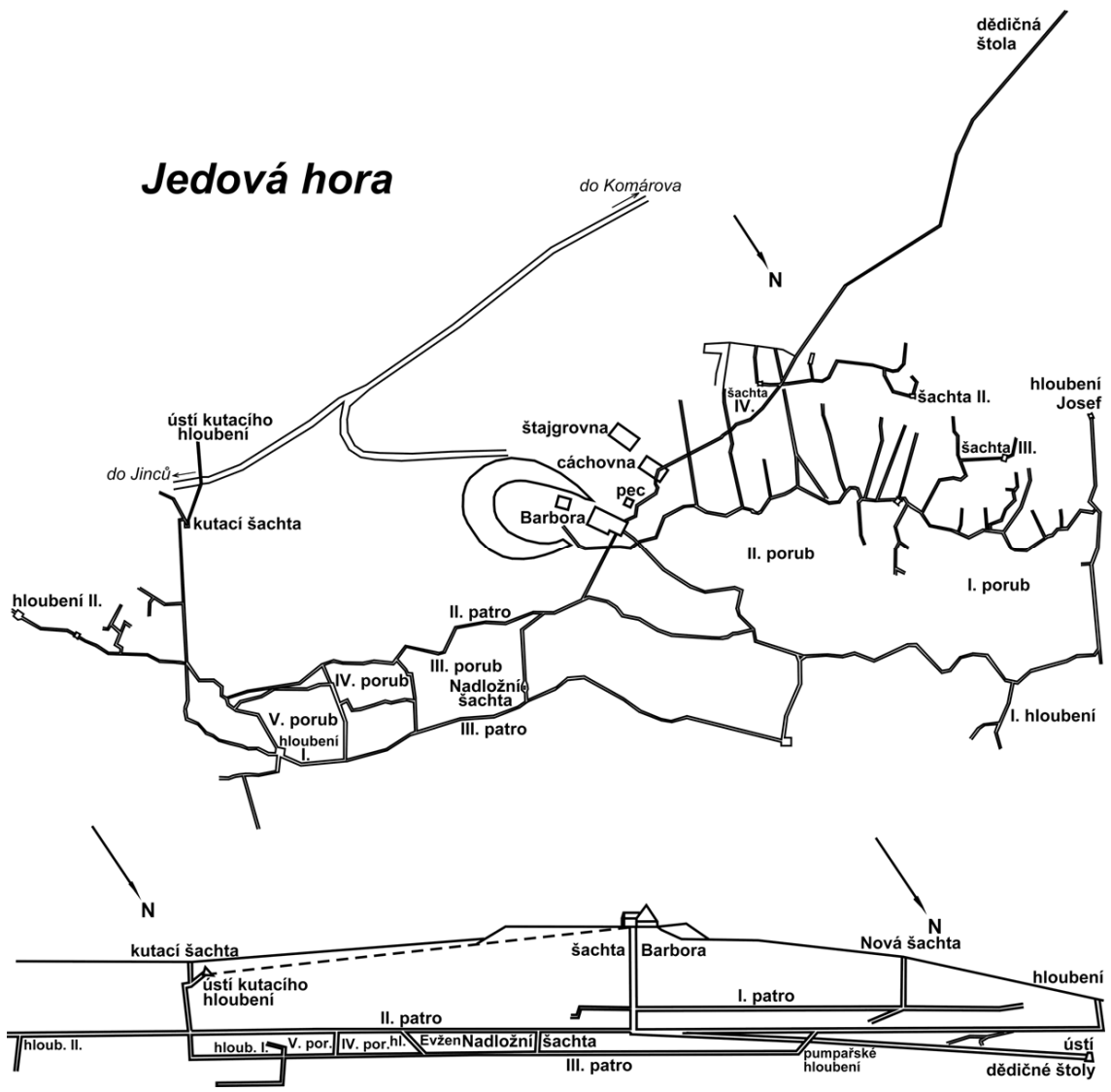


Obr. 9. Jedová hora u Neřežína, pohled od JZ. Foto D. Velebil

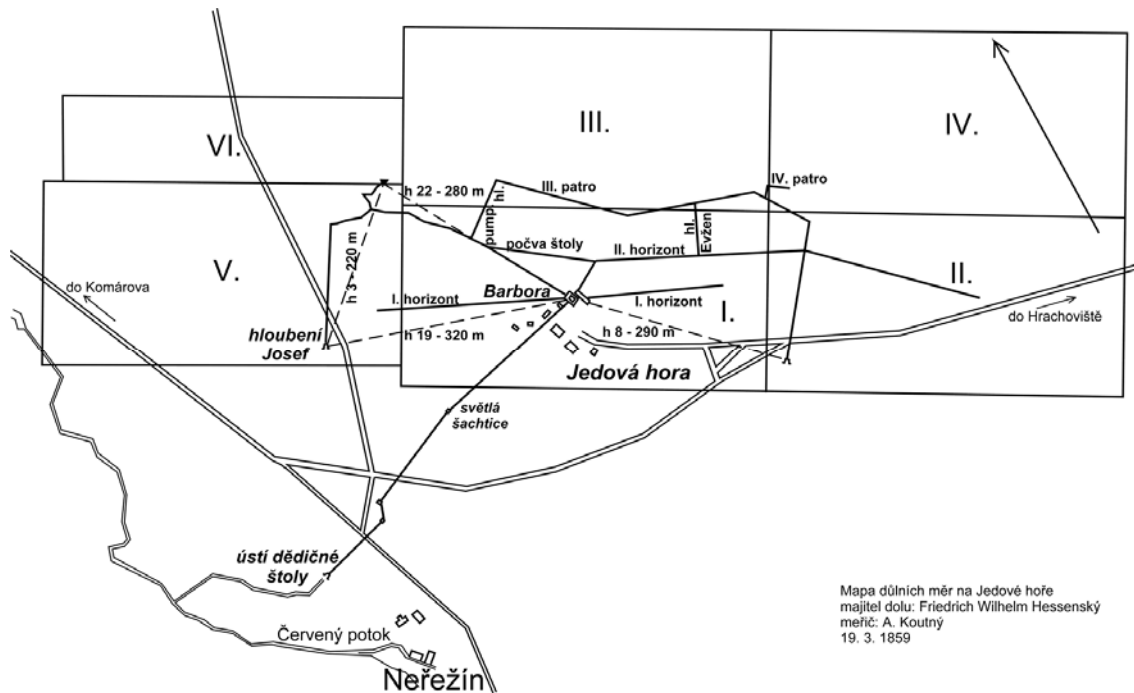
Historie dolování

Na jižním svahu Jedové hory se nejpozději od 15. století dobývala sedimentární železná ruda (Strippelmann 1871) a nejpozději od 16. až do 19. století se příležitostně jako vedlejší produkt dobýval i cinabarit, který byl při těžbě železné rudy separován. Když se jej nahromadilo několik tun nebo až několik desítek tun, byla z něj vyráběna rtuť (Hollunder 1824). Cinabaritová ruda byla tříděna podle kvality do tří skupin (sine 1833; Ondříček 1905, 1906). Malá část té nejčistší cinabaritové rudy byla zužitkována na výrobu kvalitního červeného pigmentu (Peithner 1780; Lampadius 1809).

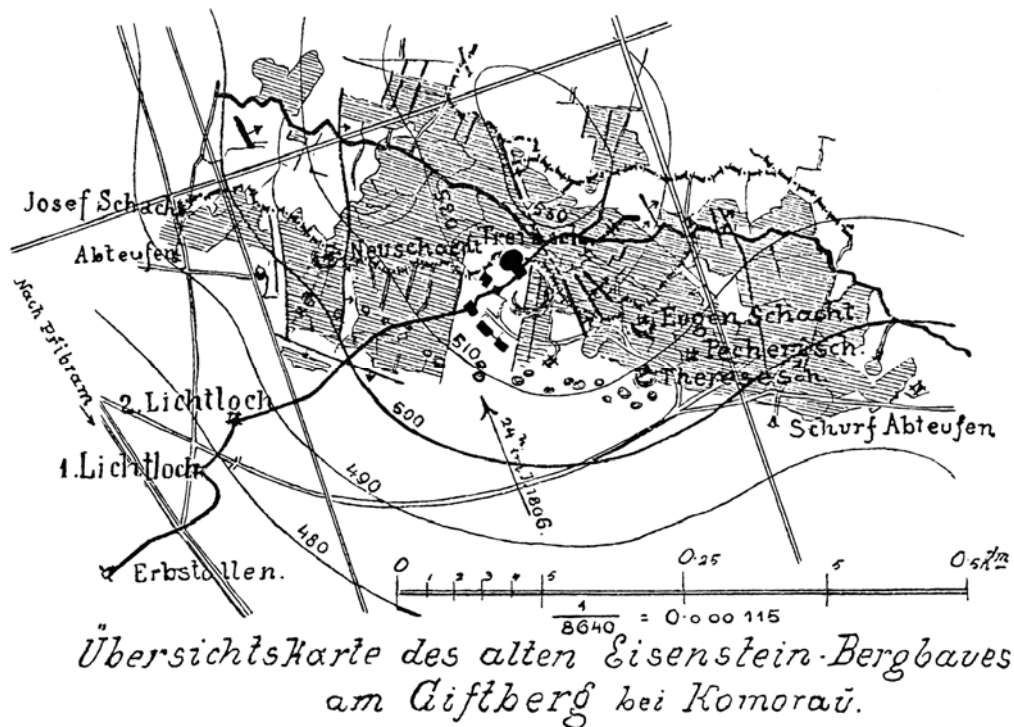
Železná ruda byla na Jedové hoře dobývána až do roku 1870 (Ondříček 1905, 1906) nebo 1871 (Slavíková a Slavík 1918). Železnorudný důl sestával ze tří pater, hlavní těžná šachta Barbora dosáhla hloubky 72 metrů (2. patro dolu). Třetí patro dolu se nacházelo 85 metrů pod ústím šachty Barbora (Urban 1957a, b) - Obr. 10-13.



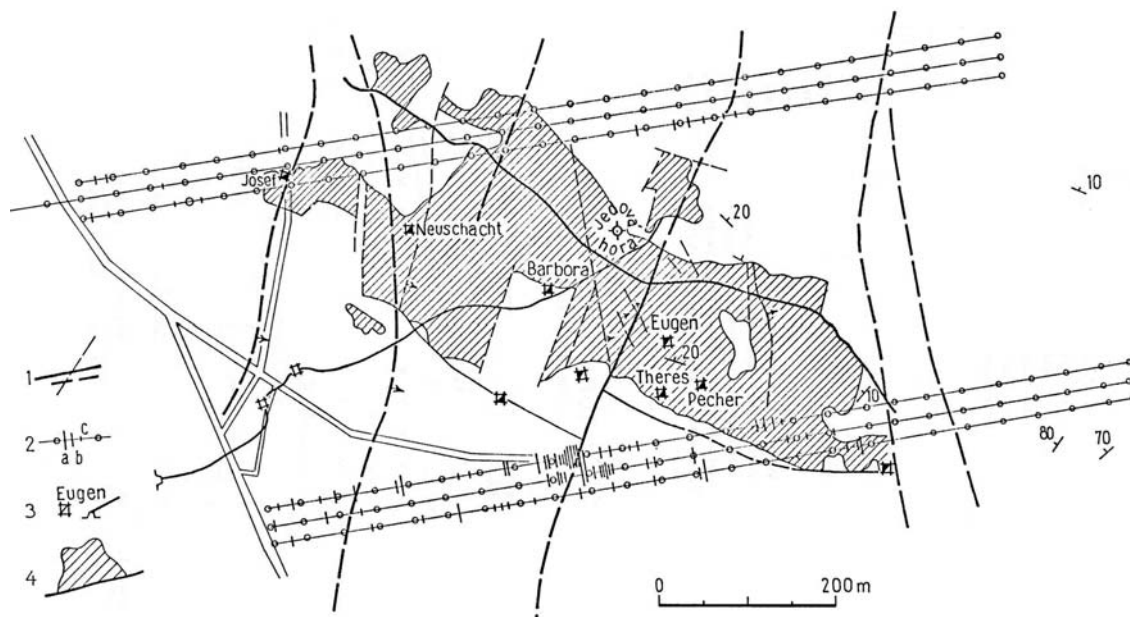
Obr. 10. Důl na Jedové hoře podle mapy ze 2. poloviny 19. století (překresleno)



Obr. 11. Mapa důlních měr hessenského kurfiřta Friedricha Wilhelma I. na Jedové hoře překreslená podle originálu měřiče A. Koutného (v měřítku 1:2880) zaneseného roku 1859 F. Hauschkou do horní knihy báňského úřadu v Plzni pod číslem 1240 (překresleno, mírně upraveno)



Obr. 12. Mapa důlních děl na Jedové hoře (Pošepný 1895). Šrafová je vyznačen plošný rozsah dobývek



Obr. 13. Mapa důlních děl na Jedové hoře překreslená podle Pošepného (1895) navíc se znázorněním profilů geochemického průzkumu a nověji zjištěných poruch (Novotný 1958; Sattran et al. 1978). 1 - porucha (zjištěná, předpokládaná); 2 - metalometrické profily: a) 0.01-0.1 % Hg, b) 0.025-0.01 % Hg, c) 0.001-0.0025 % Hg; 3 - důlní díla; 4 - rozsah dobývek

Zhodnocení významu ložiska

Konkrétní údaje o produkci cinabaritu (Obr. 14 a 15), respektive rtuti z Jedové hory máme pouze z let 1778 až 1779 (Urban 1957a, b, 2001), 1830 (sine 1833; Ondříček 1905a; Kopš 1964; Urban 2001), 1851 (Amerling in Urban 2001), 1854 až 1858 (sine 1859) – Tab. 1.

Tab. 1. Produkce HgS a Hg na Jedové hoře

rok	cinabarit (tuny)	z toho vyrobeno rtuti (tuny)
1778	3,1	
1779	4,7	1,75
1830		1,4
1851		1,4
1854 - 1858	3,4* (z toho prvotřídní na barvu 170 kg)	

*) z kvalitní rudy vyrobeno 81 % rtuti a z méně kvalitní pouze 18 % rtuti (sine 1859)

Podle doložených objemů produkce rtuti z Jedové hory (jednotky tun ročně) lze soudit, že těžba měla jen lokální význam, tzn. že vyrobená rtuť (popřípadě rumělkový pigment) byla spotřebována v rámci Čech. Při této úvaze lze vycházet ze srovnání s ložisky rtuti evropského významu v Almadénu (Španělsko), Idriji (Slovinsko) a Monte Amiata (Itálie), které ve stejné době jako Jedová hora produkovaly ročně o dva (stovky tun) až tři řády vyšší objemy rtuti. Hlavním produktem dolu na Jedové hoře byla železná ruda, produkce rtuti neměla patrně zásadní ekonomický význam (sine 1859).



Obr. 14. Cinabarit, Jedová hora (halda šachty Barbora 1989) - zrnité agregáty a hypautomorfní až 3mm krystaly s limonitem, velikost 5,5×4 cm. Foto D. Velebil



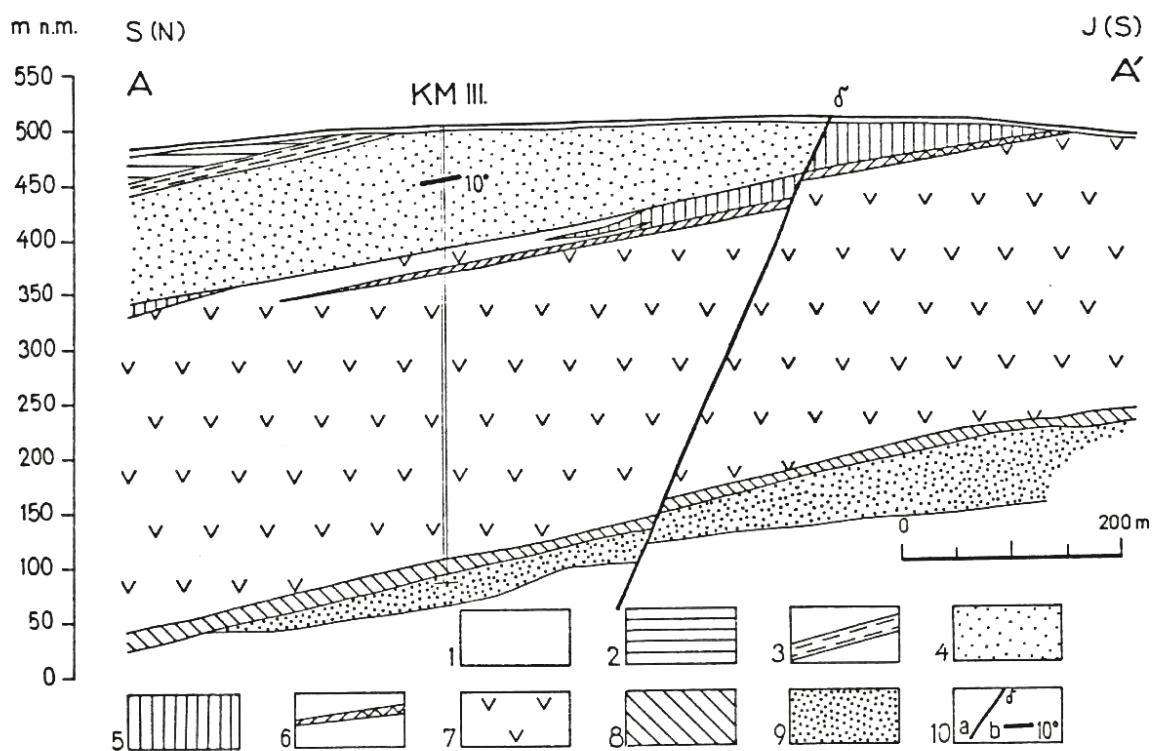
Obr. 15. Cinabarit, Jedová hora, 7x5 cm, až 3mm nedokonalé krystaly na pyritu. Foto D. Velebil

Geologická stavba okolí ložiska

Jedová hora se nachází v jihovýchodním křídle Barrandienu. Vlastní hora i její okolí je budováno sedimentárními horninami ordovického stáří, k jejichž uložení došlo během existence mořské tzv. pražské sedimentační pánve (úzká lineární deprese riftového charakteru směru SV - JZ, která se nacházela zhruba v prostoru dnešních středních Čech v oblasti mezi Prahou a Plzní; v pražské pánvi se usadila podstatná část hornin barrandienského paleozoika od spodního ordoviku až po střední devon).

Železné rudy ložiska Jedová hora náležejí pravděpodobně českému stupni dobrotivu (dobrotivské souvrství), který podle britského, tj. mezinárodního stratigrafického dělení (stav k roku 2000) zhruba odpovídá přechodu mezi stupni llanvirn a caradok, tj. přechodu mezi středním a svrchním ordovikem (Havlíček in Chlupáč et al. 1992; Chlupáč et al. 2002).

Jedová hora je budována převážně sideritizovanými tufy, v jejichž podloží leží pyroklastika a v nadloží horniny ve facii tzv. černých břidlic (Havlíček in Chlupáč et al. 1992) – Obr. 16. Tufy a pyroklastika jsou produktem aktivity tzv. komárovského vulkanického komplexu. Vulkanická činnost tohoto komplexu byla vázána na erupční centra podél systému kadomských tektonických linií směru SSV - JJZ (tj. kose ke směru protažení pražské pánve). Vulkanická centra tvořila pás od dnešního západního okolí Berouna přes Chlustinu, Hořovice, Komárov až do JZ okolí Komárova. Počátek aktivit komárovského komplexu nastal ve stupni arenigu a vulkanická činnost se udržela až do svrchního ordoviku. Produktem submarinního vulkanismu byly bazické vyvěřeliny bazaltového typu; charakteristická je pro komárovský komplex převaha pyroklastik, tufů a tufitů nad samotnými výlevy.



Obr. 16. Geologický profil horninami na Jedové hoře. 1. - pokravné útvary; 2 - letenské souvrství; 3 - libeňské břidlice; 4 - drabovské křemence; 5 - dobrotivské vrstvy; 6 - poloha Fe-rud; 7 - tufy; 8 - milínské vrstvy; 9 - kambrium; 10 - a) porucha, b) sklon ve vrtu (Králik 1960 in Sattman et al. 1978)

Ložisková charakteristika

Na Jedové hoře tvoří železné rudy dvě polohy v tufech s příměsí druhotného krystalického sideritu, hematitu, popřípadě i kalcitu, přičemž tyto polohy mají směr SZ - JV a sklon 10 až 20° k SV. Hlavní rudní horizont je mocný jeden až dva metry (0,6 až 2,2 m podle Králíka 1960) a je tvořen zrnitým a oolitickým sideritem nebo zemitým, celistvým a krystalickým hematitem, který lokálně převládá. Směrem do nadloží následují dva až tři metry tufu (1 až 1,5 m podle Králíka 1960) s proplásky břidlic a poté následuje nadložní železnorudný horizont mocnosti okolo půl metru, který však nebyl v minulosti těžen nebo pouze v minimálním množství. Nadložní horizont je tvořen převážně oolitickými siderity, v menší míře i oolitickým hematitem (Lipold 1862a, 1863; Bořický 1871; Krejčí a Feistmantel 1890; Hrabák 1909). Slavík (1918) uvádí z Jedové hory také oolity s chamositem (podle analogie s dalšími ordovickými Fe-ložisky v Barrandienu by se spíše mohlo jednat o berthierin); proměnlivé množství oolitů bývá podle Slavíka obsaženo i v tufech, tj. mimo vlastní rudní horizonty. Ložisko bylo směrně sledováno v délce asi jednoho kilometru a asi 400 m po úklonu (Lipold 1863; Pošepný 1895; Hrabák 1909).

Nadložními horninami ložiska jsou černé jílové břidlice náležející stále ještě stupni dobrotivu. Dále již následují horniny stupně berounu, který se v mezinárodním pojetí víceméně kryje se stupněm caradok (k roku 2002 byly ovšem téměř všechny mezinárodní ordovické stupně zrušeny, zachován byl stupeň tremadok a ve svrchní části středního ordoviku byl vytvořen stupeň darriwil). Nejprve jsou to křemence s vložkami břidlic (libeňské souvrství), dále černé jílové břidlice (libeňské souvrství) a křemence s vložkami břidlic (letenské souvrství). V podloží ložiska se nacházejí tufy a pyroklastika náležející dobrotivskému, popřípadě již šareckému souvrství (stupeň llanvirn) (Králík 1960; Chlupáč et al. 1992).

Mineralogie ložiska

Ložisko železných rud je protnuto systémem vertikálních poruch směru S - J, z nichž některé jsou hydrotermálně mineralizovány. Takovéto příčné žíly bývají vyplněny zejména křemenem, sideritem, ankeritem a pyritem, poměrně častý je i cinabarit a baryt (Lipold 1862a, 1863). Dalšími žilnými minerály jsou hematit, dolomit, kalcit a chalkopyrit, poměrně nepříliš hojné jsou tetraedrit, bornit, chalkozin a covellin, vzácně se vyskytla také ryzí rtuť. Uváděn je i vzácný galenit (Bořický 1869b, 1871) a sfalerit (Vtělenský 1959), u nějž ovšem není zřejmé, jestli se vyskytuje na příčných žilách nebo na puklinách sedimentárních hornin. Sulfidické Cu-rudy se na žilách obvykle vyskytovaly samostatně, jen málokdy také ve společnosti cinabaritu (Vtělenský 1958, 1959). Ze sekundárních minerálů je nejhojnější malachit, méně běžné jsou azurit, chrysokol a recentní melanerit a chalkantit (Satran et al. 1978). Podle Lipolda (1862a) a Bořického (1869a, b, 1871) je sukcese žilných nerostů následující: křemen → hematit → pyrit → chalkopyrit → siderit → baryt I → cinabarit → ankerit / dolomit → baryt II.

Délka hydrotermálních žil dosahuje obvykle pouze několika metrů (maximálně 10 m), jejich mocnost se pohybuje od dvou do deseti centimetrů (maximálně 30 cm), přičemž v nejtenčích partiích obsahují pouze cinabarit (Rosenbaum 1789; sine 1859; Urban 1957). Nejmasívnější vzorky cinabaritu byly až sedm centimetrů mocné (Urban 1957). Žíly zasahují do podloží i nadloží železnorudných poloh; cinabarit se vyskytuje v celém vertikálním rozsahu (Rosenbaum 1789; sine 1859; Urban 1957b). Kromě vertikálních severojižních („pravých“) žil uvádějí někteří autoři také přítomnost tzv. ložních žil směru SZ - JV souhlasných se zvrstvením sedimentárních hornin (tzn. o úklonu 10 až 20° k SV). Tyto ložní žíly obsahují především baryt a cinabarit (Lipold 1863; Vtělenský 1959; Satran et al. 1978). V malé míře se cinabarit vyskytuje i jako impregnace přímo v sedimentech (Rosenbaum 1789; Králík 1960).

Přehled minerálů ložiska Jedová hora

Ankerit - tvoří až několik cm mocné pásky zrnitých agregátů s drúzovými dutinami (automorfní krystaly do 1 cm - Obr. 20 a 21) na něž narůstají krystaly barytu; povléká agregáty cinabaritu (Bořický 1869b).

Azurit - vyskytl se spolu s malachitem jako nepříliš hojné povlaky na agregátech chalkopyritu a tetraedritu (Reuss 1856; Kratochvíl 1912; Vtělenský 1959).

Baryt - tvoří dvě generace (respektive jeho krystalizace předcházela i následovala krystalizaci cinabaritu) bezbarvých (čirých), bílých, červených (Obr. 22) a modrých (Obr. 23) automorfních krystalů velikosti do 10 cm, které se vyskytují buď samostatně nebo v podobě bohatých drúz. Krystaly mají různý habitus (tabulkovitý i sloupcovitý); jsou průsvitné až průhledné; narůstají na drúzy ankeritu nebo agregáty cinabaritu, popřípadě i sideritu (Zippe 1836, 1839; Bořický 1869a, b; Vtělenský 1959). Znamé modré baryty se podle Lipolda (1863) vyskytovaly v poruchách rovnoběžných s železnorudnými polohami.

Bornit - vyskytl se jako nehojná drobná zrna vtroušená v chalkopyritu; vzácně nalezen i v bohatších akumulacích zatlačujících masivní agregáty chalkopyritu (Kratochvíl 1912; Vtělenský 1959).

Brochantit - nalezen P. Černým v haldovém materiálu ve východní části pásma stařin na výchozu ložiska; tvoří zemité agregáty ve směsi s malachitem vyplňující prostory mezi krystalovými individui masivního barytu (ověřen rtg. difrakcí - P. Černý 2003, osobní sdělení). Brochantit je pro lokalitu novým minerálem.

Cinabarit - tvoří obvykle masivní zrnité agregáty, někdy je jemnozrnný až zemitý s ojedinělými inkluzemi chalkopyritu; zemitý a porézni cinabarit uzavírá též drobné krystaly barytu a karbonátů (Vtělenský 1959; Sattran et al. 1978). Vyskytuje se i v podobě bohatých nepravidelných agregátů velmi nedokonalých krystalů (obr. 11) řádově milimetrové velikosti (1 - 5 mm) narůstajících na hematit nebo drúzové dutiny sideritu či pyritu. O něco dokonalejší bývají drobné rýhované krystaly v nevelkých dutinkách masivního krystalického cinabaritu nebo velmi drobné (do 1 mm) lesklé automorfní krystaly narostlé na drúzovitém sideritu (Rosenbaum 1789; Bořický 1869; Kratochvíl 1912) nebo až 2mm průhledné automorfní krystaly na puklinách hornin (D. Mašín, P. Černý 2003, osobní sdělení). Tvoří také inkluze v barytu (Bořický 1869b), popř. jasně červené druhotné plst'ovité agregáty v dutinách limonitu v haldovém materiálu (D. Mašín, P. Černý 2003, osobní sdělení).

Covellin - v malém množství společně s chalkozímem a bornitem zatlačuje zrna chalkopyritu (Vtělenský 1959).

Dolomit - ve starší literatuře jsou navzájem zaměňovány pojmy dolomit a ankerit (Bořický 1869b); v novější literatuře se hovoří o dolomit-ankeritovém karbonátu (Vtělenský 1959).

Galenit - vzácně se vyskytl v podobě velmi drobných samostatných krystalů na trhlinách ankeritu (Bořický 1869a, b, 1871); drobné matné automorfní krystaly se zaoblenými hranami a korodovaným povrchem narůstající na drúzovité povlaky sideritu popisuje i Vtělenský (1959) z puklin pelosideritu (tedy patrně nikoliv z výplně žil).

Hematit - ve výplních žil se vyskytuje v podobě zemitých a zrnitých masivních krystalických agregátů, na které narůstají mladší minerály (Bořický 1869b).

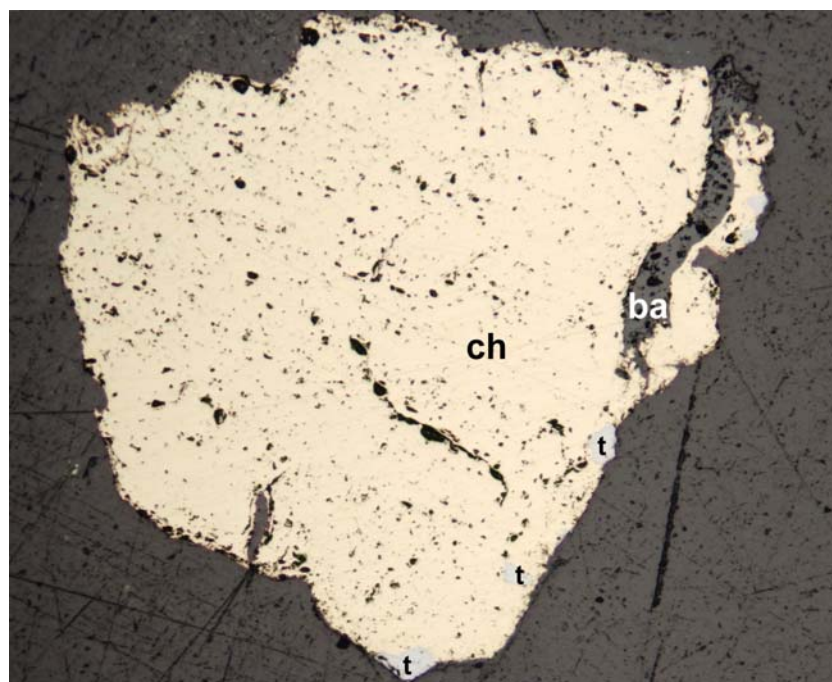
Chalkantit - popisován Bořickým (1869a, 1871) jako recentní výkvěty na chalkopyritu a na haldovém materiálu, kde byl potvrzen i nověji (Vtělenský 1959).

Chalkopyrit - po pyritu a cinabaritu je třetím nejhojnějším sulfidem; tvoří hypautomorfně omezená drobná zrna v karbonátové žilné výplni, někdy i masivní zrnité agregáty s nedokonalými naběhlými krystaly velikosti do 1 cm v drúzových dutinách; jen vzácně se vyskytuje společně s cinabaritem,

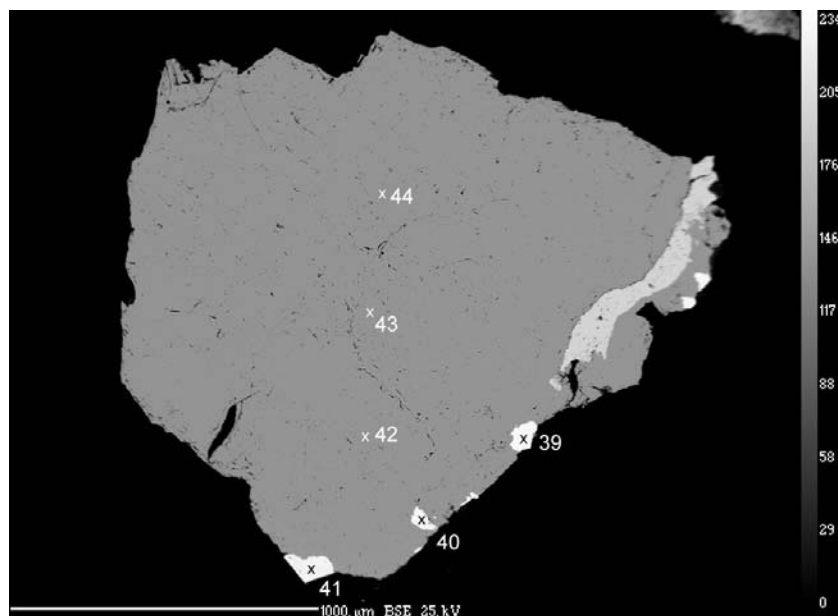
většinou tvoří na žilách samostatné partie (Zippe 1836; Bořický 1869a, b; Vtělenský 1959). V rámci této práce byla kvantitativně analyzována čtyři zrna chalkopyritu z Jedové hory (vzorky z Národního muzea v Praze P1N 9960 a P1N 9961), výsledky analýz jsou prezentovány v Tab. 2. Zkoumané chalkopyrity (Obr. 17-19) nevykazují zvýšené obsahy vedlejších prvků. Podle výsledků chemické analýzy zkoumaného chalkopyritu z Jedové hory byl vypočten jeho empirický vzorec $\text{Cu}_{1,03}\text{Fe}_{1,05}\text{S}_2$, který prakticky odpovídá ideálnímu vzorci chalkopyritu CuFeS_2 .

Tab. 2. Elektronová mikroanalýza chalkopyritu z Jedové hory (vzorky P1N 9960 a P1N 9961- Národní muzeum)

č.anal.	Ag	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	S	Se	Total
	[hm. %]												
36	0,00	33,99	0,05	0,00	0,00	0,03	30,12	0,06	0,00	0,02	33,17	0,01	97,45
37	0,02	34,25	0,08	0,08	0,00	0,03	30,61	0,00	0,00	0,00	33,70	0,00	98,76
38	0,00	34,54	0,00	0,04	0,09	0,05	29,71	0,25	0,00	0,00	33,42	0,05	98,16
42	0,00	34,66	0,00	0,00	0,17	0,02	30,88	0,00	0,00	0,04	34,11	0,00	99,89
43	0,03	34,73	0,00	0,00	0,13	0,02	30,90	0,00	0,03	0,04	33,70	0,00	99,59
44	0,00	34,64	0,10	0,00	0,04	0,03	31,04	0,04	0,00	0,00	33,82	0,00	99,71



Obr. 17. Chalkopyrit, Jedová hora (Národní muzeum Praha P1N 9961, sběr A. Kreidl 1889). Na okraji velkého izometrického zrna chalkopyritu (ch) zalitého v epoxidu jsou drobná zrna tetraedritu (t), do chalkopyritu zarůstá baryt (ba); rudní mikroskop, pozorování s jedním nikolem, šířka záběru 2,1 mm. Foto D. Velebil



Obr. 18. Chalkopyrit, Jedová hora (Národní muzeum Praha P1N 9961, sběr A. Kreidl 1889); BSE foto P. Gadas. V chalkopyritu byla elektronovým mikroanalýzátorem provedena tři měření chemického složení (body 42 - 44), analyzována byla také zrna tetraedritu zarostlá v chalkopyritu (body č. 39 - 41).



Obr. 19. Chalkopyrit vyplňující prostor mezi krystaly sideritu. Jedová hora, Národní muzeum Praha P1N 9960, sběr E. Bořický 1868. Rudní mikroskop, pozorování s jedním nikolem, šířka záběru 0,3 mm. Foto D. Velebil

Chalkozín - v malé míře zatlačuje zrna chalkopyritu (Kratochvíl 1912; Vtělenský 1959).

Chrysokol - je popisován spolu s malachitem jako povlaky na tetraedritu (Bořický 1869a, b, 1871) nebo na hematitu (Vtělenský 1959).

Kalcit - poměrně vzácný jako prožilky v žilovině nebo jako drúzy bílých krystalů velikosti do 1,5 cm (Kratochvíl 1912), je mladší než baryt, a to pravděpodobně baryt II.

Kalomel - popisován Bořickým (1869a, b, 1871) jako vzácné nevzhledné zemité povlaky bílé barvy na částečně přeměněných partiích cinabaritu; nověji nebyl na lokalitě nalezen (např. Vtělenský 1959). Ve sbírkách Národního muzea v Praze se nacházejí dva staré vzorky z kolekce Dr. Vojtěcha Wraného označené jako „*rtuť se stopami kalomelu*“. Zatímco rtuť se na vzorcích do dnešních dob nezachovala (odpařila se), kalomel byl potvrzen rentgendifrakční analýzou (provedl J. Sejkora, Národní muzeum). Kalomel tvoří nesouvislé žlutohnědé až žlutobílé tenké krusty a povlaky, na povrchu matné, na čerstvě odkrytých plochách složené z drobných silně skelně lesklých individuí s lasturnatým lomem; povlaky pokrývají v nehojném množství drobné úlomky horniny břidličnatého charakteru. Problematický je původ vzorků. Zatímco na novějších etiketách je jako lokalita uvedena Dědova hora, na starší generaci muzejních etiket jsou jako lokalita uvedeny v jednom případě Hořovice a ve druhém Hořovice - zámecká zahrada.

Křemen - jemnozrný hematitem červeně zbarvený je nejstarší výplň žil (Lipold 1862a).

Malachit - tvoří povlaky na chalkopyritu a tetraedritu nebo hroznovité a ledvinité agregáty na trhlinách hematitu, popř. dalších minerálů; jsou známy i bohaté skupiny až 1 cm velkých agregátů na drúzách ankeritu (Reuss 1856; Bořický 1869a, b, Bořický 1871; Kratochvíl 1912).

Melanterit - jako recentní produkt přeměny pyritu na haldovém materiálu (Bořický 1871; Vtělenský 1959).

Pyrit - je nejhojnějším sulfidem ložiska; tvoří masivní zrnité agregáty; až několik cm mocné vrstvy bývají v dutinách zakončeny bohatými drúzami až 1,5 cm velkých dokonale vyvinutých pentagondodekaedrů; tvoří též radiálně paprscité agregáty (Bořický 1969b, 1871).

Rtuť - popisována jako velmi vzácné drobné kapky v dutinkách částečně rozloženého cinabaritu (Bořický 1869b, 1871), nověji byla vzácně nalezena jako až 3 mm velké kapky v haldovém materiálu (P. Černý 2003, osobní sdělení).

Sfalerit - jako velmi vzácný jej popisuje Vtělenský (1959) z haldoviny, kde se vyskytuje pouze v nepatrných množstvích.

Siderit - na žilách tvoří masivní krystalické agregáty (Bořický 1869a, b) s drúzami drobných (do 5 mm) automorfních krystalů na trhlinách a v dutinách; tvoří také bohaté skupiny kulovitých až 1,5 cm velkých agregátů v nepravidelných dutinách křemenné žiloviny.

Tetraedrit - vyskytoval se poměrně vzácně v podobě zrnitých agregátů nebo nedokonalých krystalů až 1 cm velkých narůstajících na krystaly barytu (Obr. 24); Bořický (1869b) popisuje drobné krystaly na trhlinách sideritu; již podle nejstarších analýz obsahuje měď a antimon, přičemž přítomnost arsenu nebyla prokázána (Bořický 1869a, b). V rámci této práce byla analyzována čtyři zrna tetraedritu z Jedové hory (vzorky z Národního muzea v Praze P1N 9960 a P1N 9961), přičemž bylo zjištěno, že mají velmi vysoký obsah rtuti (téměř 20 hm. %). Výsledky analýz jsou prezentovány a podrobněji diskutovány v kapitole 8.

Velmi pochybný je výskyt atakamitu, který zmiňuje Bořický (1869a) jako smaragdově zelené povlaky na haldovém materiálu vznikající přeměnou chalkopyritu; sám Bořický jej v dalších svých pracích týkajících se kromě jiného i Jedové hory již neuvádí (Bořický 1869b, 1871). Tradovaný výskyt blíže nespécifikovaného amalgamu je v původních pramenech (Bořický 1869a, b, 1871) uváděn výslovně pouze pro lokalitu Březina a nikoliv pro Jedovou horu; přesné určení vzorku amalgamu z Březiny provedli nově Litochleb et al. (2001). Rovněž opakované citování výskytu síry připisované Bořickému (1869a) je zmatečné, původní práce o výskytu síry vůbec nehovoří, její výskyt není pravděpodobný. Výskyt markazitu (Zippe 1836; Bořický 1869b, 1871) byl zpochybněn Vtělenským (1959), podle nějž jsou kopinaté krystaly připomínající markazit ve skutečnosti krystaly pyritu a ani nověji nebyl výskyt markazitu ověřen.

Z lokality je také zmiňován metacinabarit. Nováček (1938) pozoroval ve výbrusu rudniny z Jedové hory „*tmavé skvrny, jež snad jsou zbytkem metacinnabaritu*“ zatlačeného cinabaritem. Ve sbírkách Národního muzea je uloženo celkem šest vzorků z Jedové hory označených jako metacinabarit. Rentgendifrakčním studiem nebyla přítomnost metacinabaritu prokázána; všechny vzorky jsou cinabarit (rtg. analýzy provedl J. Sejkora, Národní muzeum).

Geneze ložiska

Chemickým zvětráváním vulkanického materiálu docházelo k uvolňování sloučenin železa, které chemicky, popřípadě biochemicky sedimentovaly a vytvářely ložiska železných rud. Ta se vyskytují v různých ordovických souvrstvích Barrandienu s menším (resp. žádným) či větším prostorovým vztahem k vulkanosedimentům, v rámci dobrotivu i v různých stratigrafických úrovních. Výklad původu železa přitom není jednotný; v některých případech se uvažuje přínos terigenních zvětralin do pánve nebo chemogenní či biochemická sedimentace rud za součinnosti výstupných proudů z hlubší části pánve (Petránek 1991).

Původ rtuti na ložisku Jedová hora bývá odvozován od pozdních fází ordovického vulkanismu komárovského komplexu, jehož nejmladší projevy zasahují do spodní a střední části vinického souvrství (Chlupáč et al. 1992). Během variských vrásnivých a metamorfních pochodů a zvýšené termální aktivity mohlo dojít k migraci a redepozici části rtuti v podobě pravých žil s cinabaritem (Slavíková a Slavík 1918; Sattran et al. 1978; Bernard a Pouba et al. 1986).



Obr. 20. Ankerit, Jedová hora, sbírka NM Praha. Foto D. Velebil



Obr. 21. Křemen v ankeritu (na povrchu navětralém), Jedová hora, 6x5 cm. Foto: D. Velebil



Obr. 22. Baryt, Jedová hora, 10×7 cm velká drúza červeně zbarvených krystalů (sbírka Národního muzea v Praze). Foto D. Velebil



Obr. 23. Baryt, Jedová hora, sbírka NM Praha. Foto D. Velebil



Obr. 24. Hg-tetraedrit, Jedová hora, 4×4 cm (sbírka Národního muzea v Praze). Foto D. Velebil

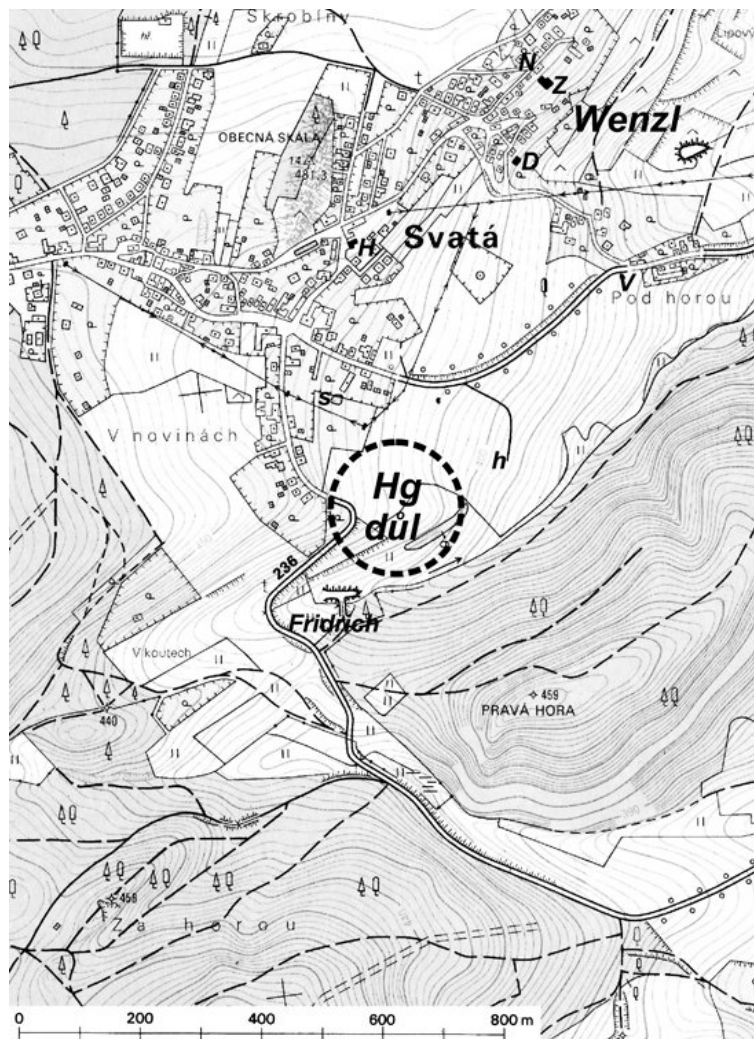
4. SVATÁ U BEROUNA

Lokalizace

Obec Svatá (Obr. 25) se nachází s. od Zdic a zjz. od Berouna. Starý cinabaritový důl ležel při jv. okraji Svaté (Obr. 26).



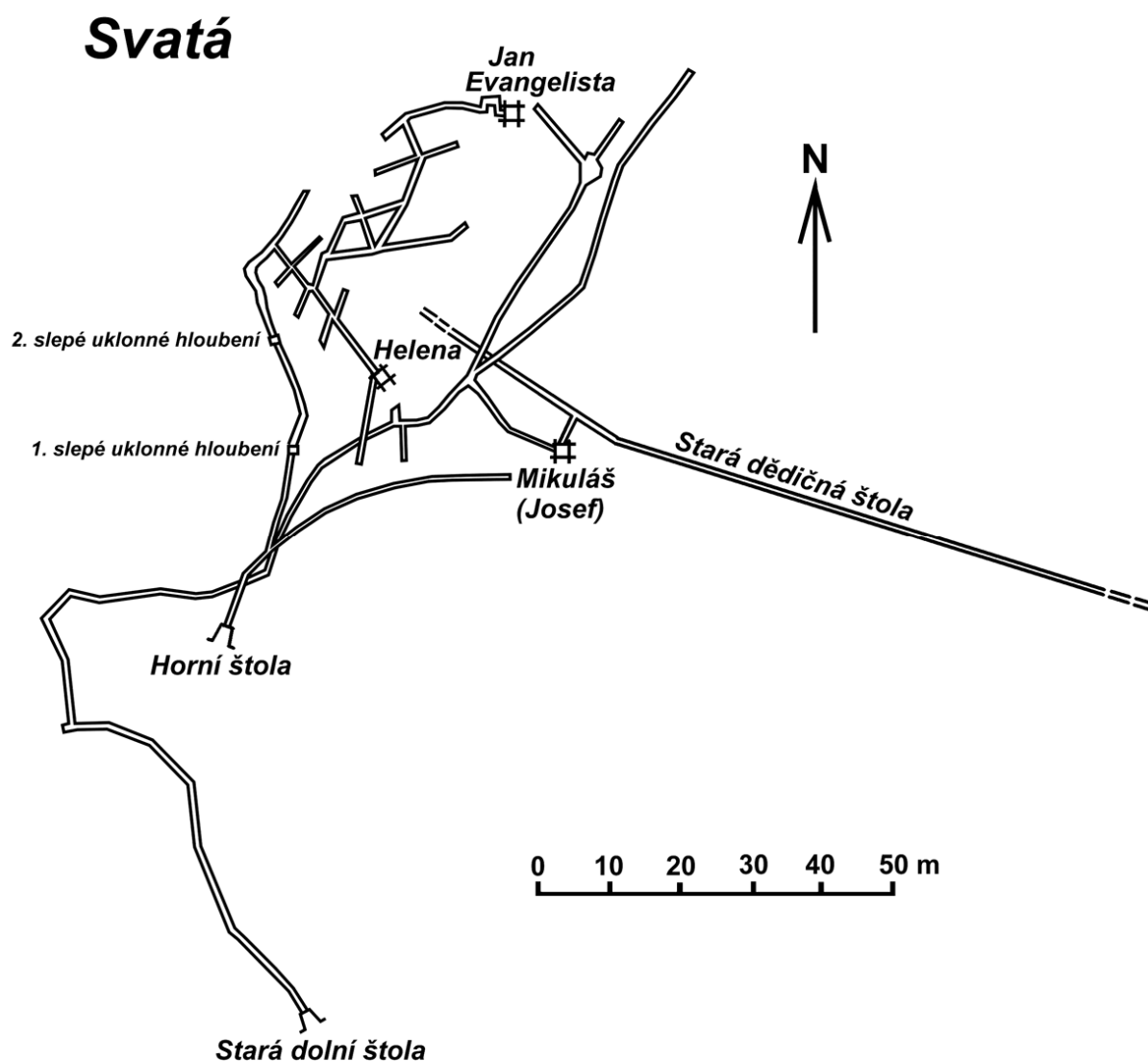
Obr. 25. Obec Svatá od východu. Foto D. Velebil



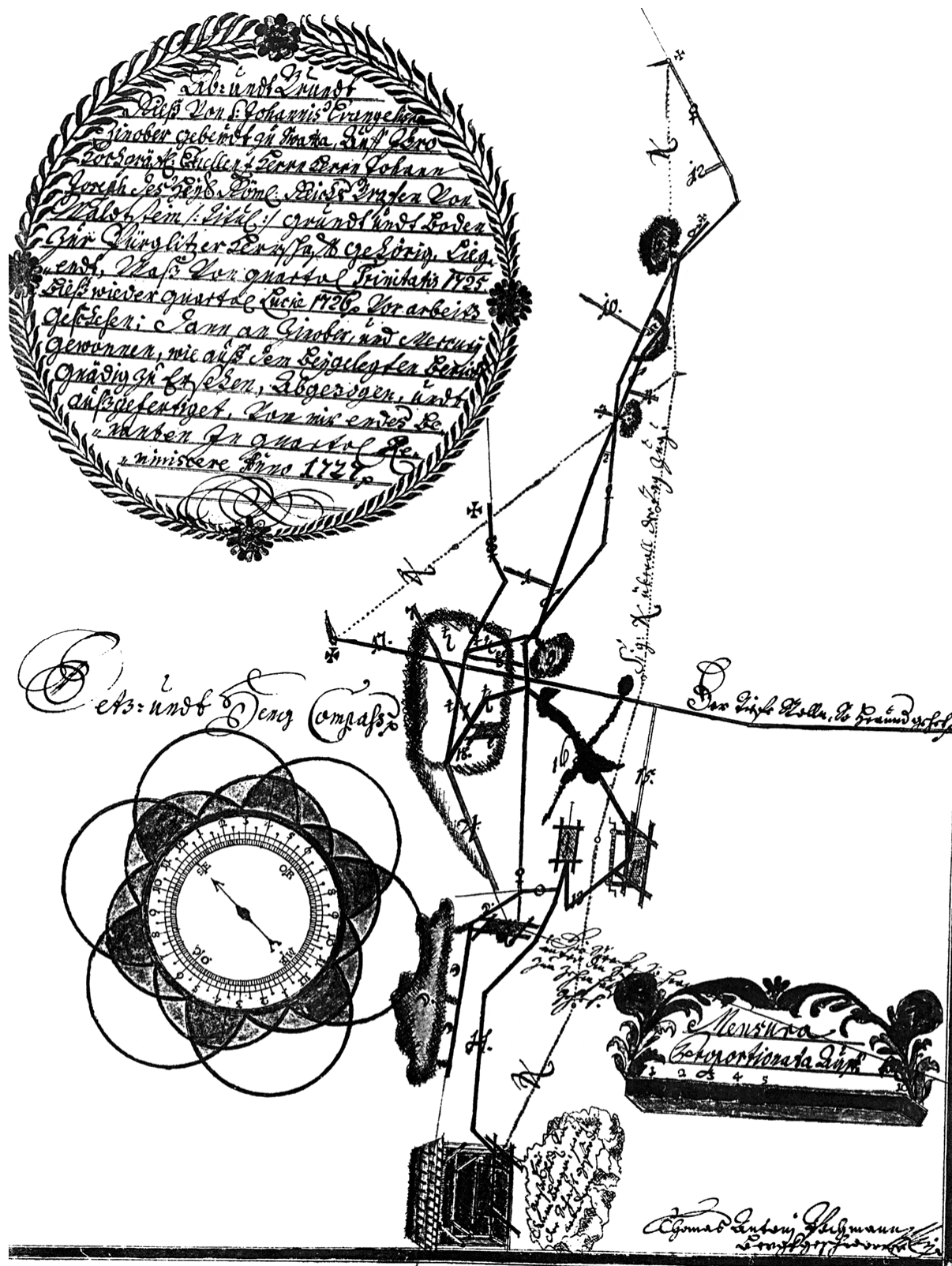
Obr. 26. Pravděpodobná lokalizace rtuťového dolu z 18. století u Svaté, která je interpretací vycházející z kreseb na důlních mapách z poloviny 18. století (Fischer 1752, 1754; sine 18. století) a z morfologie terénu v okolí Svaté (v terénu se v místě zakreslení nenacházejí žádné pozůstatky po dolování). - orig.

Historie dolování

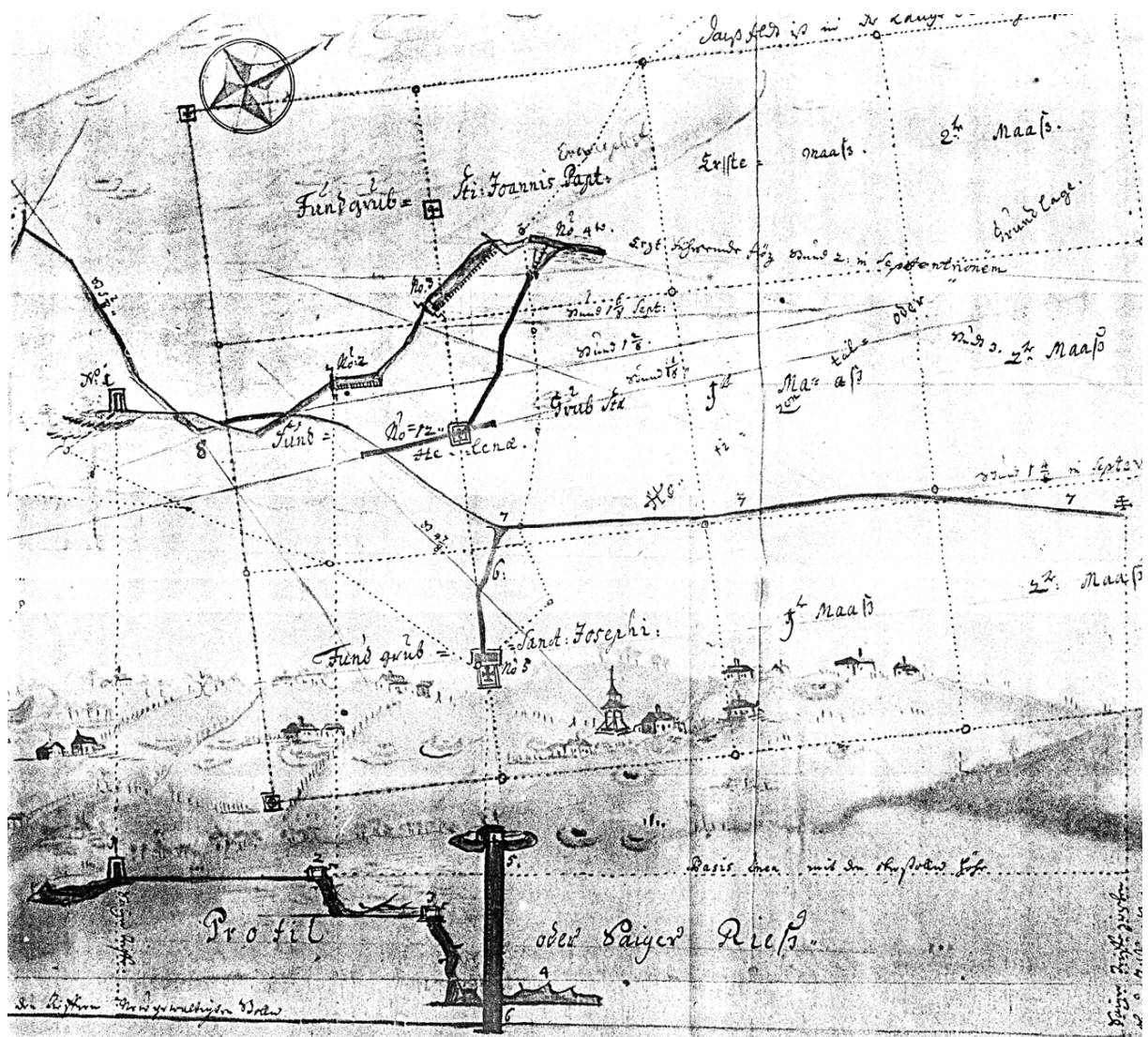
Malý hlubinný důl na cinabarit u Svaté byl v provozu zejména ve druhé polovině 16. století a poté v 18. století. V polovině 18. století sestával důl ze dvou pater ústících na povrch štolami, dále tří šachet a dědičné štoly, která celý důl podsedala (Obr. 27-30). Z většiny vyrobeného cinabaritu byla vytavována ryzí rtuť (Obr. 31). Kvalitní čisté vzorky cinabaritu taveny nebyly, ale byly namlety na práškovitý pigment, tedy velmi žádané a ceněné červené barvivo - rumětku (používalo se například v malířství nebo do pečetních vosků). Historií dolování cinabaritu u Svaté se zabývali Kořan (1942), Šiler (1946), Kops (1964) a Urban (2001).



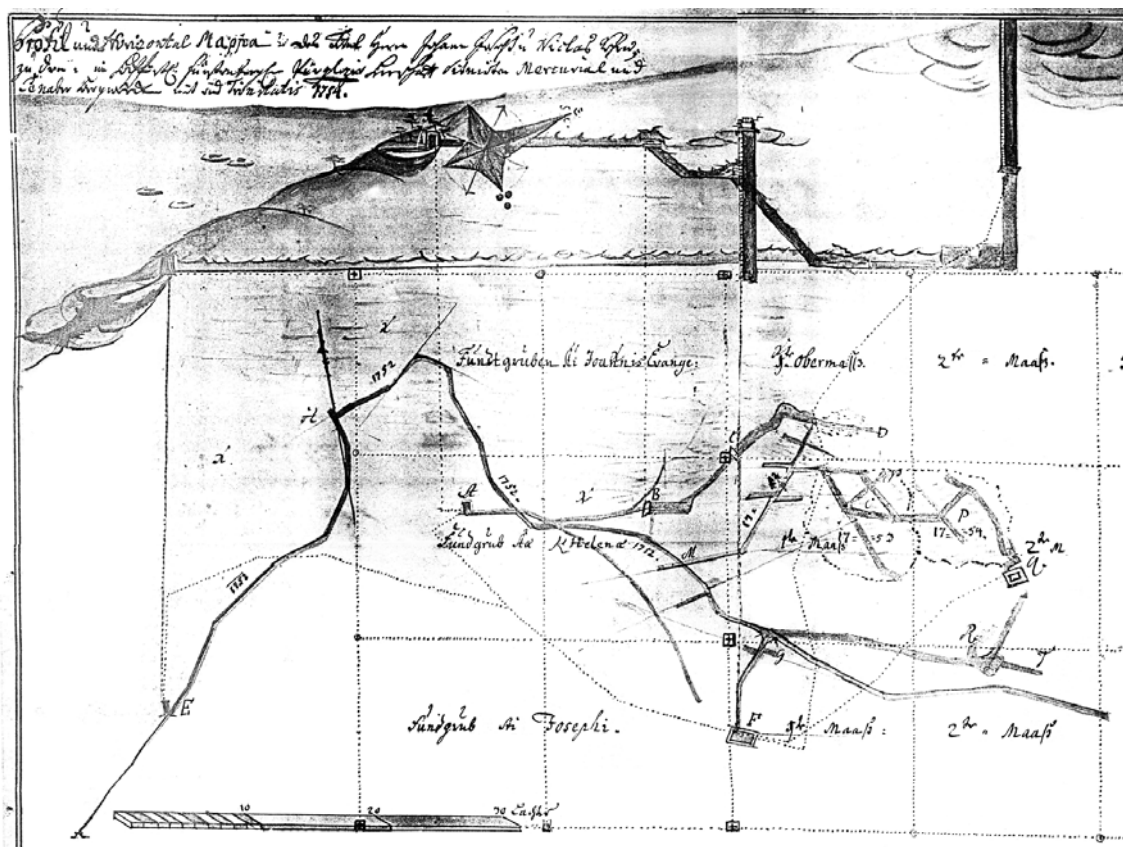
Obr. 27. Cinabaritový důl při jvy. okraji Svaté podle stavu z doby po polovině 18. století (plánek nezachycuje množství stařin z předchozích období dolování). Stará dědičná štola zhruba sz. směru, jejíž průběh je přibližně znám z Pochmannovy mapy z roku 1727, byla od ústí na čelbu asi 300 m dlouhá. Horní štola a jáma Helena se nacházejí v dolových mírách Sv. Helena; ve stejných mírách se podle Fischerovy mapy z roku 1754 překvapivě nachází i jáma Jan Evangelista hluboká více než 35 m. Kolmá hloubka 1. úklonného hloubení je 4 m; kolmá hloubka 2. úklonného hloubení je 14 m. Jáma Mikuláš v dolových mírách Josef je 22 m hluboká. Výškový rozdíl mezi ústími Staré dolní štoly a Horní štoly je necelých 20 m. - orig., skresleno dle starých důlních map.



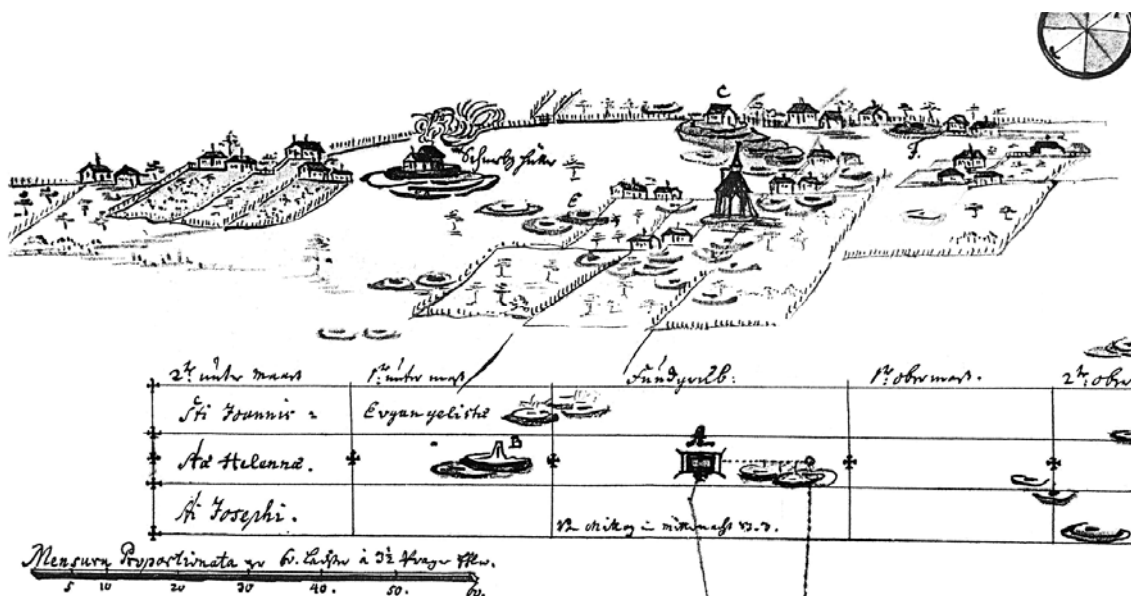
Obr. 28. Mapa rumělkového dolu Jan Evangelista u Svaté z roku 1727 od T. A. Pochmanna (Ab und Grundt Riess von S. Johannis Evangelisti Zinober gebeydt zu Swata), 30 × 40 cm, Geofond Kutná Hora S12-10/014; SOA Křivoklát fond 4335, fol. 186. Legenda in Velebil 2004.



Obr. 29. Výřez z důlní mapy rtuťových dolů u Svaté od J. Ch. Fischera z roku 1752 (Horizontal u. Profil Riess über das Mercurial u. Cenaber Berggebäude zu Swata Hora zu Fürstenberg. Herrschaft Pürglitz), 60 × 50 cm, Geofond Kutná Hora S12-10/016; SOA Křivoklát fond H 195, fol. 78. Legenda in Velebil 2004.



Obr. 30. Výřez z důlní mapy rtuťových dolů u Svaté od J. Ch. Fischera z roku 1754 (Profil und Horizontal Mappa...Swata...Mercurial und Cenaber...), 54 × 41 cm, Geofond Kutná Hora S12-10/013.



Obr. 31. Svatá u Berouna na výřezu z důlní mapy z doby okolo poloviny 18. století (Abriess oder Horizontal Lage des Mercurial und Zenaber Berggebäude zu Swata in Fürstenberg. Herrschaft Nischburg gelegen.), 41 × 34 cm, Geofond Kutná Hora S12-10/015; SOA Křivoklát fond H 195. Objekt s oblakem kouře je huť na výrobu rtuti; písmenem A je označena šachta Mikuláš, z níž vede překop sz. směru na starou dědičnou štolu raženou sv. směrem, dobře znázorněnou na Pochmannově mapě z roku 1727 (její délka činila od ústí na čelbu necelých 300 m); věžovitý objekt je zvonice, jejíž zbytky jsou dnes součástí hasičské stanice. Hojné pinky v prostoru obce jsou snad zbytky po kutání zelené rudy; stejně jako pinky zakreslené na obou mapách Fischerových z let 1752 a 1754.

Zhodnocení významu ložiska

Konkrétní údaje o produkci čistého kvalitního cinabaritu a produkci kovové rtuti máme z let 1716 až 1752 (viz Tab. 3).

Podle intenzivních sporů mezi těžaři o důlní podíly v 16. století lze soudit, že dolování v té době bylo výnosné. Z 18. století, konkrétně z let 1724 až 1727 dokonce existuje několik účetních dokladů, z nichž přímo vyplývá, že doly pracovaly se ziskem (Urban 2001).

Většina vyrobené rtuti a rumělky ze Svaté byla spotřebována v rámci Čech či dokonce jen v rámci středních Čech. Svědčí o tom zprávy o prodeji rtuti a rumělky do Prahy (1727) a do Jílového u Prahy (1719, 1737), kde rtuť sloužila k výrobě zlata z rozdrčené zlatonosné křemenné žiloviny (Pošepný 1895; Čihák 1948; Kopš 1964).

Podle útržkovitých údajů o množství vytěženého cinabaritu nebo z něj vyrobené rtuti lze střízlivě odhadovat, že ve Svaté bylo průměrně ročně těženo 100 až 200 kg cinabaritu (maximálně 500 kg). Celkovou produkci ze Svaté za úhrnem asi 90 let zdejšího doloženého dolování pak můžeme odhadovat na 10 až 20 tun cinabaritu. Tomuto řádu odpovídá i množství vyrobené rtuti (cinabarit obsahuje 86,2 % Hg, přírodní cinabaritová ruda méně než 80 % Hg, přičemž výtěžnost nebyla 100%). Svatská rtuť (resp. cinabarit) nemohla v Evropě konkurovat rtuti z Idrije a z Almadénu - ve srovnání s těmito ložisky se jednalo o těžbu zcela nepatrnou. V 19. století bylo v Idriji ročně těženo asi 500 tun rtuti a v Almadénu 1500 tun rtuti.

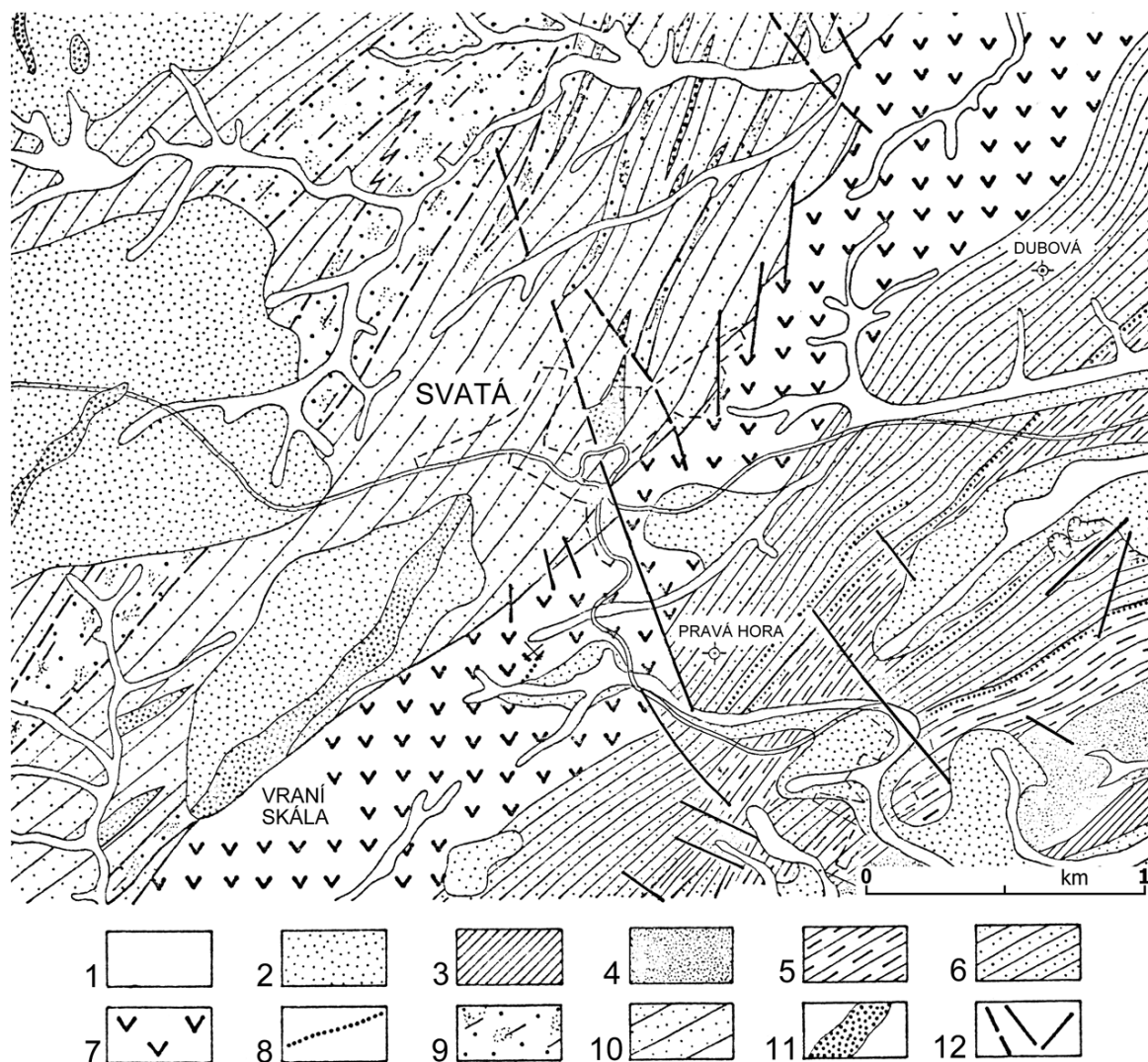
Tab. 3. Produkce HgS a Hg ve Svaté

rok	cinabarit (kg)	z toho vyrobeno rtuti (kg)
1716	25	
1719	90	
1725-1726	145*	
		600
1727	50*	
		46
1749	23*	
		260
1752		270

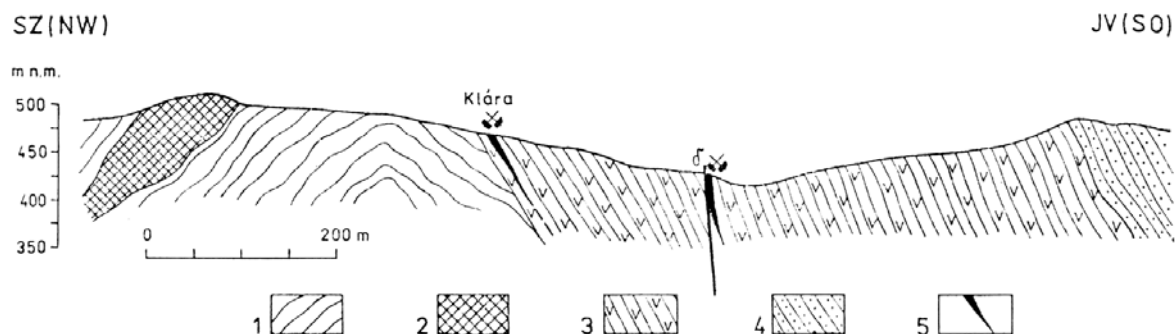
*) kvalitní prvotřídní cinabarit prodáváný jako pigment

Geologická stavba okolí ložiska

Okolí Svaté, která se nachází v sz. křídle Barrandienu, je budováno jednak svrchnoproterozoickými horninami kralupsko-zbraslavské skupiny, zejména prachovci a břidlicemi, méně drobami (Obr. 32 a 33). V pruhu sv. směru mezi Vraní skálou, Svatou a Hudlicemi vystupují proterozoické silicity (bulžníky), které budují Vraní skálu, Obecnou skálu ve Svaté a Hudlickou skálu. Na proterozoikum diskordantně nasedají ordovické horniny, zastoupené sedimenty mílinského a třenického souvrství (tremadok), které vystupují v pruhu od Vraní skály jz. směrem k Točnicku, dále směrem do nadloží (jv. směrem) pokračují alterované bazalty a pyroklastika klabavského souvrství (arenig). Část vulkanických uloženin snad náleží i šareckému, dobrotivskému a libeňskému souvrství. Dalšími již standardně vyvinutými sedimenty jsou droby a břidlice letenského souvrství a jílovité břidlice vinického souvrství. Směrem k JV pak pokračuje vrstevní sled ordovického hornin standardním způsobem.

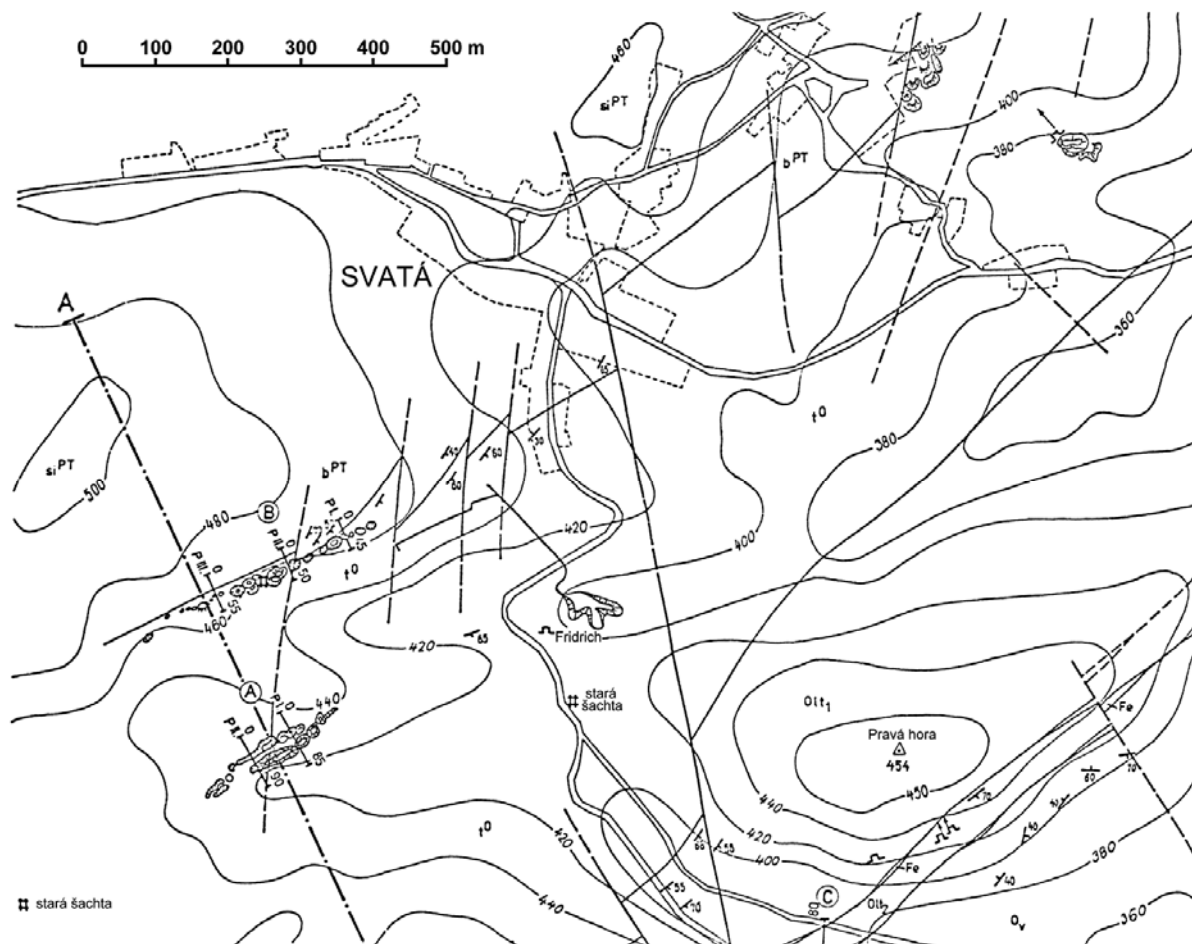


Obr. 32. Geologická mapa okolí Svaté. Kvartér: 1 - písčitohlinité sedimenty, 2 - hlinitokamenité sedimenty; ordovik: 3 - jílové břidlice bohdaleckého souvrství, 4 - prachovce zahořanského souvrství, 5 - jílové břidlice vinického souvrství, 6 - droby, křemence, břidlice letenského souvrství, 7 - bazalty a tufy, 8 - obzory sedimentárních Fe-rud; svrchní proterozoikum: 9 - droby s vložkami břidlic a prachovců, 10 - břidlice a prachovce, 11 - silicity; 12 - tektonika (podle Sattrana et al. 1978).



Obr. 33. Geologický řez proterozoikem a ordovikem u Svaté. Svrchní proterozoikum: 1-břidlice, prachovce a droby, 2-buližník; ordovik: 3-vulkanická série (bazalty a pyroklastika), 4-letenské souvrství (droby, pískovce, břidlice), 5-polohy železných rud (Sattran 1980).

Uvnitř pyroklastik klabavského souvrství (arenig) a na jejich bázi bývají uloženy malé čočky krevelových rud, jako je tomu v hojné míře v prostoru mezi Točným, Hředlemi, Svatou (Obr. 33) a Hudlicemi (Havlíček in Chlupáč et al. 1992). Bazická pyroklastika a alterované bazalty jsou produktem aktivity vulkanického komárovského komplexu, který zahájil činnost právě ve stupni arenigu a jeho vulkanická činnost se udržela až do svrchního ordoviku (Chlupáč et al. 2002).



Obr. 34. Situační mapka okolí Svaté zachycující pozůstatky po dolování železné rudy (haldy, propady a některé štoly a šachty), tektoniku a umístění některých metalometrických profilů na lokalitách označených A, B, C (geologický průzkum z let 1957 - 1960; Žežulka 1957, Novotný 1958, Králík 1960b). Čerchovanou čarou s písmenem A je naznačeno vedení geologického řezu (viz předch. obrázek). Legenda: siPT - proterozoické silicity (bulžníky); bPT - proterozoické břidlice, prachovce a droby; tO - ordovická vulkanická série; Olt - letenské souvrství; Fe - sedimentární železné rudy; Ov - vinické souvrství (podle Sattrana et al. 1978).

Ložisková charakteristika

Ložiskové údaje o cinabaritovém zrudnění u Svaté jsou do značné míry spekulativní. Zrudnění mělo pravděpodobně charakter pravých žil různých směrů vyvinutých v ordovických pyroklastikách blízkosti čočky nebo čoček sedimentárních železných rud (krevelů); vyloučit ale nelze ani existenci žil ložních. Čočky ferolitů uložených v pyroklastikách klabavského souvrství mají v okolí Svaté generelní směr SV - JZ a strmý úklon (Obr. 33 a 34). Na důlních mapách z let 1727 a 1754 (Pochmann 1727; Fischer 1754 - Obr. 28 a 30) jsou zakresleny poměrně rozsáhlé ploché dobývky, podle nichž by se dalo soudit, že v těchto místech mělo zrudnění jenom malý úklon.

Podle staré zprávy z roku 1608 se na rumělkovém dole U tří korun pracovalo na žíle asi 20 cm mocné (SÚA Praha, fond MM5 - 24/5, fol. 54 in Urban 2001). Roku 1723 prošla čelba horního patra rumělkového dolu Jan Evangelista polohou železné rudy (SOA Křivoklát, fond 4335, fol. 32 in Urban 1957c). Roku 1728 se na stejném patře opět pracovalo v poloze železné rudy (Urban 1957a). Na stejném horizontu byla v té době zjištěna žíla směru V - Z dokonce 35 cm mocná (Urban 1957c). Roku 1753 byly severozápadním překopem ze šachty Helena překříženy čtyři žíly zhruba severojižního směru a další žíly směru SZ - JV a V - Z byly překříženy severním překopem ze šachty Mikuláš a dědičnou štolou (SOA Křivoklát, fond H 220, fol. 70 in Urban 1957c). Rother zmiňuje v relaci z roku 1753 asi pět cm mocnou ukloněnou žílu s rumělkou (SOA Praha, fond H 220, fol. 70 in Urban 2001); ve stejné relaci Rother uvádí, že žíla na dole Marie Pomocná je roztržštěná a prostoupená železnou rudou (SOA Křivoklát, fond H 220, fol. 70 in Urban 1957c). Schmidt von Bergenhold (1880) uvádí, že rumělka se u Svaté vyskytovala v podobě několik cm mocných vrstev při bázi železnorudných čoček (Schmidt von Bergenhold 1880).

Mineralogie ložiska

Vtělenský (1958, 1959) ověřoval „malé haldičky pod úpatím svahu jižně od Svaté“ a zjistil cinabarit, baryt, siderit, dolomit - ankerit, pyrit a chalkopyrit. Cinabarit podle něj tvoří „menší hnízda a pórovité závalky v epigenetických žilách“ a „impregnace hornin poblíž trhlin vyplněných epigenetickými žilami“; je „houbovitý, složený z jemnozrnného agregátu drobných nezřetelně vyvinutých krystalů, dále masivní, krystalický“. Vtělenský také analyzoval „hlízovitou rumělkou, jež se větráním uvolnila z hematitové oolitické rudy“ nalezenou na haldě oolitické hematitové rudy poblíž ústí štoly „téměř na dně údolí jižně od vsi“ (pravděpodobně štola železnorudného dolu Fridrich) a také vzorek pocházející „z malých rýhy vykopané v haldě těsně u vsi na jižní straně zahrady“ (Vtělenský 1958, 1959).

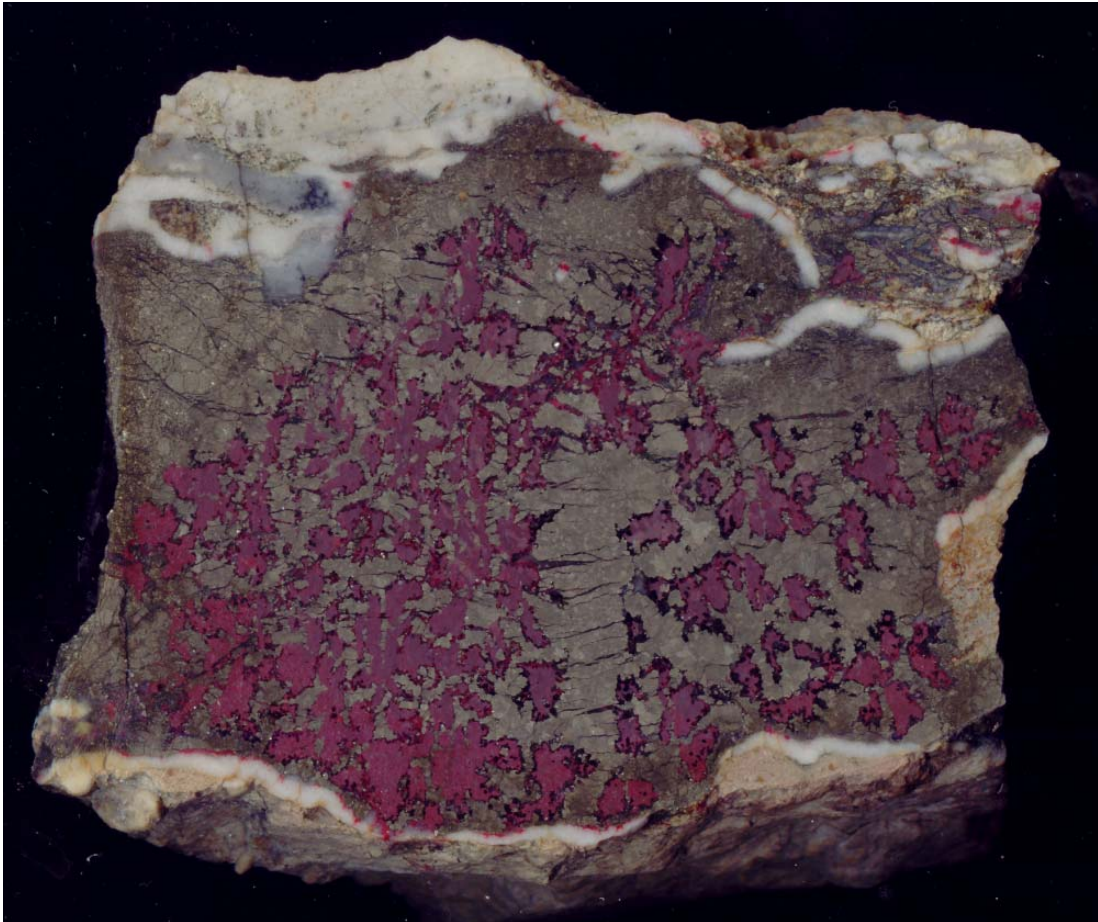
Vtělenský (1958, 1959) dále uvádí, že na bývalém ředitelství dolů v Nučicích byl uložen vzorek chalkosinu s lokalizací „Svatá u Berouna“. Jednalo se o bohatý velmi čistý vzorek v „tufogenní hornině“. Vtělenský zpochybňuje jeho lokalizaci, vzorek podle něj pochází spíše ze Svárova a podle spektrální analýzy a rentgenodifrakční analýzy se jedná o digenit (Vtělenský 1958).

Pro dokreslení charakteru cinabaritového zrudnění v oblasti z. od Berouna je třeba ocitovat popis cinabaritového zrudnění z Krušné hory, vzdáleného asi 5 km od Svaté. Tento výskyt cinabaritu popisuje Píša (1965). Počátkem 60. let byla při těžbě železných rud na ložisku Barbora - východ (SVC) na Krušné hoře u Nového Jáchymova nalezena na 25. a 26. patře dolu pravá žíla s převládajícím cinabaritem, směru SSZ - JJV, sklonu 15 - 20° k ZJZ a mocnosti 6 - 15 cm (Obr. 35). Žíla příčně proráží okolní sedimenty, textura výplně je většinou masivní, převládajícími rudami jsou cinabarit a pyrit, vzácně se vyskytuje chalkopyrit, velmi vzácně galenit, prokázán byl i mikroskopický sfalerit. Žilovinu tvoří křemen, dolomitový karbonát a vzácně kalcit. V nadloží cca 40 - 50 cm nad touto žilou byla na 26. patře dolu zjištěna další paralelní žíla menší mocnosti a se stejnou mineralizací; na této žíle naopak převládal pyrit nad cinabaritem. Píša stanovil na základě makro i mikrotextur posloupnost krystalizace žilné výplně takto: křemen I - dolomit - pyrit - křemen II - sfalerit - cinabarit I - chalkopyrit - galenit - kalcit - cinabarit II - sádrovec (Píša 1965).

Geneze ložiska

Původ rtuti na barrandienských ordovických lokalitách lze odvozovat od pozdních fází ordovického vulkanismu komárovského komplexu, jehož nejmladší projevy zasahují do spodní a střední části vinického souvrství (Chlupáč et al. 1992). Během variských vrásnivých a metamorfních pochodů a zvýšené termální aktivity mohlo dojít k migraci a redepozici části rtuti v podobě pravých žil s cinabaritem (Slavíková a Slavík 1918; Sattran et al. 1978; Sattran 1980; Bernard a Pouba et al. 1986).

Není jednoznačně prokázáno, že by cinabaritové zrudnění mělo nějaký přímý genetický, resp. geochemický vztah k polohám hematitových rud, i když Vtělenský (1958, 1959) takový poměr uvažuje a Králík (1960b) nevylučuje snazší vznik otevřených puklin v relativně křehkých čočkách hematitu, a že by tedy byly pravé žíly s rumělkou prostorově vázány výhradně na hematitové polohy a jejich bezprostřední okolí. Lze předpokládat, že rumělkové rudy byly nacházeny právě při těžbě rud železných, nelze ovšem vyloučit jejich výskyt i zcela mimo železnorudné čočky. Na druhou stranu cinabarit nebyl nikdy nalezen v barrandienském proterozoiku; všechny barrandienské výskyty cinabaritu jsou vázány na vesměs vulkanoklastickou facii arenigu a llanvirnu (klabavské, šárecké a dobrotivské souvrství) (Sattran et al. 1978).



Obr. 35. Cinabarit, pyrit, Krušná hora, 6 × 5 cm, nábrus. Cinabarit zatlačuje pyrit, při okrajích žíly křemen. Lokalita Krušná hora je geologicky analogická k lokalitě Svatá - viz text - mineralogie ložiska Svatá. Foto J. Zachariáš

5. BEZDRUŽICE U MARIÁNSKÝCH LÁZNÍ

Lokalizace

Bezdrůžice se nacházejí vjv. od Mariánských Lázní v západních Čechách. V lese mezi Bezdrůžicemi, Novou Vsí a Potínem se nachází okolo 150 trychtýřovitých jam, jež jsou pozůstatkem po staré těžbě cinabaritu (Obr. 36 a 37).

Historie dolování

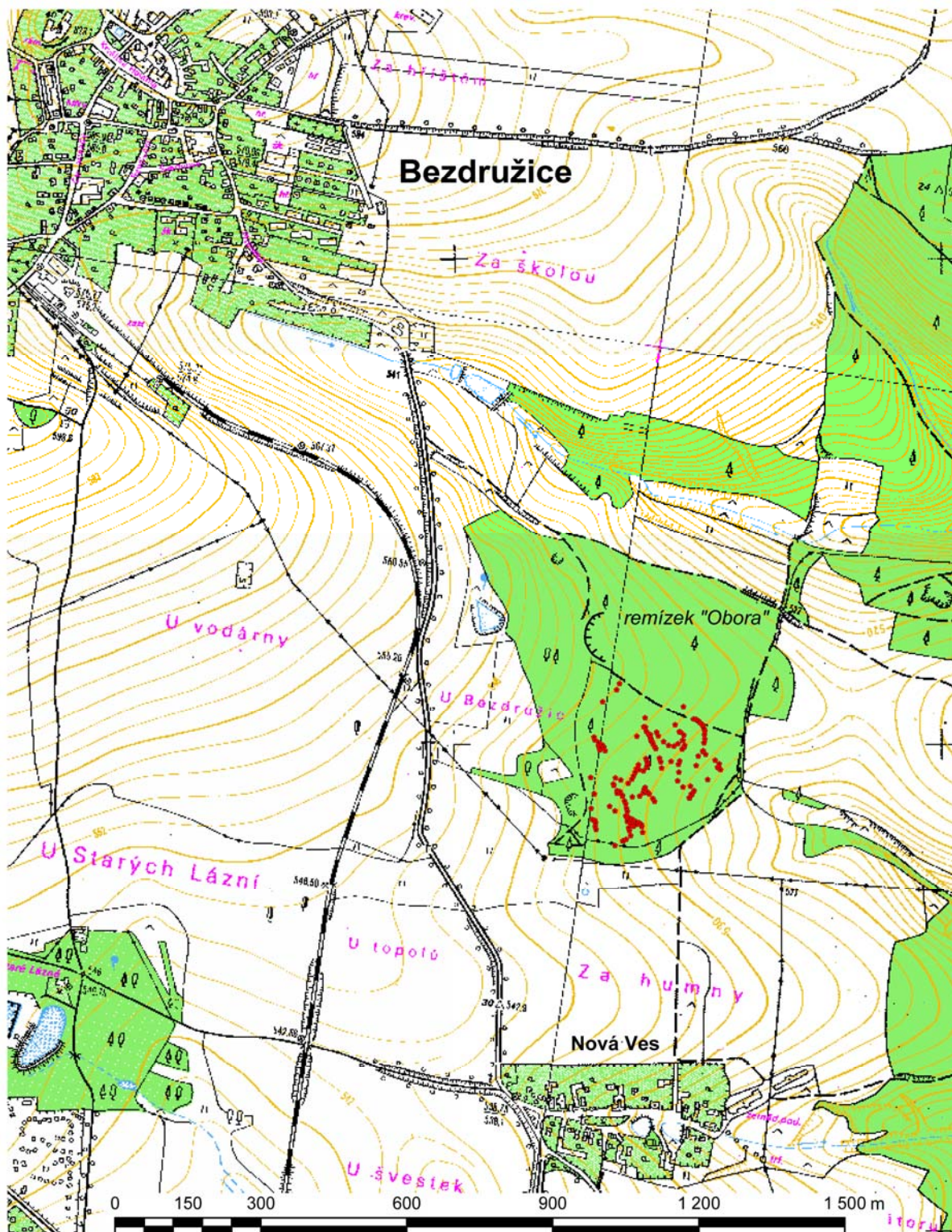
V lesním remízku mezi Bezdrůžicemi, Novou Vsí a Potínem byl cinabarit dobýván někdy mezi lety 1680 a 1720. Roku 1710 zahájil těžbu u Nové Vsi pražský měšťan F. I. Kaiser, který začal se šesti havíři razit štolu a z ní získal menší množství rtuti, která byla prodána do Norimberka za cenu cca 4 zlatníky za 1 kg (Bílek et al. 1978). Cinabarit byl někdy mezi lety 1715 a 1725 pokusně kután také poblíž Starého mlýna u Potína. V roce 1724 pracovalo u Potína celkem dvanáct osob. Zmínky o dolování cinabaritu u Bezdrůžic lze nalézt v těchto pracích: Vogt (1729a, b), Ferber (1774), Peithner von Lichtenfels (1780), Gmelin (1783), Schaller (1788), Frankl (1837), Barvíř (1906), Lenz (1931), Baier et al. (1936), Urban (1939) a Bílek et al. (1978).

V lesním remízku mezi Bezdrůžicemi, Novou Vsí a Potínem byl cinabarit dobýván mělkými jámami, respektive nehlubokými šachticemi ve zvětralinách. Vydobytá hornina byla na místě plavena. Tomu nasvědčují zbytky malého rybníčku s hrázkou při západním okraji pinkového pole a množství strouh na přivádění vody. Další dosud existující rybníčky se nacházejí při sz. okraji lesního remízku a v údolí ssz. od lesního remízku při jv. okraji Bezdrůžic.

Zhodnocení významu ložiska

O množství vydobytého cinabaritu u Bezdrůžic nemáme žádné zprávy. Pracovníci Ústředního ústavu geologického odebrali během geologického průzkumu v polovině 70. let 20. století asi 1 tunu haldového materiálu, kterou přeplavili (přerýžovali). Zjistili, že haldovina obsahuje asi 25 až 30 g cinabaritu na jednu tunu haldového materiálu (Sattran et al. 1978). Podle rozsahu dochovaných pozůstatků po dolování a jejich charakteru a podle nálezů cinabaritu během geologického průzkumu lze odhadovat, že celková produkce cinabaritu od Bezdrůžic se mohla pohybovat v řádech desítek kilogramů až jednotek tun. Zda byla taková těžba rentabilní, nelze soudit.

Během kutacích prací na cinabarit u Potína okolo roku 1720 byl sice cinabarit nalezen, celkově ale byly práce neúspěšné, protože jámy (dvě šachty o hloubce až 23 m) se během práce zatopily náhlým vydatným průvalem vody, takže bylo zcela utopeno čerpadlo a celý podnik pražského podnikatele Kaisera skončil výraznou finanční ztrátou (Glaser 1790 in Lenz 1931).



Obr. 36. Situace pozůstatků po dolování rumělky v lesním remízku „Obora“ jv. od Bezručic, s. od Nové Vsi; topografický podklad (c) ČÚZK; jámy po těžbě cinabaritu byly zaměřeny.



Obr. 37. Záběr z přibližně 300 × 300 m velkého pole asi 150 pinek (trychtýřovitých jam) v jižní polovině lesního remízku mezi Bezručicemi, Novou Vsí a Potínem. Foto D. Velebil

Geologická stavba okolí ložiska

Bezručice se z regionálně geologického hlediska nacházejí v tepelském krystaliniku středočeské oblasti, jv. od mariánskolázeňského metabazitového komplexu. Okolí Bezručic je budováno převážně svrchnoproterozoickými metamorfovanými břidlicemi, drobnými fylity a svory kralupsko-zbraslavské skupiny (Obr. 38). Proterozoické horniny byly metamorfovány dvoufázově, nejprve kadomsky a posléze ještě varisky. Pro oblast je charakteristická severojižní zlomová tektonika tvořící příkopové struktury, v nichž se místy uchovaly ostrůvky (denudační zbytky) svrchnokarbonských slepenců a pískovců (např. Sattran et al. 1978). Proterozoickými horninami tu a tam pronikají tělesa terciálních bazických vulkanitů (např. Hansel 1886; Ryklík 1972), jež tvoří v terénu morfologické elevace (např. Ovčí vrch jz. od Bezručic, Hradištský vrch j. Bezručic).

Ložisková charakteristika

Vlastní lokalita s pozůstatky po dobývání cinabaritu jv. od Bezručic, s. od Nové Vsi a z. od Potína se nachází v oblasti budované fylity hojně proniknutými bílým žilným křemenem. Sattran et al. (1978) našli ve starém haldovém materiálu v lese severně od Nové Vsi kousky cinabaritu zarostlého ve fylitu a prorostlé křemenem. Soudí, že cinabaritové zrudnění má charakter impregnací, výplní trhlin a hrubě krystalických hnízd ve fylitu; cinabarit je doprovázen menším množstvím pyritu (Sattran et al. 1978).

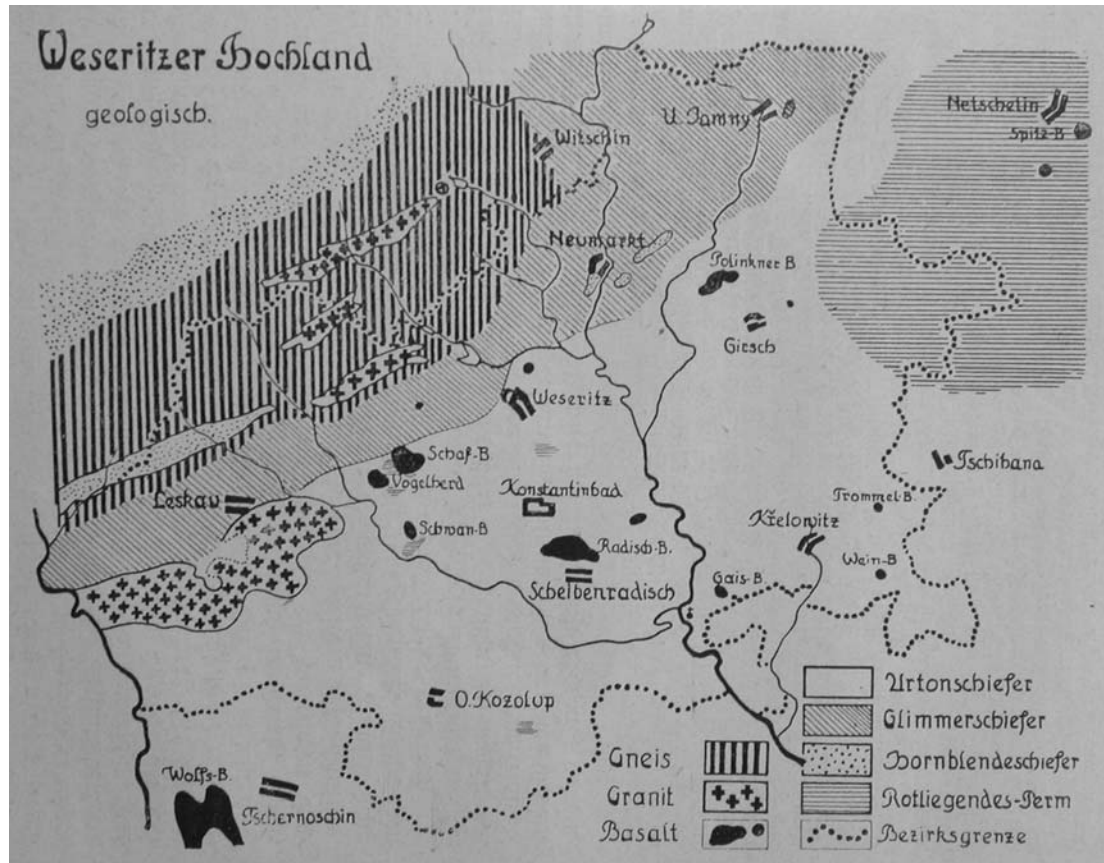
Cinabaritem velmi bohaté sedimenty zjistili geologové během průzkumu v potoce západně od Starého mlýna, jižně od Potína. Vzorčky sedimentu s cinabaritem byly odebírány i dále proti proudu potoka směrem k oblasti se starými pozůstatky (jámy, haldami) po dobývání rumělky v lese s. od Nové Vsi (Sattran et al. 1978) - Obr. 39.

Mineralogie ložiska

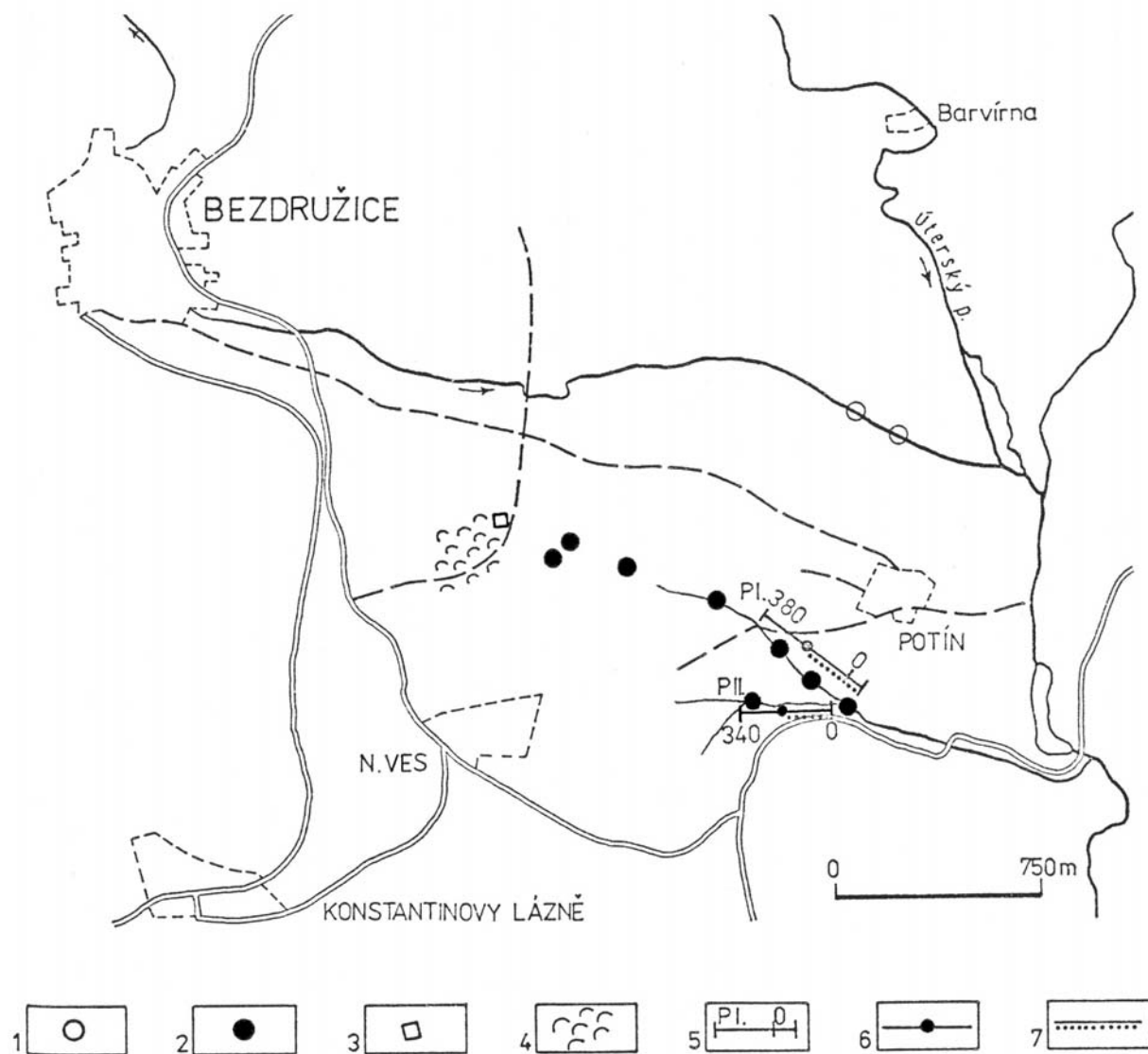
Během plavení haldového materiálu z oblasti staré těžby v lesním remízku u Bezdržic, s. od Nové Vsi vybírali geologové náhodně z nadsítné frakce (nad 2 mm) těžkého nerostného podílu valounky cinabaritu až 2 cm velké (Sattran et al. 1978). Rovněž zrna cinabaritu v sedimentu potoka západně od Starého mlýna, jižně od Potína dosahovala 2cm velikosti, byla málo opracovaná (krátký transport), hrubě krystalická, doprovázena byla většími zlatinkami a sporadickými zrny pyritu (Sattran et al. 1978).

Novák et al. (1980) zmiňují primární výskyt zlata v proterozoických horninách u Nové Vsi. Zlato od Nové Vsi tvoří členité, slabě zaoblené agregáty, které někdy srůstají se živcem a automorfními zrny křemene. Zkoumáno bylo také zlato z rozsypu u Potína. Zlato se zde vyskytuje v asociaci s cinabaritem a pyritem. Analýzou bylo zjištěno, že se zlato vyznačuje poměrně vysokou příměsí rtuti (až 6.1 %). Složení jednotlivých zlatinek je proměnlivé, obsahují od 14.6 do 19.3 % stříbra a od 0.3 do 6.1 % rtuti. U některých zrn zlata je patrná primární zonálnost, tzn. že od středu k jejich okrajům ubývá obsahu rtuti a přibývá stříbra. Jiná zrna zlata mají vyvinutou druhotnou zonálnost, která je důsledkem supergenních pochodů, tzn. že při povrchu je zlato porézní, ochuzené o stříbro i rtuť. Doprovodné těžké minerály z Nové Vsi (granát, ilmenit, rutil, staurolit, kyanit a další) ukazují na možné mísení proterozoického materiálu s karbonskými sedimenty z těsného okolí. Percentuelní zastoupení hlavních těžkých minerálů v koncentrátech z haldoviny od Nové Vsi je následující: granáty 25 - 50 %, ilmenit 25 - 50%, cinabarit 5 - 25 %, staurolit 5 - 25 %, Fe-oxidy 5 - 25 %, zirkon méně než 5 %, turmalín méně než 5 %, pyrit méně než 5 % (Novák et al. 1980).

Přítomnost cinabaritu a zlata byla ověřena také autorem, a to v potoce jz. od Potína jako zrna velikosti řádově 0.X mm, přičemž poměr výskytu zrn rumělky a zlatinek byl asi 25 : 1.



Obr. 38. Geologická mapa okolí Bezdržic (Baier et al. 1936; podle výzkumů Hostettera a Laubeho).



Obr. 39. Okolí Bezdrůžic; situační mapa pozůstatků po starém dolování a výskytu rumělky ve šlichu (Sattran et al. 1978). 1 - šlichový vzorek bez HgS; 2 - šlichový vzorek s HgS a Au; 3 - kopaný vzorek z hald; 4 - staré dobývací práce s HgS a Au; 5 - profil merkurimetrie (Hg v půdním vzduchu); 6 - anomálie v obsahu Hg (>70 mV); 7 - zvýšené pole v obsahu Hg (průměrně 25 mV).

Geneze ložiska

Genetické postavení výskytu cinabaritu u Bezdrůžic není zcela jednoznačné. Malec a Novák (1982) sice píší o primárním Au-Hg zrudnění v proterozoiku u Nové Vsi, přesto je třeba při takové interpretaci jistá míra opatrnosti. Malec a Novák (1982) nezmiňují, že by zlato našli v křemenu přímo v proterozoických fylitech. Haldovina starých pozůstatků po dolování cinabaritu v lese s. od Nové Vsi se skládá z úlomků proterozoických fylitů a z pískové frakce, která může být směsí materiálu ze zvětralých fylitů a z karbonských sedimentů. Malec a Novák (1982) sami uvádějí, že „*primární výskyt Au-Hg mineralizace leží v proterozoiku poblíž karbonských sedimentů*“. V předchozí práci Novák et al. (1980) mísení materiálu z proterozoických a karbonských hornin uvažují.

Zlato a cinabarit mohou tedy pocházet ze stejné primární asociace z proterozoických hornin anebo má zlato původ v karbonských sedimentech a se vznikem Hg-mineralizace nesouvisí, tzn. že Au-

mineralizace má jiný primární původ. První možnosti by snad mohly odpovídat obsahy Hg ve zlatě od Nové Vsi i Potína (Novák et al. 1980; Malec a Novák 1982).

Rtuť byla zjištěna i ve zlatě z karbonských sedimentů od Křivců s. od Bezdržic; podle Sattrana et al. (1978) byl v karbonských slepencích od Křivců ojediněle nacházen také cinabarit (Malec in Sattran et al. 1978). Sattran et al. (1978) ještě uvádějí, že rozsáhlé pole šlichových anomálií obsahů cinabaritu se táhne až do rulové oblasti u Teplé, tj. od Bezdržic severozápadním směrem.

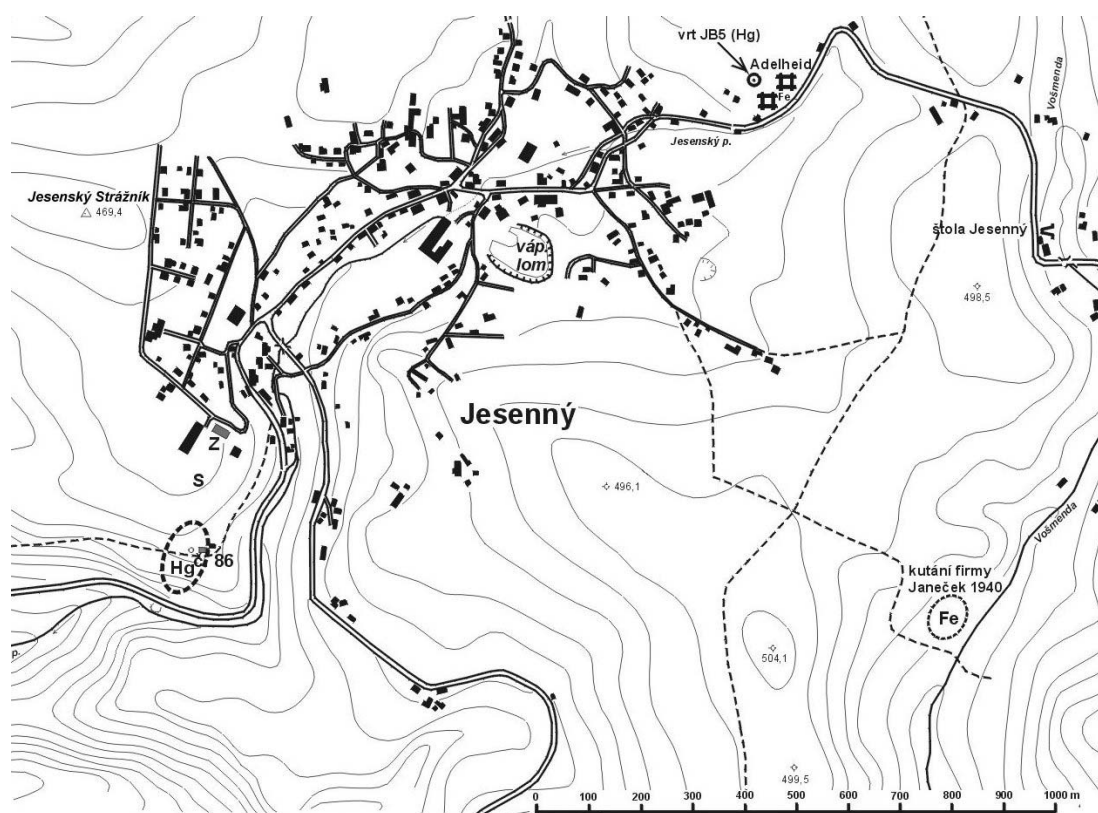
6. JESENNÝ U SEMIL

Lokalizace

Obec Jesenný se nachází s. od Semil a vsv. od Železného Brodu. Malý cinabaritový důl se nacházel při jz. okraji obce, jižně od bývalého zámku, poblíž (západně) dnešního domu č. p. 86 (Obr. 40 a 41).

Historie dolování

Cinabarit byl v Jesenném dobýván zejména v letech 1625 až 1634, a to jednou šachtou, k níž byla z úrovně 17 metrů pod ohlubní ražena od jihu štola (Šimák 1927-1928; Šimák 1932-1933; Jangl 1958). Jangl (1958) odhaduje, že v dole pracovalo asi sedm osob. Vytěžená ruda byla čištěna plavením v nedalekém potoce. Menší pokusy o obnovu dolování proběhly ve 2. polovině 18. století (Reuss 1797; Reuss 1856b).



Obr. 40. Přehledná mapa okolí Jesenného s vyznačením železnorudného dolu Adelheid, kutacích prací firmy Janeček, vrtu JB5 a prostoru starého dobývání cinabaritu v jz. části obce. Z - bývalý zámek; S - místo, kde stála dnes již neexistující stodola; malým kroužkem západně od domu č. 86 je vyznačeno místo propadu z roku 2001, jižněji na pravém břehu Jesenského potoka naznačena halda. - orig.



Obr. 41. Zасыpaný propad (místo označeno šipkou) z roku 2001 západně od domu č. 86 v Jesenném. Foto D. Velebil

Zhodnocení významu ložiska

Číselné údaje o množství vytěženého cinabaritu máme za 1. čtvrtletí 1626 (21 kg), ke konci roku 1627 (33.6 kg), za neurčité období roku 1632 (16.5 + 3.5 kg) a za část roku 1633 (3.5 kg) – Tab. 4. To představuje 78 kg doloženě vyprodukovaného cinabaritu. Pokud budeme předpokládat, že cinabarit byl těžen v letech 1625 až 1628 a 1632 až 1633, pro která máme těžbu doloženou, a dostupné číselné údaje pro obě dílčí etapy zvlášť prodloužíme, zprůměrujeme a poté zaokrouhlíme (pro 1626: 4×21 kg; za celý 1627: 33,6 kg - z toho průměr 60 kg, pro 1625 a 1628: $60 + 60$ kg; pro 1632 a 1633: $20 + 20$ kg), můžeme uvažovat, že v Jesenném mohlo být v letech 1625 až 1634 vyprodukováno ± 300 kg cinabaritu.

Tab. 4. Produkce HgS v Jesenném

rok	cinabarit (kg)
1626	21
1627	33.6
1632	20
1633	3.5

Způsob využití cinabaritu z Jesenného nemáme doložený. Vzhledem k tomu, že vytěžená rudnina byla čištěna plavením, lze předpokládat, že byla produkována surovina kvalitní, tedy poměrně čistá, která bývala obvykle využívána jako velmi ceněný červený pigment v malířství i jako pigment do pečutních vosků. Ekonomický význam těžby patrně nebyl příliš veliký, z historických pramenů vyplývá, že odbyt vyrobeného rumělkového pigmentu vázl.

Geologická stavba okolí ložiska

Jesenný leží v lužické oblasti, konkrétně v tzv. železnobrodském krystaliniku (Obr. 42 a 44), tj. v komplexu nízce až středně metamorfovaných vulkanosedimentárních hornin na jz. okraji krkonošsko-jizerského krystalinika, jehož je železnobrodské krystalinikum částí. Jedná se o nepřerušovaný sled vulkanických, vulkanosedimentárních a sedimentárních hornin uložených od kambria či ordoviku až do siluru či devonu. Kachlík a Patočka (1998) vyčlenili v rámci železnobrodského krystalinika dvě podjednotky. Ve fylitech (pokryvačských břidlicích) ve svrchní

části starší podjednotky byly identifikovány ordovické ichnofosílie (Chlupáč 1997 in Kachlík a Patočka 1998). V nejsvrchnější části starší podjednotky jsou vyvinuty převážně metabazity (podmořské lávy, tufy a tufity) tzv. železnobrodského vulkanického komplexu o mocnosti až stovek metrů (Kachlík a Patočka 1998).

Starší podjednotka plynule přechází do mladší, tvořené tmavými sericit-grafitickými fylity (s vložkami rohovců), albitickými fylity, kvarcity, dolomitickými mramory a ve svrchní části grafitickými fylity. Tělesa mramorů se vyskytují ve dvou stratigrafických úrovních. V nejsvrchnější části série metavulkanitů (metabazitů) starší podjednotky se vyskytují nepříliš mocné polohy zřetelně vrstevnatých vápenců (mramorů), které tvoří přechod do báze mladší podjednotky. Větší tělesa masivních dolomitických mramorů jsou vyvinuta uvnitř sericitických fylitů mladší podjednotky. V grafitických fylitech svrchní části mladší podjednotky byly nalezeny fosílie silurského nebo devonského stáří (Chlupáč 1998 in Kachlík a Patočka 1998). Během variského vrásnění byly horniny železnobrodského krystalinika metamorfovány a tektonicky postiženy (Kachlík a Patočka 1998).

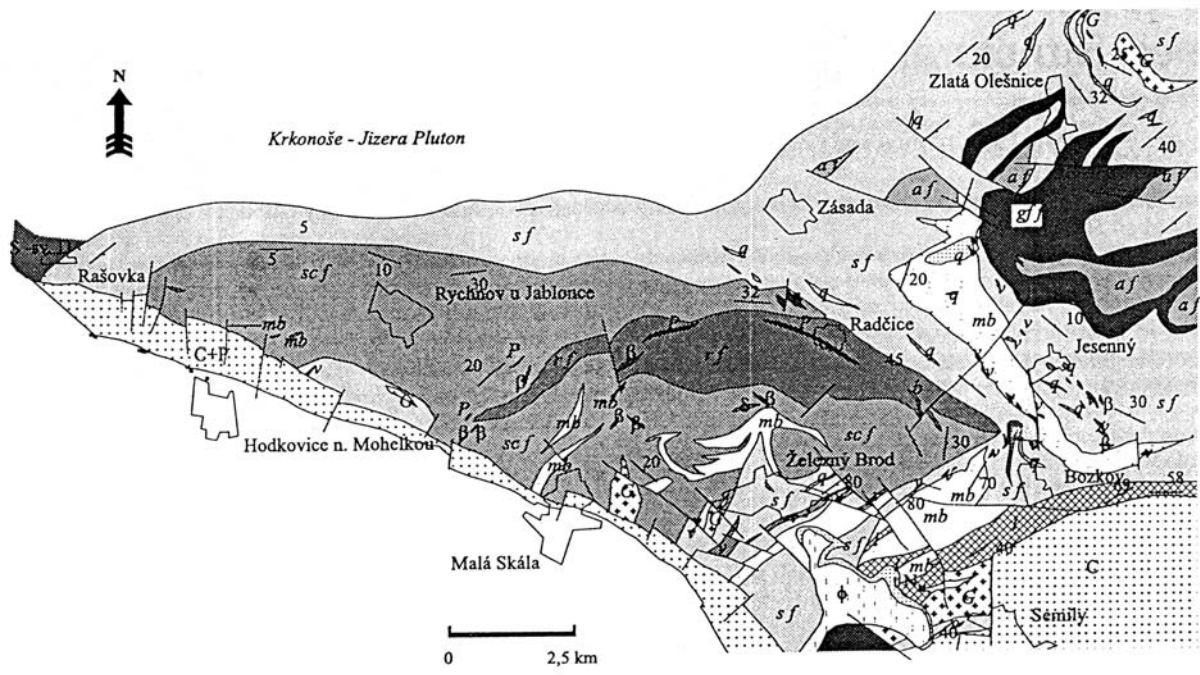
Bezprostřední okolí Jesenného je budováno relativně staršími metabazity, které vystupují v pruhu směru SZ - JV při západním okraji obce a relativně mladšími sericitickými fylity s mocnými polohami dolomitických mramorů pod obcí a v jejím severním, východním a jihovýchodním okolí (Krutský 1997) - Obr. 43. Vedle mramorů jako nerostné suroviny se v oblasti Jesenného vyskytují také železné rudy (limonity).

Ložisková charakteristika

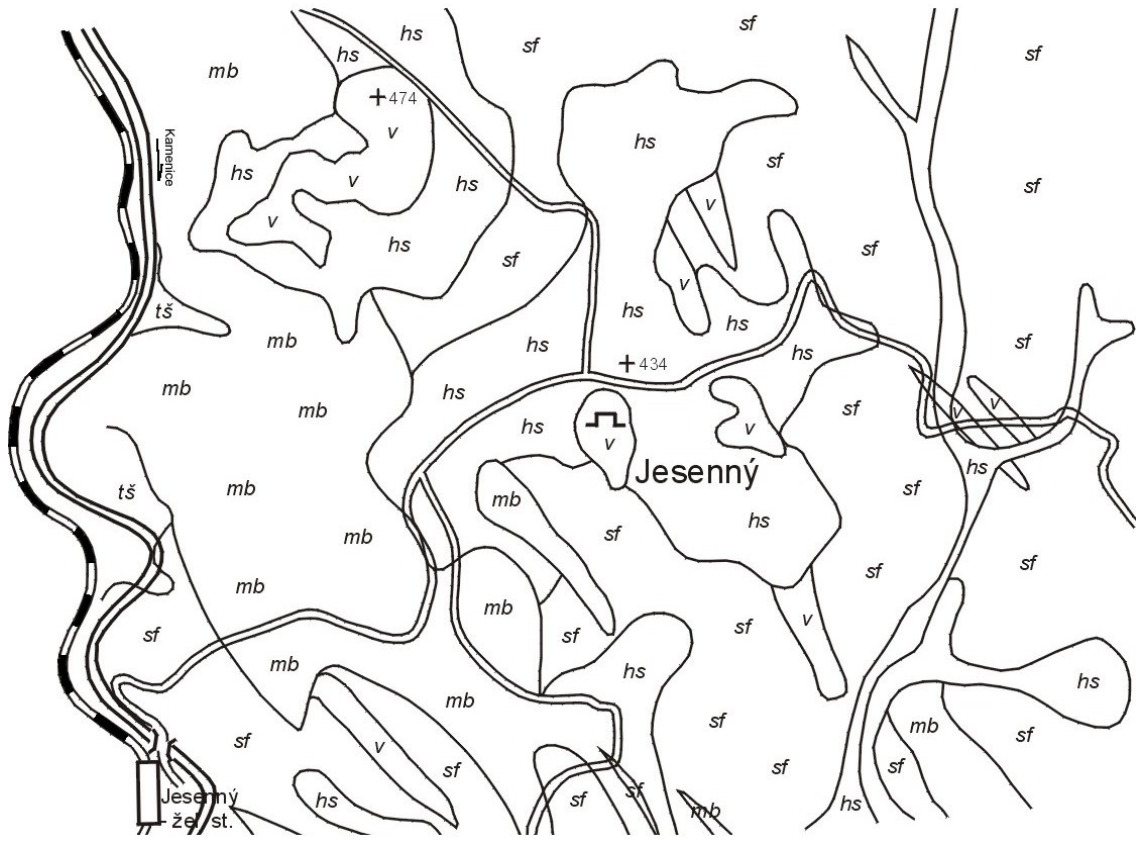
Pomineme-li říční náplavy, byl cinabarit v průběhu let postupně nalezen hned na třech různých místech v Jesenném. Podle sporadických informací o těchto třech výskytech cinabaritu se zdá, že jejich geologická pozice je mírně odlišná. Výskyt cinabaritu, nepatrně těžný v 17. století, je podle starých zpráv (Reuss 1797) situován do západní části obce, na jih od bývalého zámku, tzn. že je vázán na metabazity. V detailu ovšem může být geologie cinabaritového výskytu komplikovanější; podle Reussovy (1797) zmínky (viz níže) by se dalo uvažovat o bloku fylitu uzavřeném v metabazitu. Podle staré zprávy ze 17. století se cinabarit dobýval spolu „s měkkou horninou“ (Jangl 1958). To lze interpretovat tak, že se jednalo o horninu zvětralou anebo tektonicky podrcenou. Hoszer (1794 in Reuss 1797) uvádí, že „před více lety byla u zámku u stodoly vyhloubena šachta, kde byla dobývána rumělka zčásti v hnízdech, zčásti na malých vodorovných žilách (schwebende Gänge, úklon do 15°), jež opět záhy vyklínily, ve střídajících se vrstvách hlíny a vápence, zrnitá a jadrná, avšak pro nepříliš značnou vydatnost byla díla záhy opět opuštěna.“ Reuss (1797) uvádí, že haldovina pozůstatků po dolování cinabaritu, jak je v době jeho návštěvy identifikovali místní obyvatelé, sestává převážně z fylitu (Thonschiefer), který podle něj buduje i okolí.

Druhý výskyt cinabaritu je vázán na „jílové“ horniny někde v okolí starého vápencového lomu v obci. Reuss (1797) totiž uvádí důležité sdělení, podle kterého se v kaolinové (Porzellanerde) až mastkové hlince (Talkerde), těžené jámou někde nedaleko vápencového lomu v Jesenném, vyskytovala „hnízda rumělky“. Tato rumělka je podle Reusse šarlatově rudá a tvoří jednak jemnozrnné i hrubě krystalické vtroušeniny a jednak tenké pásy a žilky, zřídka i ledviny v mastkové hlince (Talkerde). Na lomu je tato rumělka třpytivá a má nedokonale vláknitou texturu (Reuss 1797).

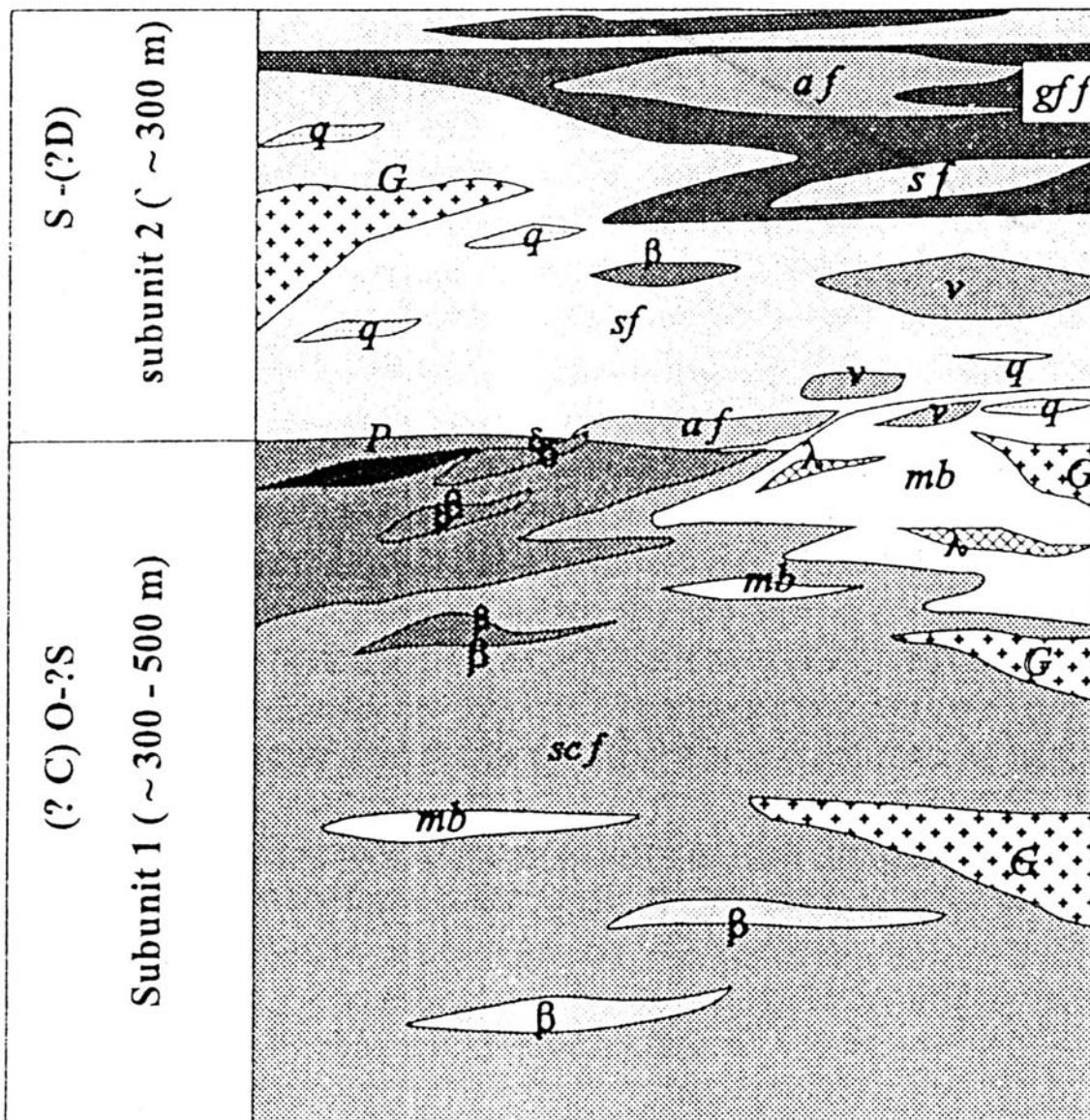
Cinabarit byl také objeven během geologického průzkumu v 60. letech 20. století. Při vrtném průzkumu na vápenec, který v Jesenném proběhl v letech 1966 až 1968, byl vrtem JB-5 (poloha: x 987 950.06, y 668 787.04, z 464,83) při vsv. okraji Jesenného (blízko železnorudného dolu Adelheid) zastížen „vápence s žilkami rumělky“. Vrt nejprve prošel v hloubce 4.50 - 5.60 m pod povrchem polohou kompaktního „limonitu“ a poté byly zastíženy vápence, přičemž žilky cinabaritu (na jiném místě je výskyt popisován jako impregnace v krystalickém vápenci) se nacházely již v hloubce 6.0 - 6.2 m. Tento ojedinělý nález cinabaritu ovšem nebyl dále nijak sledován (Krutský 1968).



Obr. 42. Železnobrodské krystalinikum; C - svrchnokarbonské sedimenty podkrkonošské pánve; C+P - sedimenty a metavulkanity mnichovohradištské pánve; mb - metabazity; sf - sericitické fylity; af - albitické fylity; gff - grafitické fylity; v - mramory; G - mylonitizované a fylonitizované granity; q - kvarcify (Kachlík a Patočka 1998, upraveno).



Obr. 43. Geologická mapa okolí Jesenného podle Krutského (1997), překresleno. Vysvětlivky: mb - metabazity; sf - sericitický fylit; v - vápence a dolomitické vápence (mramory); hs - hlíny a sutě; tš - terasové štěrky.



Obr. 44. Zjednodušené lithostratigrafické schéma železnobrodského krystalinika (Kachlík a Patočka 1998). Podjednotka 1: *scf* - sericiticko-chloritický fylit s hojnými vložkami tufů; *b* - metadiabas; *G* - mylonitizované a fylonitizované porfyroklastické ortoruly; *mb* - nerozlišené metabazity železnobrodského vulkanického komplexu (pillow lávy, tufy, tufity); *l* - metakeratofyr, porfyroid železnobrodského vulkanického komplexu; *P* - pikritické metagabro až pikrit (± serpentinizovaný); *d* - metagabro; *v* - vápenec; *q* - křemenec s vulkanogenními vložkami (s chloritoidem a stílnomelanem). Podjednotka 2: *sf* - sericitický fylit; *q* - křemenec; *v* - vápenec (mramor); *af* - albitický fylit; *G* - mylonitizovaná a fylonitizovaná porfyroklastická ortorula; *gff* - grafitický fylit s vložkami rohovců; *β* - bazalty.

Mineralogie ložiska

V haldovině zbylé po těžbě cinabaritu při jz. okraji Jesenného nalezl Reuss (1797) křemen s vtroušeným galenitem a „velké kusy kalcitu“, cinabarit ovšem nenalezl.

Nově byl cinabarit zjištěn autorem v náplavech Jesenského potoka. Odebrány byly vzorky říčního sedimentu cca 300 a 600 m proti proudu potoka od jeho ústí do Kamenice. Těžký podíl sedimentu o velikosti zrn řádově 0.0X - 0.X mm, získaný rýžováním, obsahoval magnetit (dokonalé lesklé oktaedry), hematit (destičky), olivín (nepravidelná žlutozelená zrna i dokonalé automorfní lesklé krystaly), cinabarit (popsán níže), zirkon (bezbarvé až hnědé automorfní sloupcovité krystaly) a granát

(dokonalé oranžově růžové tetragontrioktaedry). Cinabarit tvoří tmavě karmínově červená nepravidelná omlutá zrna velikosti do 0.3 mm. Všechny minerály, včetně cinabaritu, byly ověřeny rentgendifrakční analýzou (provedl J. Sejkora).

Geneze ložiska

Z výše uvedeného vyplývá, že vznik akumulací cinabaritu není bezprostředně spjat s intruzemi vulkanických hornin, ale je mladší, snad variský. I přesto může být původním zdrojem rtuť vulkanismus železnobrodského vulkanického komplexu s tím, že rtuť mohla být později remobilizována a uložena v podobě cinabaritu.

Zmíněné tři výskyty cinabaritu v Jesenném nejsou v oblasti železnobrodského krystalinika, respektive krkonošsko-jizerského krystalinika ojedinělé (Kratochvíl 1957, 1961). Khun (1788 nebo 1789 in Reuss 1797) uvádí, že u Benešova nedaleko Semil (v. od Semil) „vybral častěji naplavenou rumělkou z říčního písku“. Ze Zálesní Lhoty, jiv. od Jilemnice, uvádí Kratochvíl (1930-1931; 1961 a před ním mnozí jiní) cinabarit v podobě jemných karmínových náletů v doprovodu malachitu a azuritu na vrstevních plochách šedočerné břidlice, která tvoří vložku v červených pískovcích.

Kratochvíl (1938) zmiňuje, že profesor František Javorský (1866-1937) „našel na Benecku ve vápenci rumělkou“. Pravděpodobně se jedná o lokalitu Štěpanická Lhota (lom j. od Benecka, sv. od Jilemnice), kterou opět ve spojitosti se jménem profesora Javorského uvádí Tuček (1948 in Kratochvíl 1961). Podle Tučkova popisu (in Kratochvíl 1961) narůstá bradavčitý cinabarit na krystaly kalcitu a zemitý vyplňuje pukliny v mramoru.

Patrně se jedná o stále stejný ojedinělý nález, který se, jak se zdá, zachoval ve sbírce Národního muzea pod inventárním číslem PIN 30 071 a který byl do sbírky zařazen v roce 1939 (nalezen byl v roce 1935). Podle popisu přiloženého ke vzorku má cinabarit tvořit „velmi drobné kuličky mezi klenci kalcitu s hematitem na bílém mramoru“. Velikost vzorku je 9×7 cm, lokalizován je jako „Štěpanická Lhota, sv. Jilemnice“ a jako dárce je uveden J. Kratochvíl. Při aktuální revizi vzbudila tato ukázka určité rozpaky. Jedná se o vzorek bílého zřetelně krystalického mramoru s asi 0.5cm vrstvou hruběji krystalického kalcitu, v němž jsou dutinky se sklenoedry kalcitu velikosti okolo 0.5 cm. Na krystaly kalcitu narůstají shluky tabulkovitých krystalů hematitu. Minerál připomínající cinabarit se na tomto vzorku nachází na několika místech, pouze ovšem v nepatrném množství v podobě práškovitých agregátů a náletů. Vzorek působí dojmem, že cinabarit z něj byla v minulosti již odebrán, pravděpodobně za účelem výzkumu.

7. STUDIUM FLUIDNÍCH INKLUZÍ

7.1 Metodika

Ze sbírky Národního muzea byly ke studiu fluidních inkluzí získány vzorky fylitu a křemene s cinabaritem z lokality Horní Luby. Vzorky z lokality Jedová hora byly získány jednak přímým sběrem v terénu (křemen, siderit, ankerit, cinabarit), dále ze sbírky Národního muzea (siderit, cinabarit) a z ložiskové sbírky Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů (baryt). Z lokalit Bezručice a Jesenný nebyly vzorky k dispozici. Z lokality Svatá rovněž nejsou k dispozici vzorky; ke studiu byl použit dva vzorky s cinabaritem, pyritem a dolomitem z lokality Krušná hora, která je vzdálená cca 5 km od Svaté, má stejnou geologickou pozici a lze proto předpokládat shodný vznik mineralizace s cinabaritem jako ve Svaté.

Z jedenácti vzorků byly ve firmě Diatech, s.r.o. zhotoveny leštěné petrografické výbrusy. Výbrusy byly poté mikroskopicky studovány v procházejícím i odraženém světle, byly identifikovány přítomné minerály a zjišťována přítomnost fluidních inkluzí, jejich velikost a typ. Podle petrografických výbrusů byly vytipovány vzorky vhodné k mikrotermometrickým měřením, tj. vzorky s dostatečným množstvím přiměřeně velkých dvoufázových fluidních inkluzí.

Z vytipovaných vzorků bylo v Laboratořích geologických ústavů Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy zhotoveno 13 oboustranně leštěných destiček o tloušťce 200 μm . Destičky byly nejprve oskenovány (kvůli pozdější zpětné orientaci ve vzorku a případné prezentaci vzorku) a poté byly opět mikroskopicky studovány. Během mikroskopického studia byly vzorky slovně popsány, včetně charakteru přítomných fluidních inkluzí, a nafotografovány. Zároveň byla vybrána místa vhodná k mikrotermometrickým měřením. Poté byly destičky odlepeny od podložního sklíčka a vybraná místa byla ze vzorků vylámana v podobě 1 - 5 mm velkých úlomků. Vlastní měření probíhala na aparatuře značky Linkam a mikroskopu Olympus BX50.

Během mikrotermometrických měření byly měřeny teploty fázových přeměn v inkluzích, a to teplota vymrznutí inkluze, teplota tání CO_2 , teplota tání posledního krystalu ledu, teplota tání klatrátu, teplota homogenizace CO_2 a celková teplota homogenizace fluidní inkluze. U každé měření inkluze byl podle srovnávací tabulky odhadován stupeň jejího zaplnění kapalinou a plynem. Naměřené hodnoty byly nejprve zapisovány do náčrtů měřených míst a poté zaneseny do tabulky sloužící ke statistickému zpracování. V průběhu měření byly měřené úlomky slovně popsány a nafotografovány.

Podle naměřených hodnot fázových přeměn byly jednotlivé úlomky i celé vzorky interpretovány, tzn. že bylo charakterizováno složení a původ fluid, jejich salinita a teploty krystalizace přítomných minerálů. Naměřená data byla graficky zpracována do tabulek a grafů.

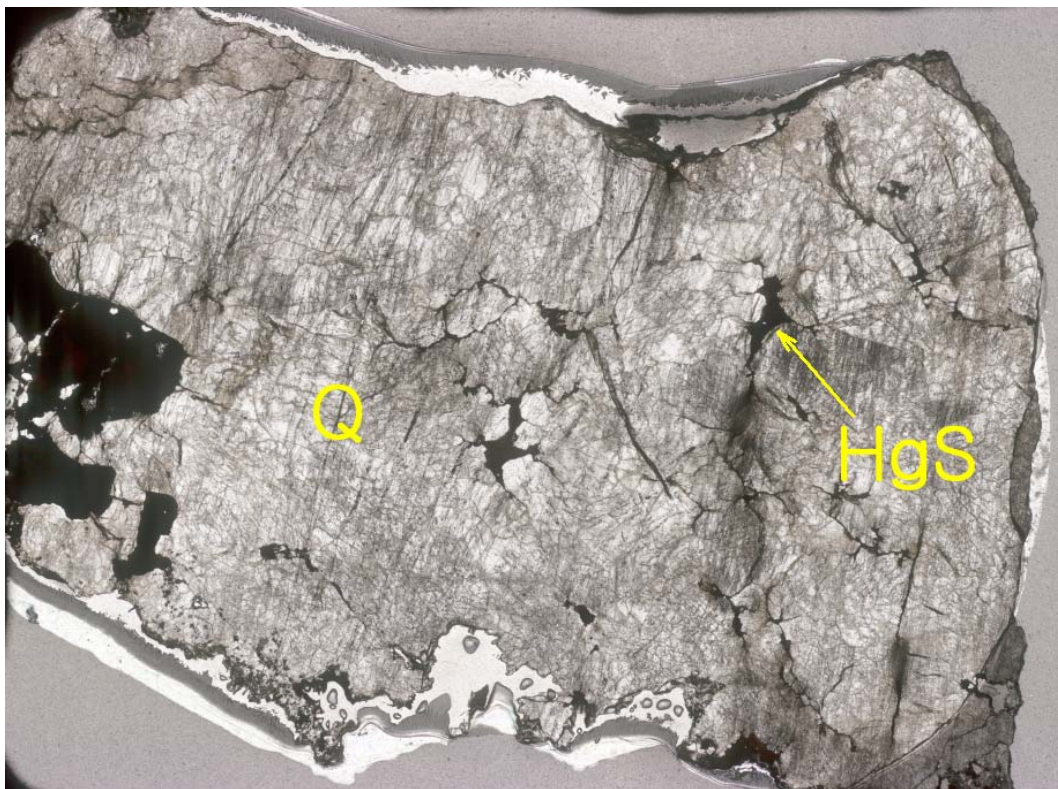
7.2 Horní Luby

7.2.1 Popis vzorků

Vzorek Horní Luby 1 (LB1)

LB1 - popis podle výbrusu (destičky)

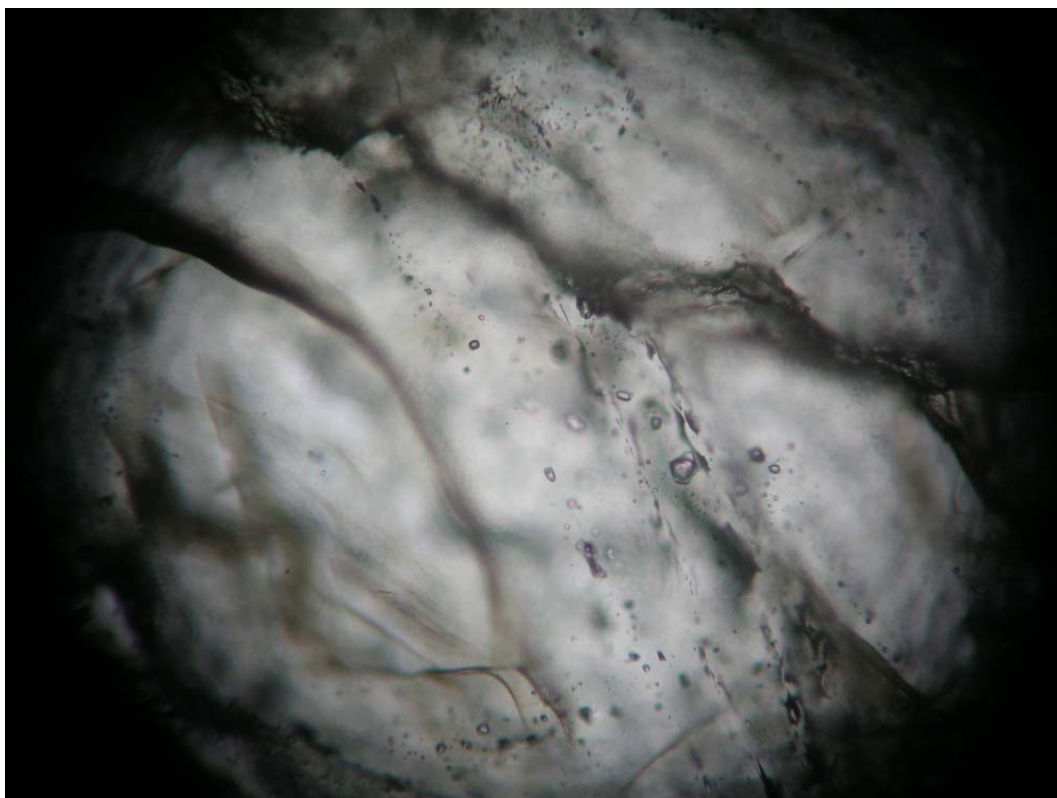
Jde o 3 cm mocnou žílu horninového metamorfního (sekrečního) křemene (Obr. 45). Traily fluidních inkluzí často obsahují i pevné inkluze sulfidů (cinabarit, pyrit). Vzorkem prochází trhlinka s muskovitem, chloritem a karbonátem. V karbonátu je zarostlý cinabarit. Cinabarit je rovněž přítomen i v dalších trhlinách v křemenu a v asociaci s některými inkluzemi. Krystaly křemene velikosti okolo 4 až 5 mm tvoří xenomorfní zrna, která při pozorování se zkříženými nikoly undulózně zhášejí. Žíla křemene obsahuje drobné dutiny, do nichž bývají zrna hypautomorně omezená. Dutiny obsahují cinabarit. Cinabarit proniká také podél hranic zrn křemene, méně i po trhlinách. V části vzorku je vyvinut výrazný systém trailů jednotného směru. V okolí dutin s cinabaritem je křemen relativně průhlednější a není postižen duktilní deformací. Také tento relativně mladší křemen obsahuje traily fluidních inkluzí. Čirý nejmladší křemen v okolí dutin je časově nejbližší krystalizaci cinabaritu, proto by měla mikrotermometrická měření fluidních inkluzí v tomto typu křemene nejspíše odpovídat podmínkám vzniku cinabaritu.



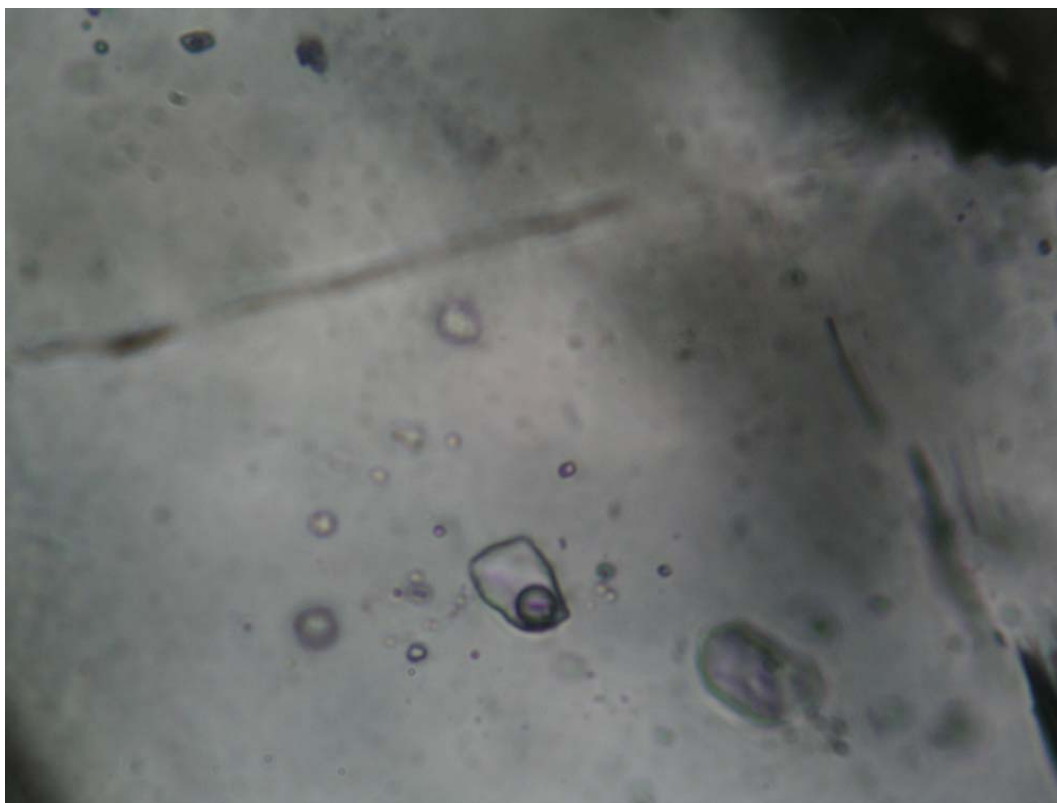
Obr. 45. LB1, křemen, cinabarit, výbrus 3,5 × 2,5 cm. Foto D. Velebil

LB1 - úlomek 1

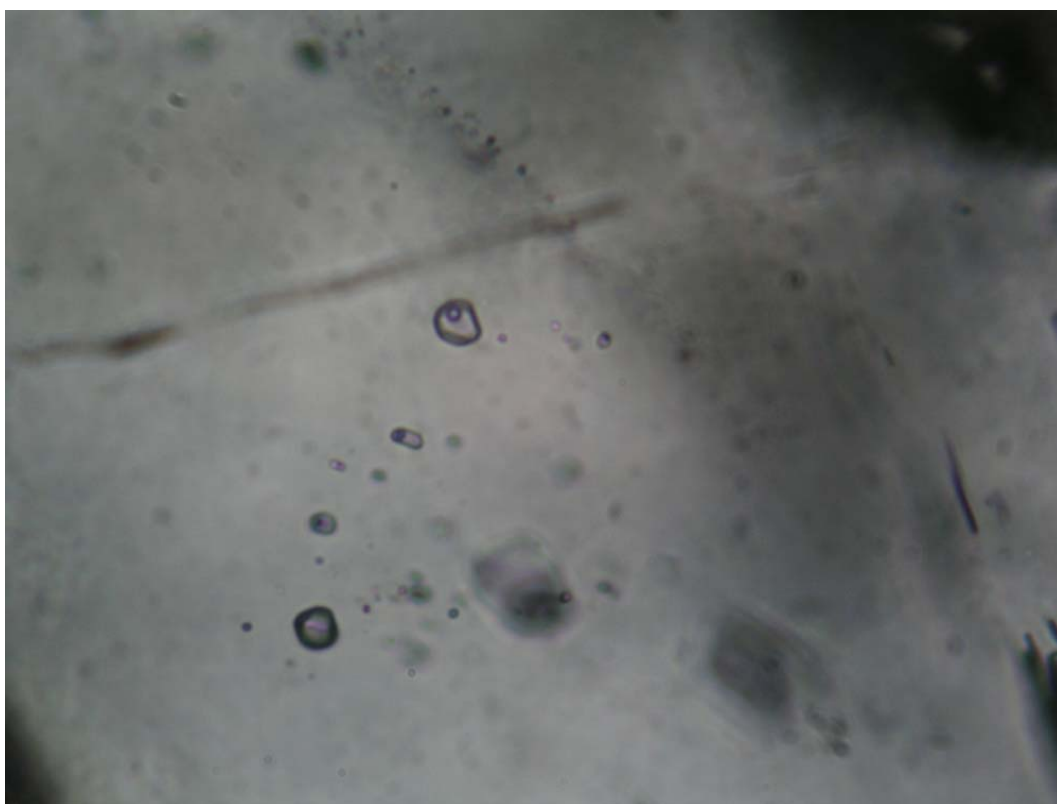
V úlomku (Obr. 46-48) dominují traily jednoho směru označené jako E. Měřeny byly tři skupiny rovnoběžných trailů označené jako A, B, C, které jsou ke směru trailů systému E kosé. Traily systému A obsahují fluidní inkluze, v nichž převládá CO₂ nad H₂O, stupeň zaplnění je 0 až 0,4, zjištěna byla v tomto systému pouze jediná čistě H₂O inkluze bez identifikované příměsi CO₂ (Fv = 0,95). V systému trailů B jsou inkluze s CO₂ převazujícím nad H₂O, stupeň zaplnění je 0 až 0,5. V systému trailů C se vyskytují převážně vodné H₂O inkluze (stupeň zaplnění 0,95), jednou byla zjištěna inkluze s CO₂ výrazně převládajícím nad H₂O. Tyto tři typy inkluzí patrně vznikly zachycením oddělených členů původně homogenního H₂O-CO₂ roztoku.



Obr. 46. LB1 - úlomek 1, šířka záběru 5 mm, traily A, B, C, D. Foto J. Zachariáš



Obr. 47. LB1 - úlomek 1, šířka záběru 0,25 mm, dvoufázová H₂O inkluze (č. 10) na trailu C, Fv = 0,9; Tm-ice = -1,7°C; Th = 165,5°C (L). Foto J. Zachariáš



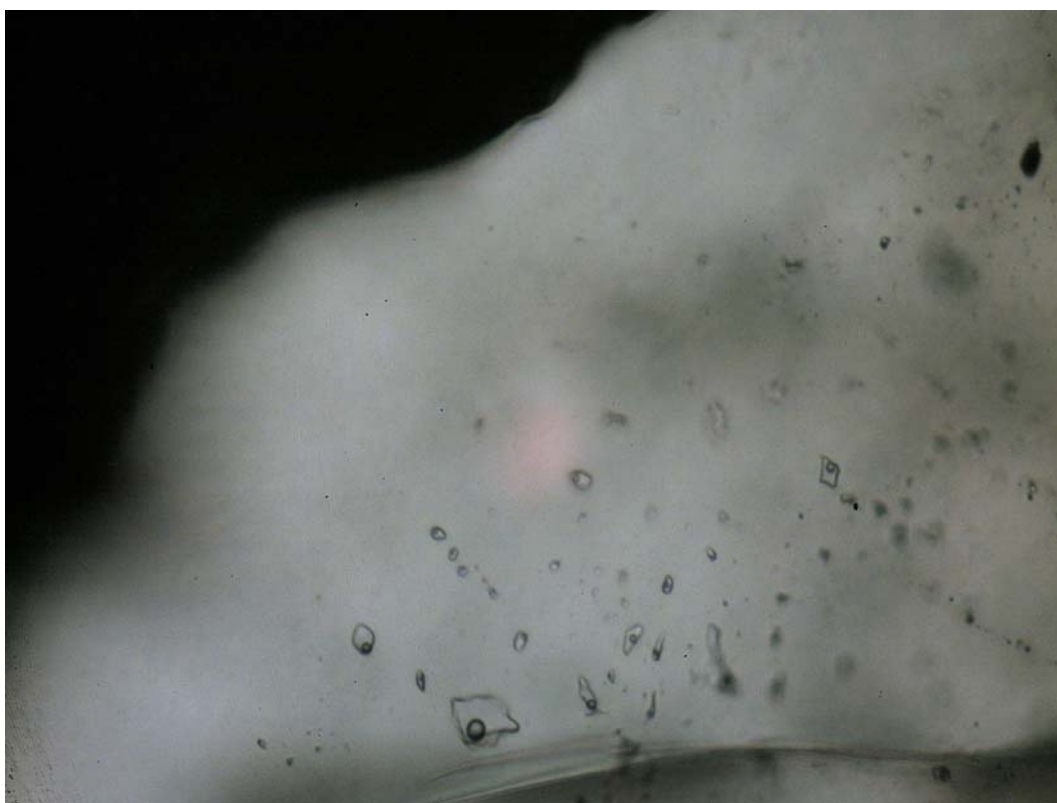
Obr. 48. LB1 - úlomek 1, šířka záběru 0,25 mm, jednofázová CO₂ inkluze (vlevo dole) a dvoufázové H₂O-CO₂ inkluze. Foto J. Zachariáš

LB1 - úlomek 2

Úlomek 2 je tvořen ze 3/4 křemenem a z 1/4 pyritem. Při okraji zrna pyritu je zóna čirého mladšího křemene označená jako oblast 1. Oblast 1 obsahuje H₂O a CO₂ inkluze oválného až mírně nepravidelného tvaru velikosti okolo 15 - 20 μm. V oblasti 1 (Obr. 49) byly vyčleněny traily E, F, G a klastry H1 a H2. Trail E obsahuje H₂O inkluze; v asociaci s nimi je po jednom zrnu cinabaritu a pyritu velikosti okolo 20 - 30 μm. Traily F a G rovněž obsahují pouze H₂O inkluze (stupeň zaplnění 0,95), klastr H1 obsahuje H₂O a CO₂ inkluze, klastr H2 pouze CO₂ inkluze.

V oblasti 2 v zašedlé zóně křemene, v blízkosti čirého křemene, se nachází klastr (3D uspořádání) převážně CO₂ inkluzí stupně zaplnění 0 - 0,1, velikosti 20 - 50 μm, oválného až nepravidelného tvaru, někdy i tvaru negativních krystalů křemene. Ve třech CO₂ inkluzích byly identifikovány ostré výběžky s H₂O. Menší měrou jsou v oblasti 2 zastoupeny H₂O inkluze, v jednom případě byla identifikována H₂O-CO₂ inkluze (F = 0,75).

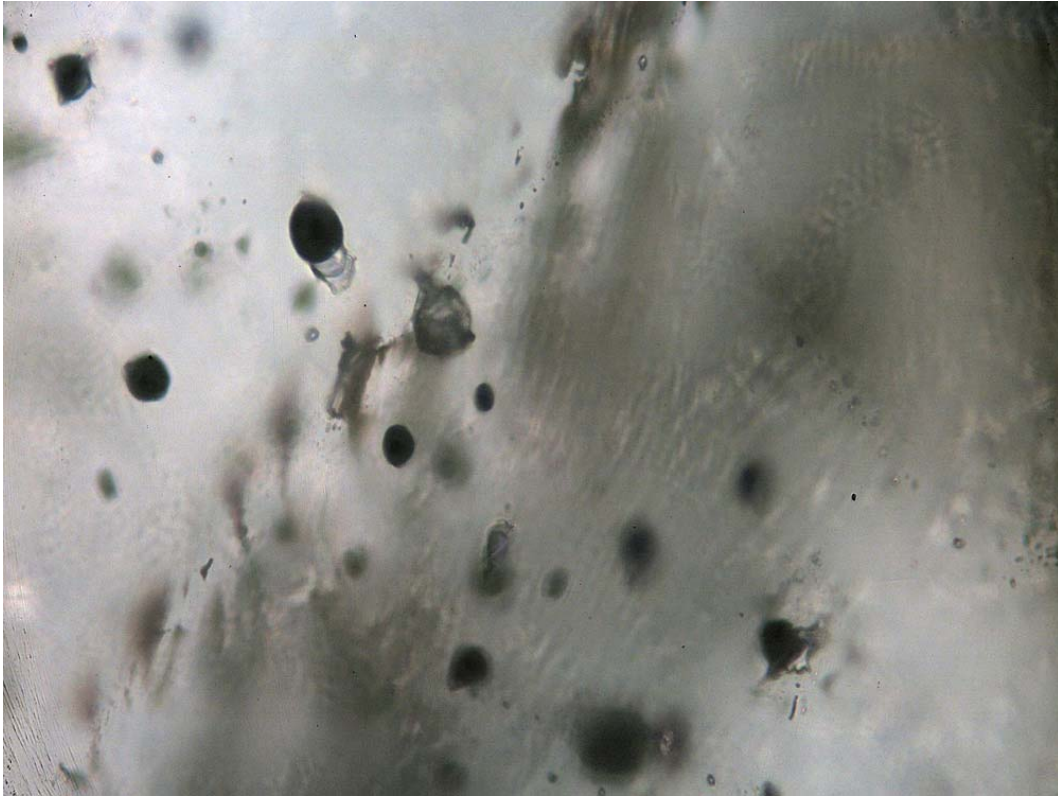
V oblasti 3 v zóně šedavého křemene poblíž velkého zrna cinabaritu jsou hojné vícefázové inkluze a útvary tvořené drobným zrnem pyritu uprostřed, lemovaným kruhovým šedivým lemem. K některým z těchto kruhových (kulovitých ve 3D) útvarů přiléhají při jejich okrajích relativně menší dutiny s fluidy, jiné jsou fluidní inkluzí obklopeny téměř zcela.



Obr. 49. LB1 - úlomek 2, oblast 1, šířka záběru 0,25 mm, dvoufázové H₂O inkluze. Foto J. Zachariáš

LB1 - úlomek 3

Křemen s plochým klastrem tvořeným pevnými rudními inkluzemi cinabarity a pyritu a fluidními CO₂ inkluzemi. Součástí klastru jsou kulovité šedivé útvary se zrnem pyritu uprostřed, k nimž přiléhají fluidní inkluze, popřípadě čiré špičaté výčnělky (Obr. 50).



Obr. 50. LB1 - úlomek 3, šířka záběru 0,25 mm; kulovité šedivé útvary, k některým přiléhají H₂O-CO₂ inkluze.
Foto J. Zachariáš

LB1 – úlomek 4

Křemen se systémem rovnoběžných trailů H_2O-CO_2 inkluzí, k nim kosé jsou dva trailly CO_2 inkluzí a k oběma předešlým systémům je kosý trail tvořený inkluzemi cinabaritu a H_2O inkluzemi - Obr. 53 (v jedné z nich uzavřen pyrit - Obr. 52). V úlomku jsou přítomny hojné kulovité šedivé útvary se zrnem pyritu uprostřed (Obr. 51).



Obr. 51. LB1 - úlomek 4; kulovitý útvar se zrnem pyritu uprostřed a přiléhající fluidní inkluzí, šířka záběru 0,1 mm. Foto J. Zachariáš



Obr. 52. LB1 - úlomek 4, šířka záběru 0,1 mm; dvoufázová H₂O inkluze uzavírající zrno pyritu.
Foto J. Zachariáš



Obr. 53. LB1 - úlomek 4, šířka záběru 0,1 mm; dvoufázové H₂O inkluze. Foto J. Zachariáš

7.2.2 Výsledky a interpretace

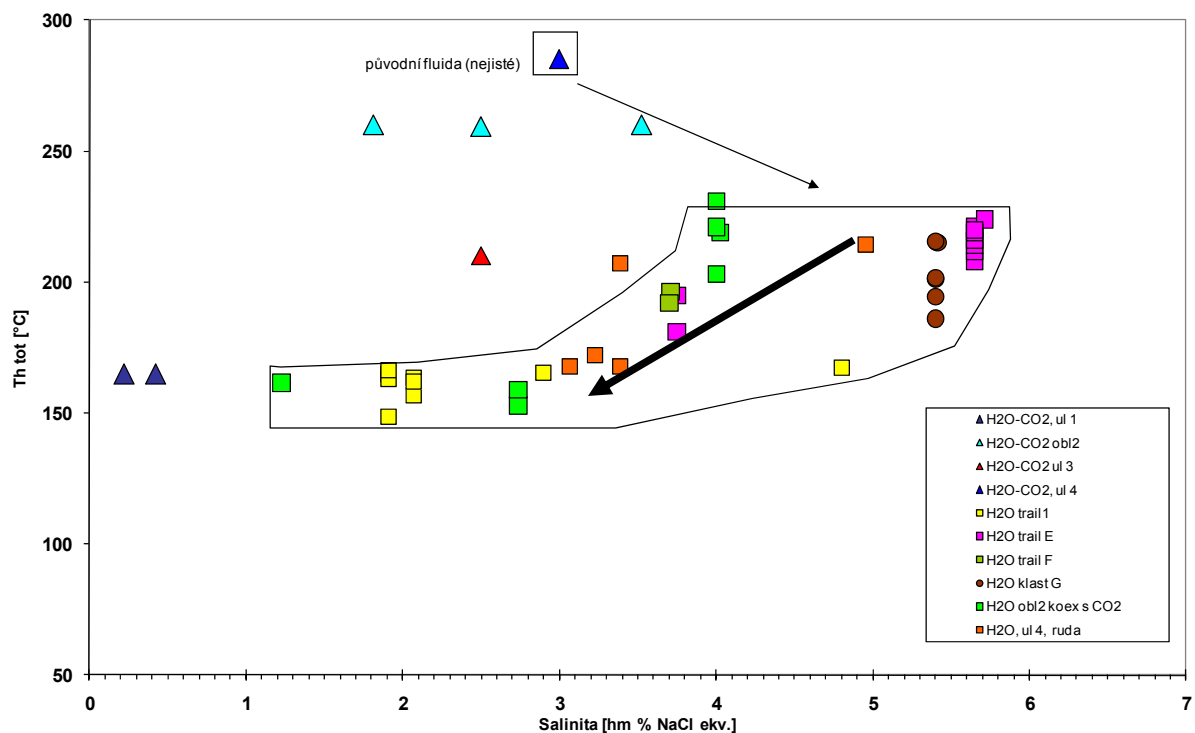
Naměřená data z mikrotermometrických měření fázových přeměn fluidních inkluzí ve vzorku LB1 z Horních Lubů jsou uvedena v příloze I. V úlomku 1 koexistují H₂O, CO₂ a H₂O-CO₂ inkluze v různých trailech. Společná přítomnost těchto tří typů inkluzí indikuje rozpad původně homogenního H₂O-CO₂ fluida na fluida s převládajícím H₂O anebo převládajícím CO₂. Teplota varu se pohybovala mezi 150 - 160°C. Salinita uzavřených fluid vypočítaná z teploty tání klatrátu v H₂O-CO₂ inkluzích a teploty tání posledního krystalu ledu v H₂O inkluzích je relativně nízká, pohybuje se okolo 2 % NaCl_{ekv.}. Z toho se vymykají dvě inkluze ležící samostatně mimo traily, které vykazují salinitu 2,9, respektive 4,8 % NaCl_{ekv.}.

Teplota tání pevného CO₂ (T_{mCO₂}) je v rozsahu -56,6 až -57,5°C, přičemž většina tání probíhá při -56,6°C. Tyto hodnoty indikují velmi malý podíl (0 - 2 mol %) jiných plynů (CH₄ či N₂) v CO₂.

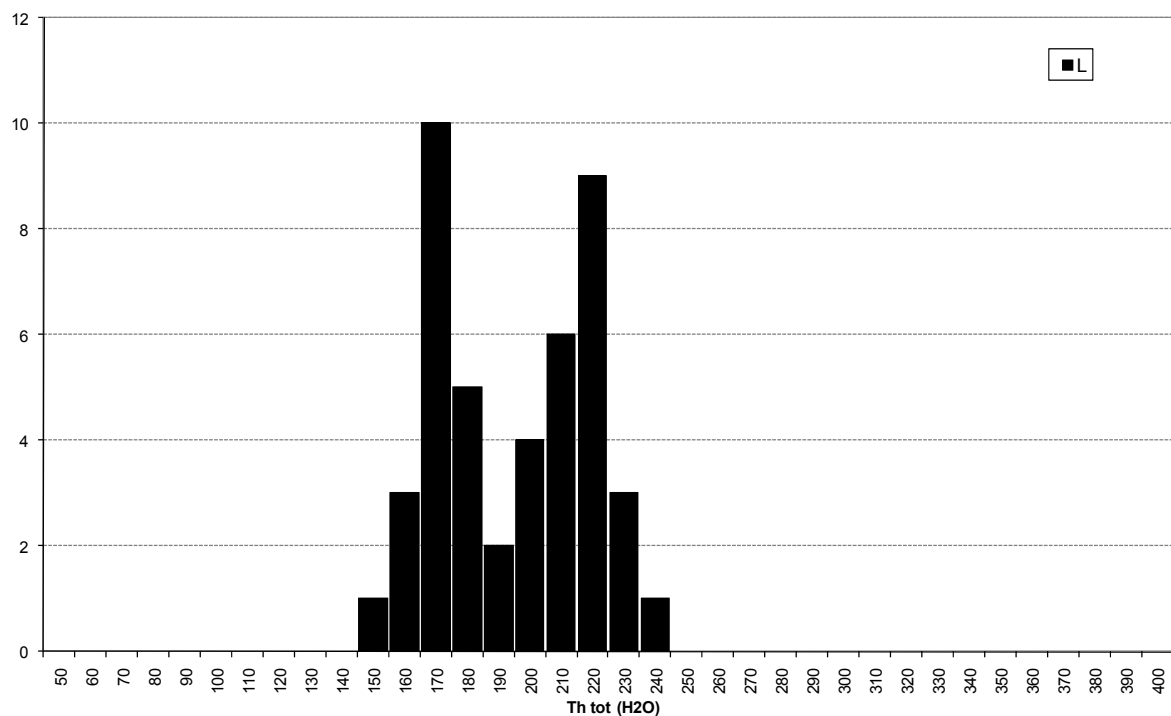
V úlomku 2 ve starší šedé zóně v centru zrna křemene (oblast 2) výrazně převládají CO₂ inkluze nad H₂O inkluzemi. Tato oblast vykazuje dvě skupiny inkluzí s různými teplotami homogenizace, a to jednak okolo 160°C a jednak okolo 220°C. Průměrná salinita fluid s pohybuje okolo 3,5 % NaCl_{ekv.}. Nejmladší čirá zóna při okraji zrna křemene na styku s pyritem (oblast 1 úlomku 2) s převládajícími H₂O inkluzemi vykazuje různé teploty homogenizace: trail E okolo 215°C, trail F s cinabaritem a pyritem okolo 195°C, trail G okolo 202°C a klasty H 180 - 170°C.

V úlomku 3 s převládajícími CO₂ inkluzemi a s kulovitými útvary tvořenými patrně organickou hmotou a zrnem pyritu uprostřed převládají teploty homogenizací okolo 210°C. Úlomek 4 s šedými kulovitými útvary a zrnem pyritu uprostřed, H₂O-CO₂, CO₂ a H₂O inkluzemi obsahuje jednu inkluzi s pevnou fází (pyrit). Zdá se, že tento pyrit byl obsažen již v původním roztoku zachyceném v inkluzi. Teplota homogenizace této inkluze je 215°C, tzn. že tento pyrit krystalizoval při teplotě vyšší než 215°C.

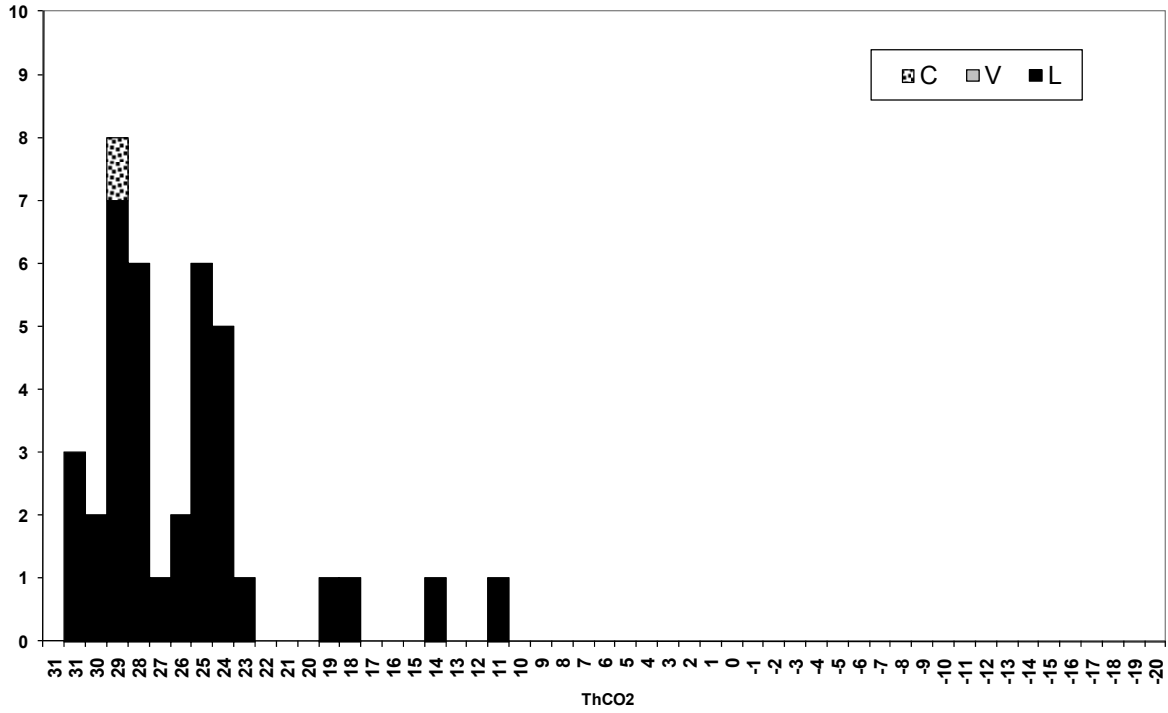
Celkově lze výsledky mikrotermometrických měření interpretovat tak, že pyrit-cinabaritové zrudnění na ložisku Horní Luby vznikalo krystalizací z metamorfních fluid, pro která je charakteristické složení H₂O-CO₂ a relativně nízké salinity. Během ložiskotvorných procesů došlo k rozpadu původně homogenního H₂O-CO₂ fluida (patrně s příměsí metanu) o teplotě nad 250° C na členy bohaté H₂O či CO₂, a to ve více etapách mezi 200 - 150°C. Z teplot homogenizací, odpovídajících teplotám vzniku inkluzí, a vzájemných prostorových vztahů minerálů, fluidních inkluzí a minerálních inkluzí vyplývá, že pyrit krystalizoval při teplotách mezi 220 a 210°C a cinabarit při teplotách mezi 195 a 160°C, oba minerály pak při tlaku mezi 0,5 - 0,7 MPa (viz Obr. 54-58).



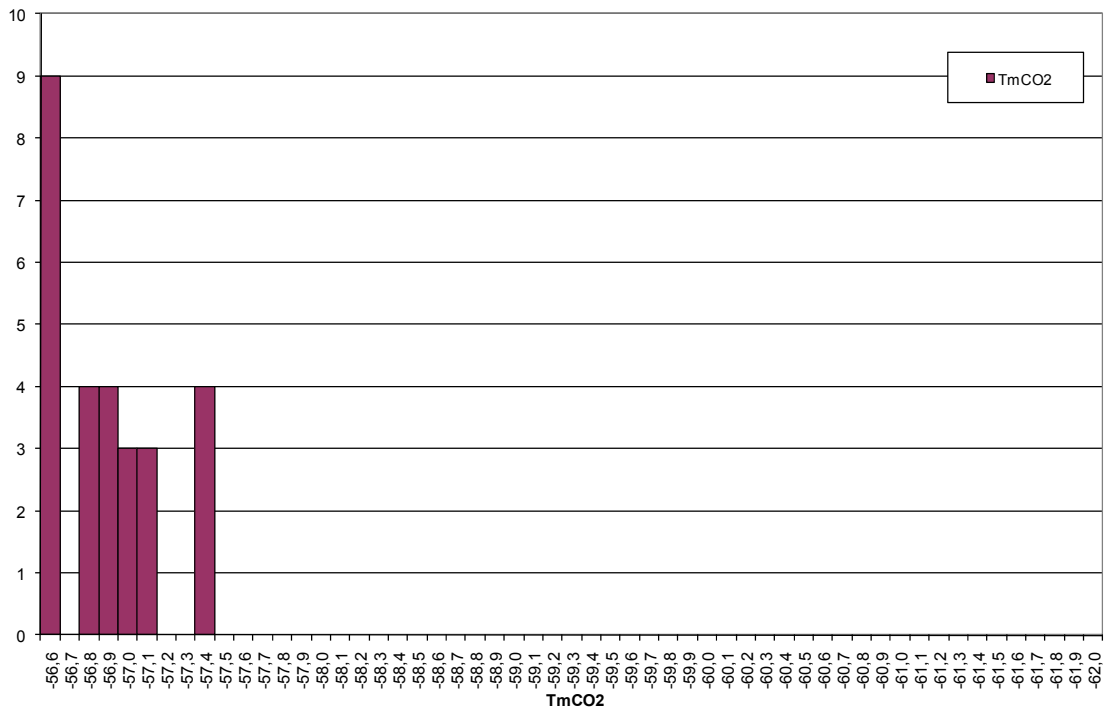
Obr. 54. Lokalita Horní Luby - graf vývoje teploty a salinity fluid v čase podle mikrotermometrických měření fluidních inkluzí



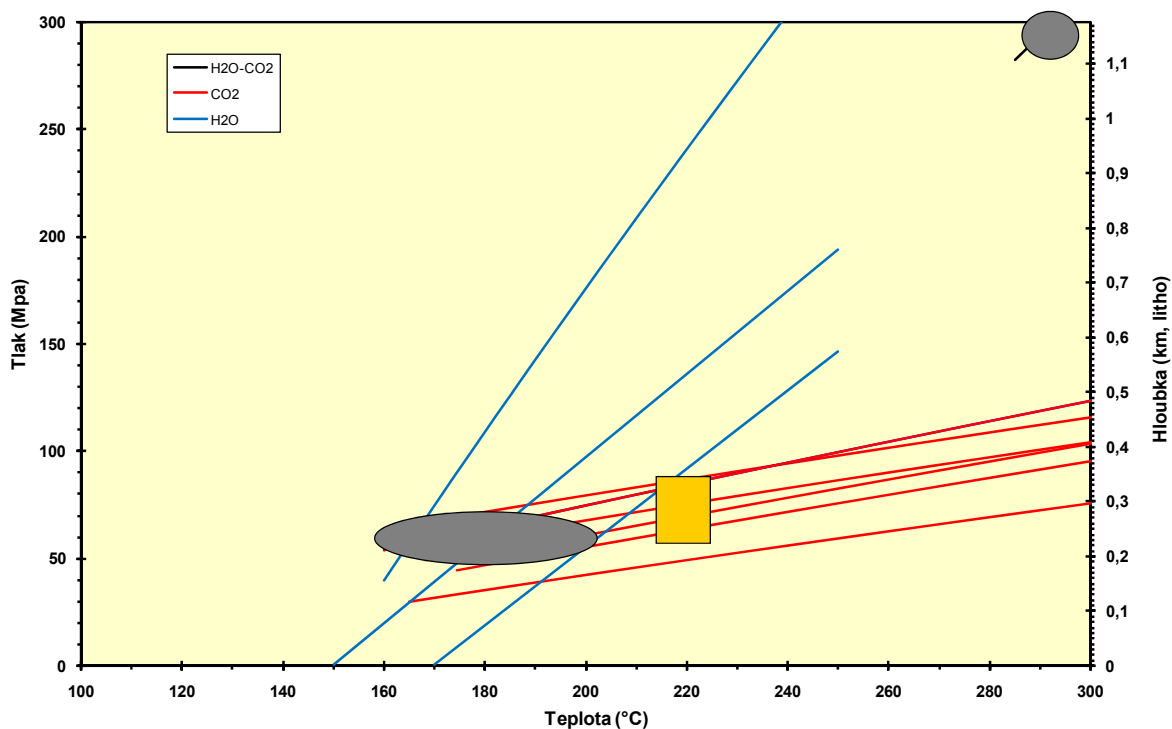
Obr. 55. Lokalita Horní Luby - četnost zastoupení fluidních inkluzí podle celkové teploty homogenizace (°C); fluida byla zachycena ve dvou hlavních vlnách při teplotách okolo 220°C a při teplotách okolo 170°C.



Obr. 56. Lokalita Horní Luby - histogram teplot (°C) homogenizací CO₂ (L - homogenizace na kapalinu, V - na plyn, C - kritická).



Obr. 57. Lokalita Horní Luby - histogram teplot (°C) tání CO₂.



Obr. 58. Horní Luby. Izochory vypočtené podle složení a teplot homogenizace vybraných fluidních inkluzí. Čtvercovým polem je vyznačen počátek krystalizace pyritu. Velkou šedou elipsou je vyznačeno pole odpovídající podmínkám rozpadu a zachycení fluid a zároveň vzniku cinabaritu. Malou šedou elipsou je vyznačeno pole primárních fluid (300 - 280°C, hloubka cca 1 km) odpovídající podmínkám metamorfózy a krystalizaci sekrečního křemene za podmínek litostatického tlaku. Pyrit a cinabarit krystalizovali za nižších tlaků a teplot (220 - 150°C), za podmínek blízkých hydrostatickým a hloubce (0,6 - 1,0 km). Po metamorfóze došlo k odlehčení hornin, vzniku tahových trhlin, po nichž proudila fluida a trhliny mineralizovala.

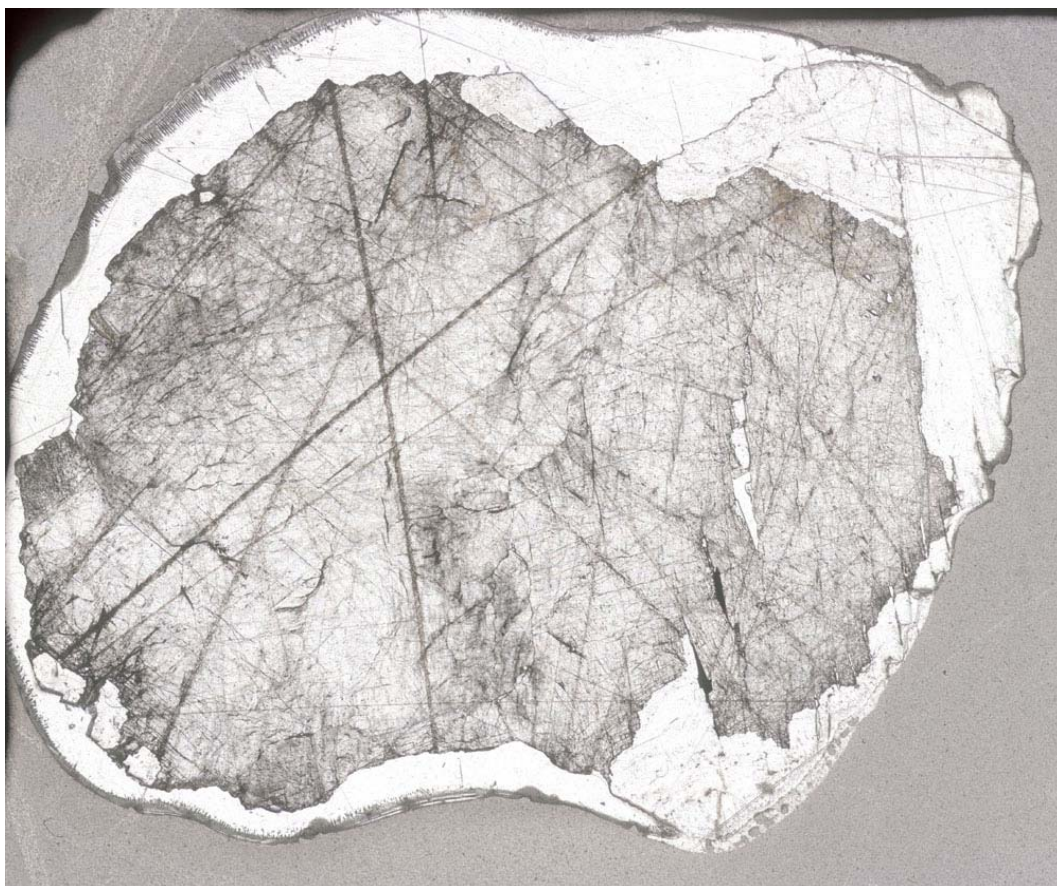
7.3 Jedová hora

7.3.1 Popis vzorků

Vzorek Jedová hora 8 (JH8)

JH8 - popis podle výbrusu (destičky)

Jedná se o hrubě krystalický baryt (Obr. 59) s výrazně vyvinutou štěpností ve dvou směrech, v němž je zachyceno velké množství oválných fluidních inkluzí. Dominují (>95 %) jednofázové kapalně inkluze, které tvoří velké skupiny. V některých trailech se vyskytují velmi tmavé jednofázové plynné inkluze, a to společně s jednofázovými kapalnými a dvoufázovými kapalinou bohatými (asociace varu fluid). Dvoufázové kapalinou bohaté inkluze ($F_v = 0,95$) jsou v některých skupinách častější, jinde naopak zcela chybějí. Ve vzorku se nevyskytuje asociace tvořená jen dvoufázovými kapalinou bohatými inkluzemi. Vzácně se ve vzorku vyskytují dvoufázové plynem relativně bohatější inkluze ($F_v = 0,5 - 0,8$). Primární či sekundární charakter inkluzí nelze spolehlivě určit, nicméně lze předpokládat, že se jedná o inkluze primární.



Obr. 59. Vzorek JH8, baryt, Jedová hora, 3x2 cm. Foto D. Velebil

JH8 - úlomek 1

V úlomku 1 bylo vymezeno pět trailů. V trailu A se vyskytují pouze dvoufázové kapalinou bohaté inkluze, v trailu B převládají dvoufázové plynem bohaté inkluze, v trailu C se nacházejí pouze kapalinou bohaté inkluze (jedno i dvoufázové), v trailu D převládají dvoufázové plynem bohaté inkluze nad dvoufázovými kapalinou bohatými. Mimo traily leží jednofázové plynné i kapalně inkluze a dvoufázové kapalinou bohaté inkluze. Traily A, B a D jsou rovnoběžné.

JH8 - úlomek 2

V úlomku 2 výrazně převládají velmi hojné drobné jednofázové kapalně inkluze nad dvoufázovými kapalinou bohatými ($F_v=0,95$). Všechny inkluze jsou uspořádány v paralelních trailech.

JH8 - úlomek 3

V úlomku 3 převládají hojné jednofázové kapalně inkluze uspořádané v trailech; jen sporadicky se vyskytují dvoufázové kapalinou bohaté inkluze.

JH8 - úlomek 4

V úlomku 4 převládají hojné jednofázové kapalně inkluze uspořádané do shluku a jednoho trailu; dvoufázových kapalinou bohatých inkluzí se v úlomku nachází pouze několik.

JH8 - úlomek 5

V úlomku 5 v oblasti 1 se přibližně stejnou měrou vyskytují jednofázové kapalně inkluze, jednofázové plynné a dvoufázové kapalinou bohaté (asociace varu fluid) - Obr. 60. V oblasti 2 se nachází plochá

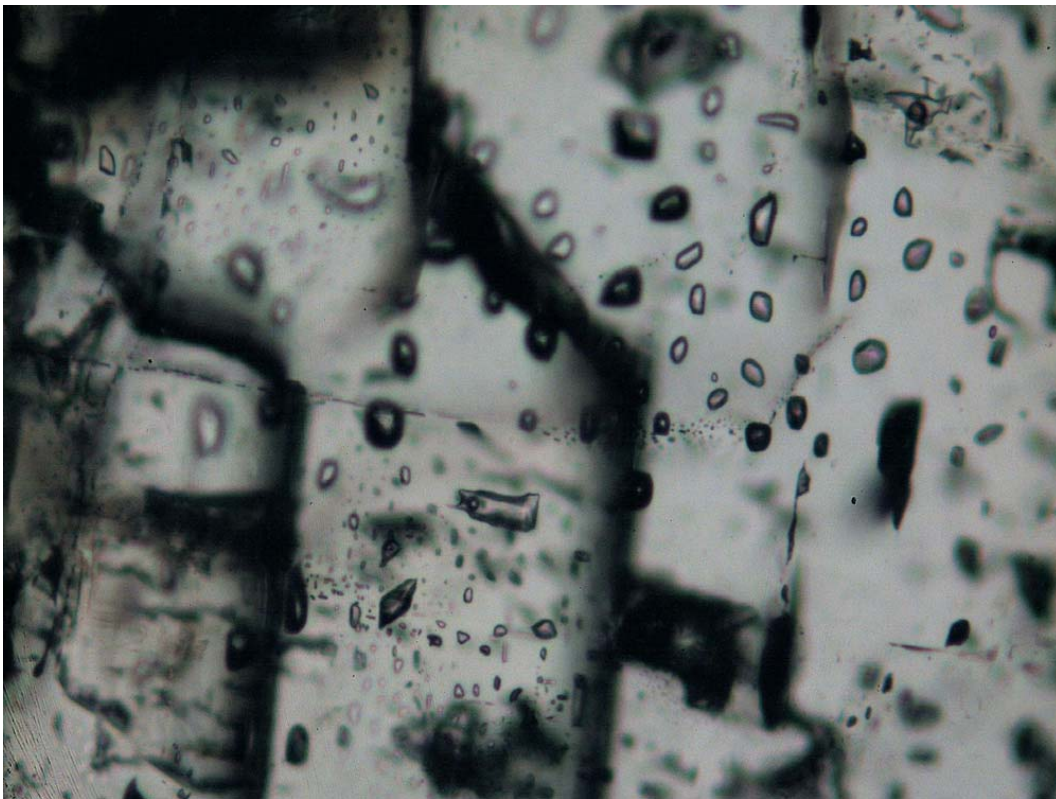
skupina hojných oválných jednofázových kapalných inkluzí, jen sporadicky se v ní objevují plynné inkluze (Obr. 61 a 62).

JH8 - úlomek 6

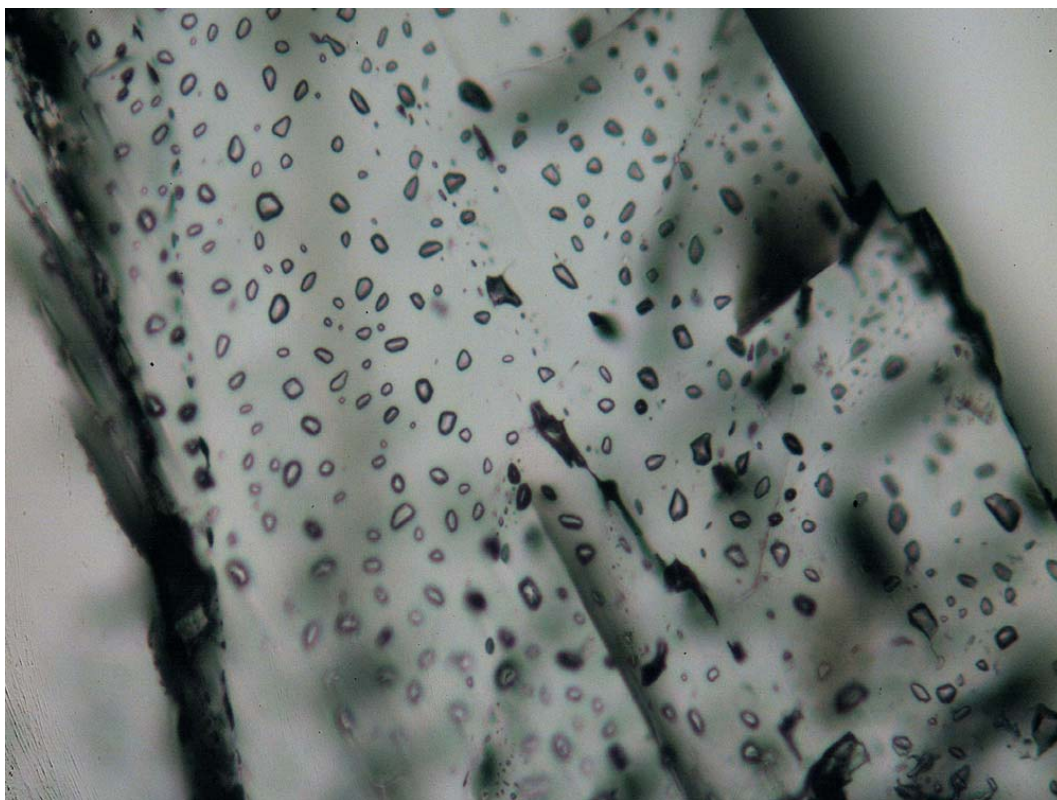
V úlomku 6 se nacházejí různoběžné vějířovitě uspořádané trailly tvořené převážně jednofázovými kapalnými inkluzemi, jen v některých trailech jsou přítomny nehojné dvoufázové kapalinou bohaté inkluze.

JH8 - úlomek 7

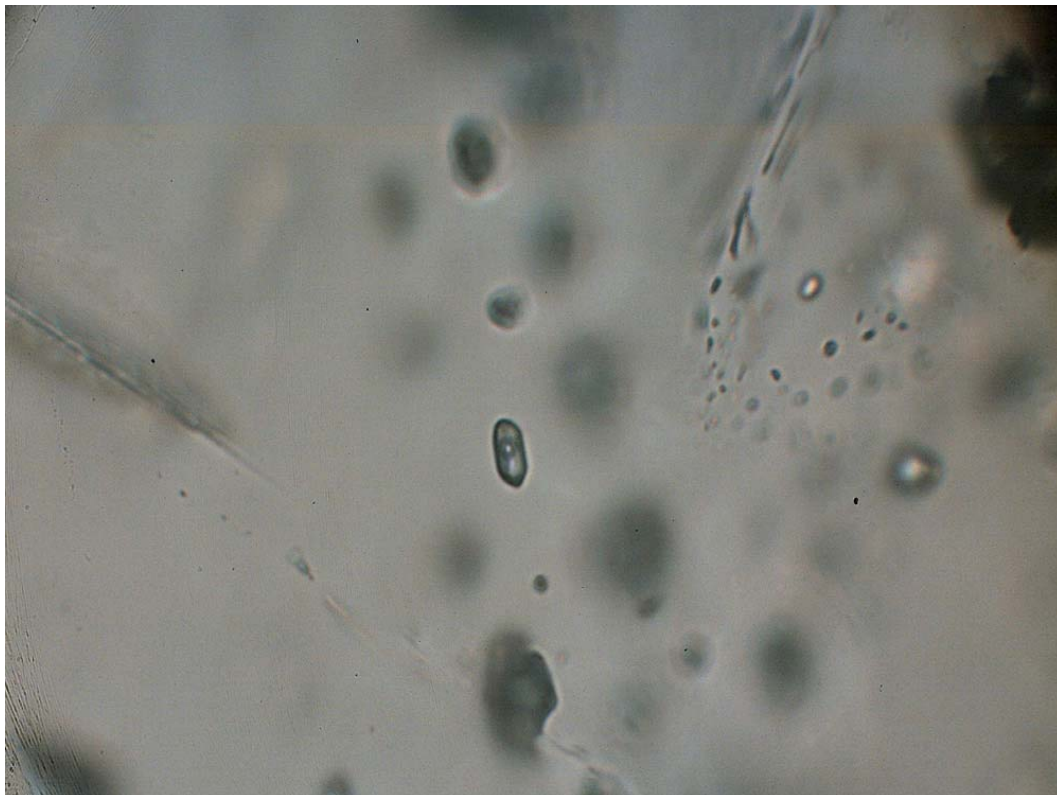
Převážná část úlomku 7 je tvořena plochým trailem, v němž výrazně převládají jednofázové kapalně inkluze nad dvoufázovými kapalinou bohatými, nejméně časté jsou jednofázové plynné inkluze (asociace varu fluid).



Obr. 60. Vzorek JH8 - úlomek 5, oblast 1; jednofázové kapalně inkluze, jednofázové plynné a dvoufázové kapalinou bohaté (asociace varu fluid). Foto J. Zachariáš



Obr. 61 Vzorek JH8 - úlomek 5, oblast 2; plochá skupina hojných oválných jednofázových plyných inkluzí, jen sporadicky se v ní objevují kapalné inkluze. Foto D. Velebil

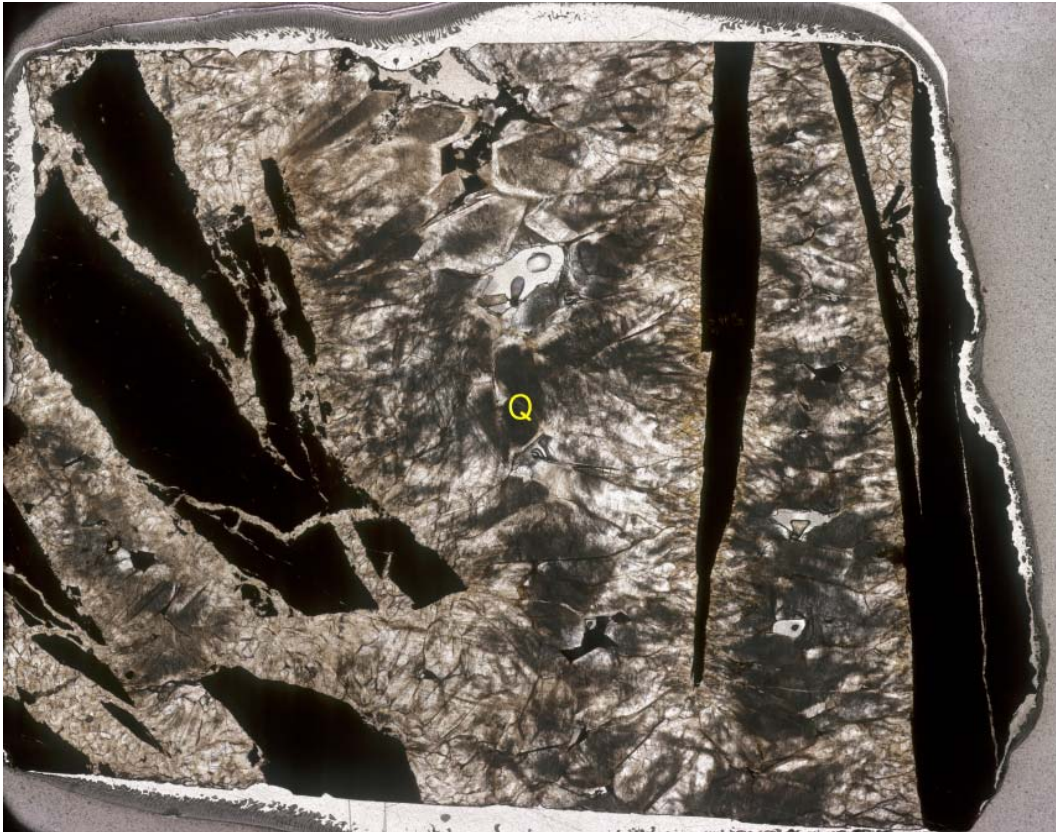


Obr. 62. Vzorek JH8 - úlomek 5, dvoufázová kapalinou bohatá fluidní inkluze na trailu. Foto J. Zachariáš

Vzorek Jedová hora 1 (JH1)

JH1 - popis podle výbrusu (destičky)

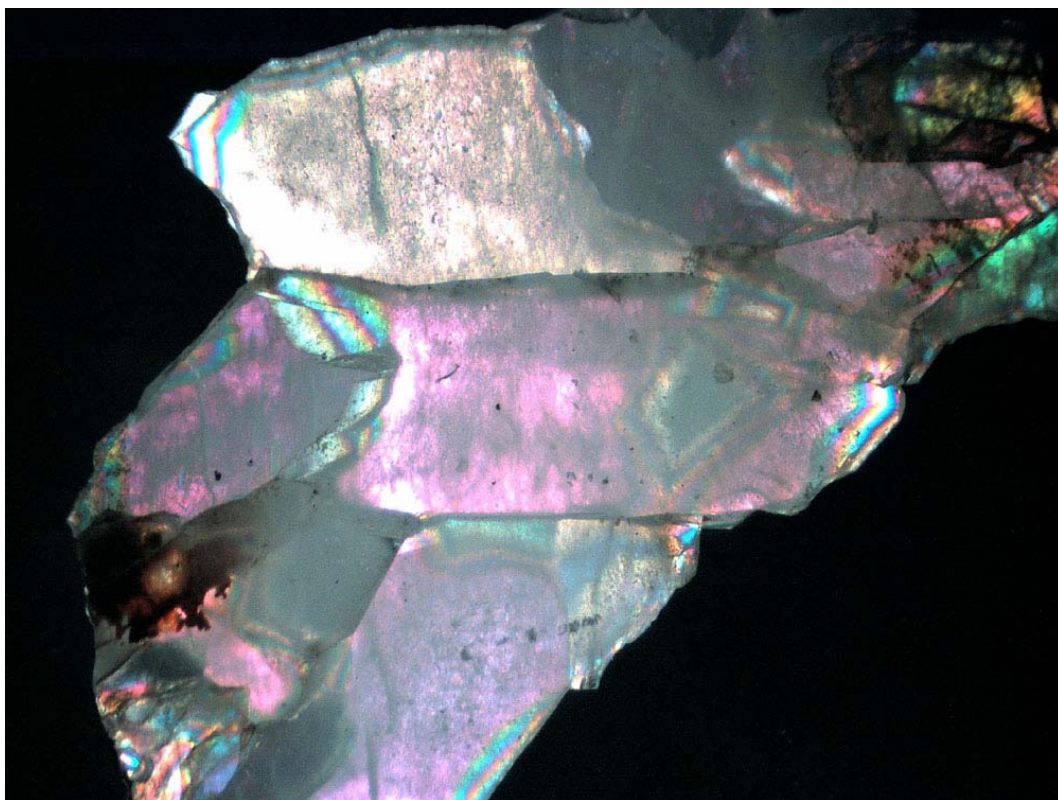
Jedná se o cca 5 cm mocnou zonální žílu křemene; nejmladší křemen ve střední zóně žíly je vyvinut v podobě automorfně omezených krystalů (Obr. 63). Křemen obrůstá několik vrstevnatých úlomků hematitu. Ve výbrusu je patrné, že křemen je uvnitř šedý, a to od velkého množství fluidních, ale i minerálních inkluzí. Pouze nejmladší křemen zcela při okrajích automorfních krystalů je čirý a obsahuje méně hojně, zato dobře patrné měřitelné fluidní inkluze. Převažují inkluze jednofázové kapalně, sporadicky se objevují také dvoufázové kapalinou bohaté inkluze.



Obr. 63. Vzorek JH1, křemen, Jedová hora, 4,5x3,5 cm; příčný řez žilou křemene s hematitem, ve středu žíly automorfní krystaly křemene. Foto D. Velebil

JH1 - úlomek A1c

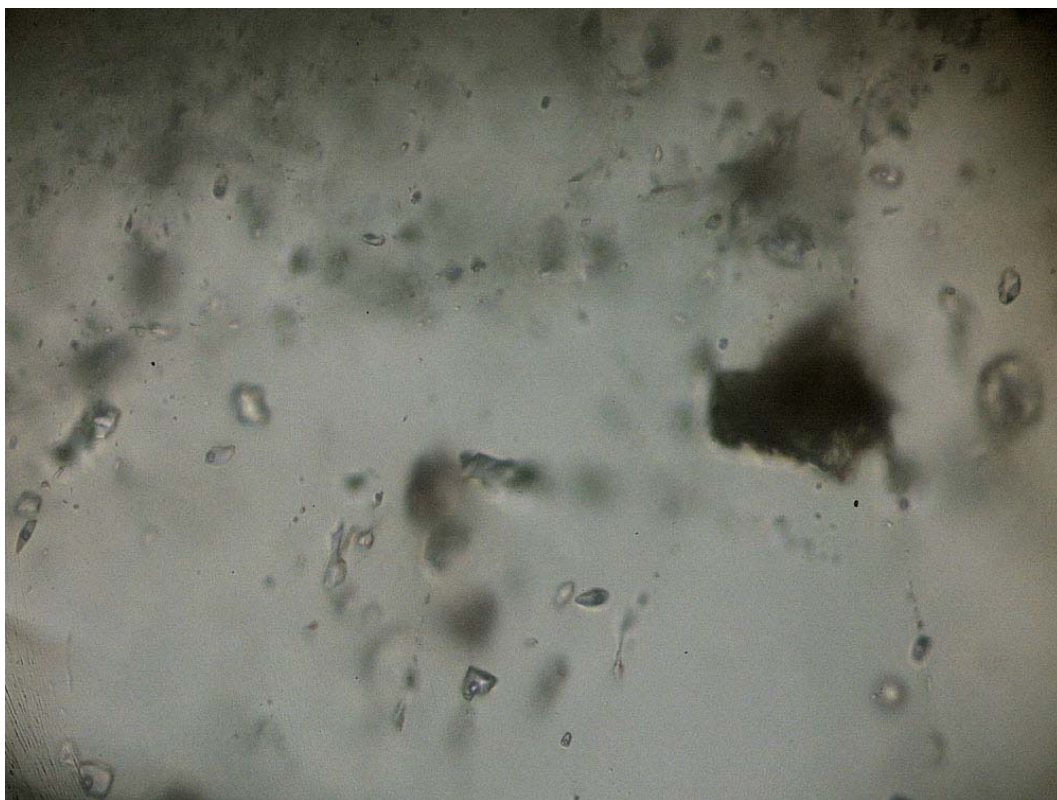
Úlomek A1c (Obr. 64) má šedé jádro (starší křemen) a čiré okraje (nejmladší křemen) - Obr. 65. Měřeno bylo celkem pět oblastí - oblasti 1 až 3 v zóně čirého křemene a oblasti 4 a 5 v zóně staršího šedého křemene. Všechny oblasti obsahovaly převážně jednofázové kapalně inkluze a méně časté dvoufázové kapalinou bohaté inkluze (Obr. 66), přičemž v oblasti 2 ležela většina měřených inkluzí na trailu označeném F.



Obr. 64. Vzorek JH1 - úlomek A1c, šířka záběru 5 mm, křemen při pozorování se dvěma nikoly.
Foto J. Zachariáš



Obr. 65. Vzorek JH1 - úlomek A1, šířka záběru 1 mm, starší šedý křemen, mladší čirý při okraji zrna křemene.
Foto J. Zachariáš



Obr. 66. JH1 - úlomek A1, šířka záběru 0,25 mm, jednofázové kapalně a dvoufázové vodou bohaté fluidní inkluze v křemenu. Foto J. Zachariáš.

JH1 - úlomek A1b

Úlomek A1b pochází z nejmladší čiré zóny křemene. Obsahuje převážně jednofázové kapalně inkluze a menší množství dvoufázových kapalinou bohatých inkluzí ($F=0,95$).

JH1 - úlomek A2

Úlomek A2 pochází z nejmladší čiré zóny křemene. Měřeny byly inkluze uprostřed úlomku, kde se nachází agregát hematitu vyplňující drobnou dutinu mezi automorfne omezenými konci krystalů křemene (Obr. 67). Inkluze se nacházejí v růstové zóně (označena G) křemene, převládají jednofázové kapalně inkluze, méně hojně jsou dvoufázové kapalinou bohaté inkluze.

JH1 - úlomek A5

Úlomek A5 je tvořen převážně šedým křemenem, při okraji v menší míře i čirým křemenem, v němž se při kontaktu s agregátem hematitu vyskytují skupiny s převládajícími jednofázovými kapalnými inkluzemi, méně časté jsou dvoufázové kapalinou bohaté inkluze.

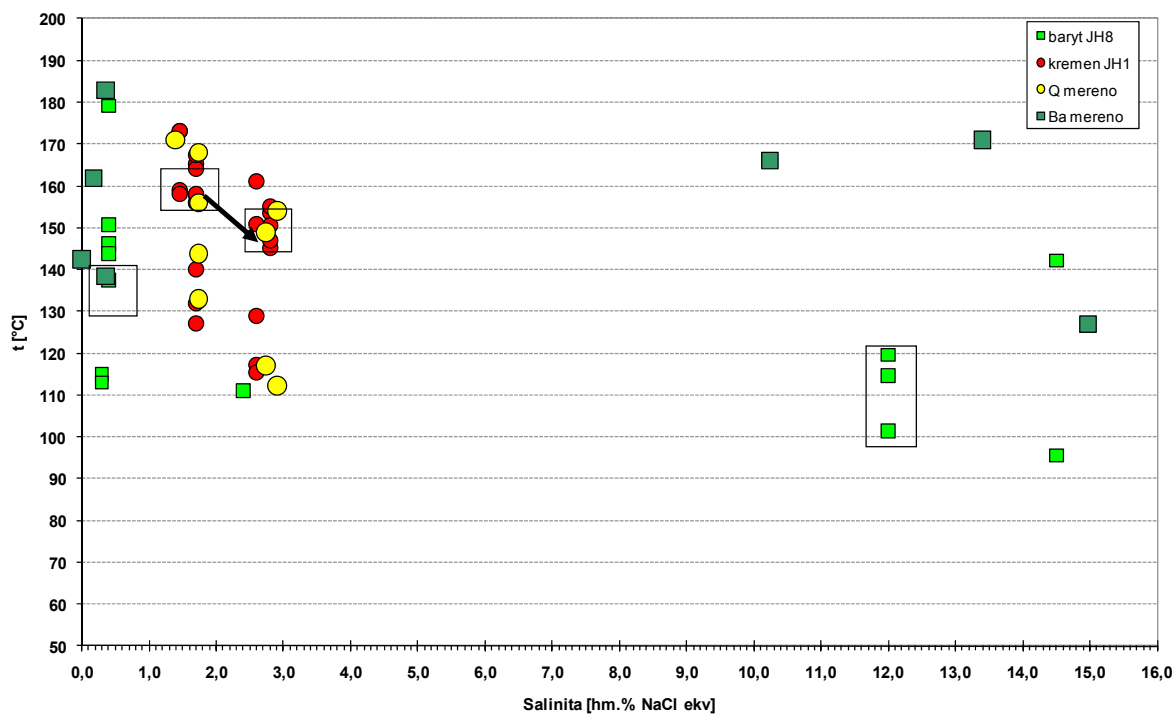


Obr. 67. Vzorek JH1 - úlomek A2, šířka záběru 2 mm; hematit vyplňuje dutinu mezi automorfně omezenými krystaly křemene. Měřeny byly fluidní inkluze ve dvou nejmladších čirých zónách křemene při kontaktu s hematitem. Foto J. Zachariáš.

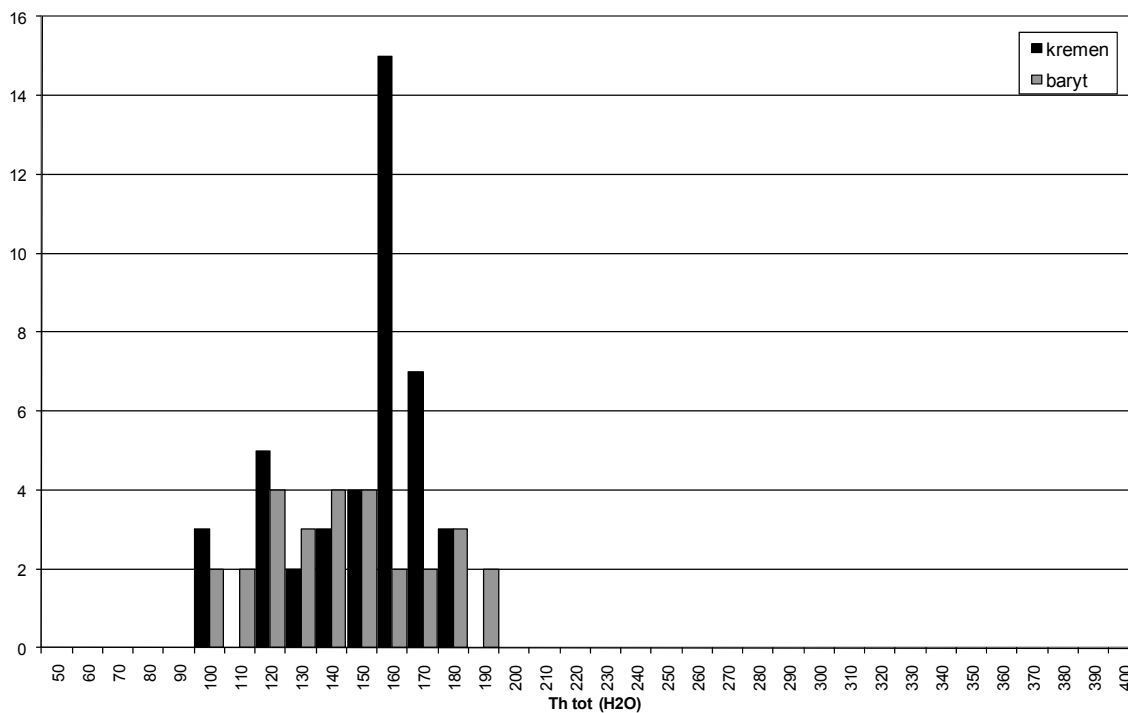
7.3.2 Výsledky a interpretace

Naměřená mikrotermometrická data ze vzorků JH8 a JH1 jsou uvedena v příloze II. V barytu z Jedové hory (vzorek JH8) byly naměřeny dvě skupiny fluidních inkluzí s výrazně rozdílnými salinitami okolo 0,3, respektive 12 hm. % NaCl_{ekv} . Tyto dvě skupiny inkluzí s rozdílnými koncentracemi reprezentují dvě fluida různého původu. Fluidní inkluze s nízkými hodnotami teplot homogenizace okolo 115°C lze považovat za reprezentanty primárního fluida, z něhož během varu fluida, při teplotách okolo 115°C , baryt krystalizoval. Var je indikován přítomností plynných i kapalných inkluzí v této asociaci (asociace 1f V - tmavé a s nimi 1f L a 2f Lr). Inkluze s vyššími hodnotami teplot homogenizace představují buď porušené inkluze anebo indikují kolísání tlaku během procesů růstu žilné výplně.

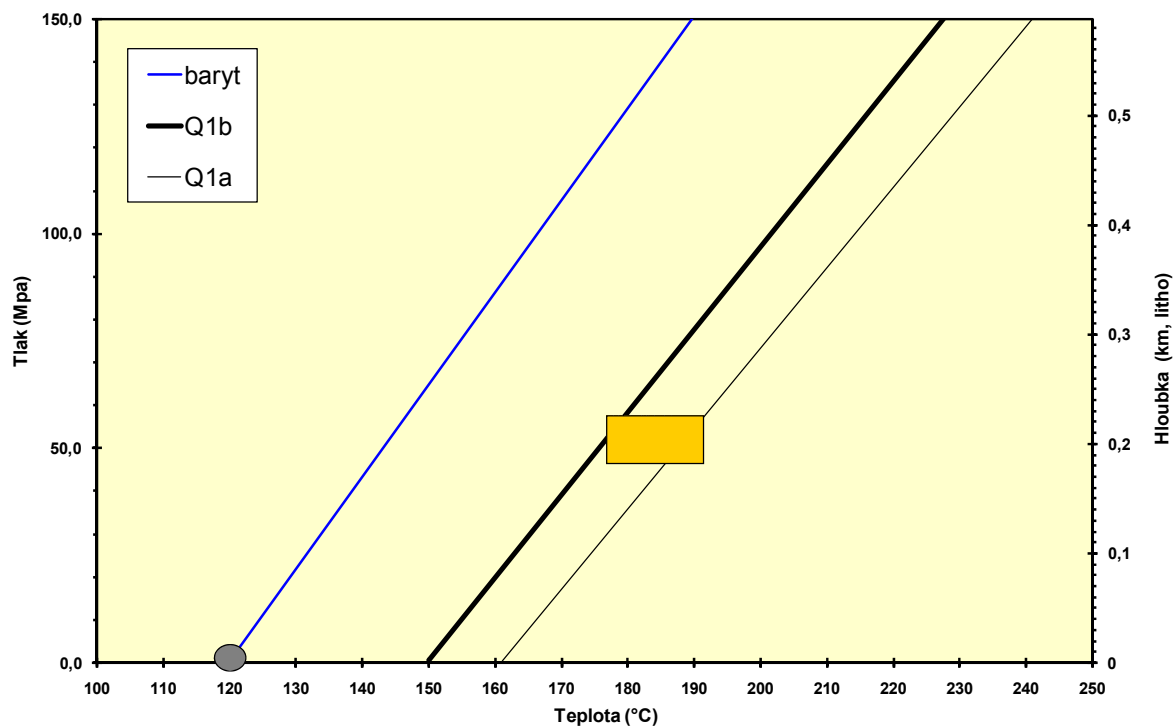
Ve vzorku křemene z Jedové hory (JH1) byly naměřeny zjištěny dvě hlavní skupiny teplot homogenizací. Ve starším šedém křemenu je to $161,5 \pm 5^{\circ}\text{C}$ a v nejmladším čirém křemenu $151 \pm 4^{\circ}\text{C}$ (jednoznačně primární inkluze v růstové zóně křemene). Tento rozsah teplot představuje teplotní interval vzniku křemene. Obě skupiny fluidních inkluzí se zároveň mírně liší hodnotami salinit. Ve starším šedém křemenu je to cca 1,7 hm. % NaCl_{ekv} , v nejmladším čirém okolo 2,7 hm. % NaCl_{ekv} . To vypovídá o mírném zvýšení koncentraci solí během krystalizace křemene. Méně časté inkluze s nižšími teplotami homogenizací jsou patrně sekundární (Obr. 68-70).



Obr. 68. Lokalita Jedová hora - salinity a teploty homogenizace fluidních inkluzí ve vzorcích barytu a křemene. Skupiny inkluzí označené obdélníky reprezentují pravděpodobně podmínky vzniku minerálů. Velké rozpětí teplot homogenizace je dáno patrně druhotným porušením části inkluzí (hlavně v barytu) nebo procesem „necking down“. Šipka značí trend v krystalizaci křemene (starší → mladší). Menšími symboly jsou vyznačeny fluidní inkluze, u nichž byla jedna z hodnot (zpravidla salinita) odvozena podle analogie s jinými inkluzemi stejného typu; větší symboly - obě hodnoty byly změřeny přímo.



Obr. 69. Lokalita Jedová hora - histogram teplot homogenizací fluidních inkluzí v křemenu (černá) a barytu (šedá). Dvě maxima odpovídají teplotám vzniku křemene (160°C) a barytu (115°C).



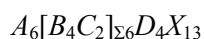
Obr. 70. Lokalita Jedová hora - izochory vypočtené podle složení a teplot homogenizace vybraných fluidních inkluzí. Elipsou vyznačeny pravděpodobné podmínky vzniku barytu, obdélníkem křemene.

8. JEDOVÁ HORA - STUDIUM CHEMISMU TETRAEDRITŮ

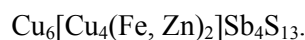
Mezi relativně vzácnější sulfidy, které se vyskytují na ložisku Jedová hora patří tetraedrit. Vzhledem k přítomnosti cinabaritu, respektive rtuti na ložisku Jedová hora, a vzhledem k široké izomorfii ve struktuře skupiny tetraedritu, bylo možné očekávat, že tetraedrity z Jedové hory budou vykazovat neobvyklý chemismus, tzn. zvýšené obsahy rtuti. Obsahy rtuti v tetraedritech z Jedové hory nebyly až doposud zkoumány.

Skupina tetraedritu, přehled výzkumů Hg-tetraedritů

Krystalochemii skupiny tetraedritu nově shrnují Makovicky (2006) a Moëlo et al. (2008). Ve struktuře tetraedritu jsou dnes rozlišovány čtyři strukturální pozice, v nichž se vyskytují různé prvky. Obecný vzorec minerálů skupiny tetraedritu vypadá takto (Arlt, Diamond 1998; Moëlo et al. 2008):



V první pozici (*A*; trigonální koordinace) se zastupuje Cu s Ag, ve druhé (tetraedrické) jednak Cu s Ag (*B*) a jednak Fe, Zn, Hg, Cd, Mn (*C*) (v přírodních fázích obvykle $4B+2C$), ve třetí (*D*; trigonální) Sb, As, Bi, Te a ve čtvrté (*X*) S a Se. V posledním případě (*X*) jde vlastně o dvě samostatné pozice - tetraedrickou (12 *apfu*) a oktaedrickou (1 *apfu*) (Foit, Ulbricht 2001; Moëlo et al. 2008). Podle Mozgovy (1985) vstupuje do struktury tetraedritů ještě Sn, Co, Pb, Au. Ideální strukturální vzorec tetraedritu vypadá podle Moëla et al. (2008) takto:



Hg-tetraedrit z tyrolského Schwazu označil v roce 1849 mineralog H. Weidenbusch jako „schwazit“ (Arlt, Diamond 1998; Karup-Møller, Makovicky 2003); Hg-tetraedrit ze slovenského ložiska Rudňany (dříve Kotrbach) označil v roce 1853 mineralog F. von Kobell jako „spaniolit“ (Moravec 2007). Tetraedrity ze Schwazu obsahují průměrně 1.8 (max. 9.4 ~ 0.82 *apfu*) hm. % Hg (Arlt, Diamond 1998; 1167 analýz), tetraedrity z Rudňan až 16.4 hm. % Hg (Nováček 1942), resp. 17.5 hm. % (Hak 1961). Hg-bohaté tetraedrity se vyskytují i na dalších lokalitách. Tak například tetraedrity z Rožňavy obsahují podle Nováčka (1942) až 17.2 hm. % Hg (Novák 1959 uvádí pro tetraedrity ze stejné lokality obsahy Hg pouze 0.2 - 2.2 hm. % ~ 0.02 - 0.19 *apfu*), tetraedrity z Maškary v Bosně obsahují 9 hm. % (Nováček 1942).

Nejvyšší obsahy rtuti v minerálech skupiny tetraedritu byly zjištěny na ruských lokalitách Kulpolněj na Čukotce (až 21.49 hm. % ~ 1.83 *apfu*; tennantit $As \gg Sb$) a Terlig-Chaja v Tuvě (20.99 hm. % ~ 1.96 *apfu*; $Sb > As$) (Mozgova et al. 1977). Foit a Ulbricht (2001) zjistili v mikroskopických zrnech minerálů tetraedrit-tennantitové série z důlního revíru Steens-Pueblo v Oregonu (USA) proměnlivé obsahy Hg; nejvyšší činil 21.3 hm. % Hg (~ 2 *apfu*). Litochleb et al. (2000) zjistili na vzorku z lokality Mníšek pod Brdy - Skalka zonální zrna Zn-tetraedritu; okraje zrn obsahovaly až 7.31 hm. % Hg (~ 0.63 *apfu*). Karanović et al. (2003) popsali tetraedrit z lokality Dragodol v Srbsku, který obsahuje až 17.63 hm. % Hg (~ 1.64 *apfu*).

Chemické složení velkého množství vzorků přírodních i syntetických tetraedritů, včetně Hg-tetraedritu studovali Johnson et al. (1986). Karup-Møller a Makovicky (2003, 2004) studovali zastupování prvků ve struktuře syntetických Hg-tetraedritů a vztah mezi obsahem Hg a dalších prvků v minerálech tetraedritové skupiny a parametrem základní buňky (Karup-Møller a Makovicky 2003, 2004).

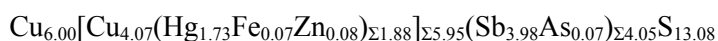
Hg-tetraedrit z Jedové hory

Analyzována byla čtyři zrna tetraedritu z Jedové hory (mineralogická sbírka Národního muzea - vzorky P1N 9960 a P1N 9961) - Obr. 71-73, přičemž bylo zjištěno, že mají velmi vysoký obsah rtuti, jeden z nejvyšších u tetraedritu dosud zjištěný. Výsledky analýz a příslušné počty atomů na vzorcovou jednotku (hodnoty *apfu*) jsou prezentovány v Tab. 7. Chemismus Hg-tetraedritu (9 bodových analýz)

byl stanoven na elektronové mikrosondě Cameca SX 100 v Brně (Laboratoř elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, společné pracoviště ÚGV PŘF MU a ČGS, analytici R. Škoda a P. Gadas).

Analýzy byly provedeny za těchto podmínek: vlnově disperzní mód (WDX), urychlovací napětí 25 kV, proud 20 nA, průměr svazku 0.8 μm (maximální zaostření). Bylo použito těchto standardů: Ag (Ag Lα), chalkopyrit (S Kα), Sb (Sb Lβ), galenit (Pb Mα), Bi (Bi Mβ), CdTe (Cd Lβ), HgTe (Hg Mα), pyrit (Fe Kα), Co (Co Kα), pararammelsbergit (Ni Kα, As Lβ), Cu (Cu Kα), PbSe (Se Lβ), ZnS (Zn Kα) a PbCl₂ (Cl Kα). Načítací časy na peaku (CT) byly 20 s, CT pro obě pozadí byla 10 s. Naměřené intenzity byly přečteny na koncentrace za použití automatického PAP programu (Pouchou, Pichoir 1985). Síra byla načítána jako první prvek.

Zkoumaná zrna tetraedritu jsou podle BSE obrazu chemicky homogenní, zonalita nebyla pozorována. Průměrný obsah rtuti v zrnech tetraedritu je 18.26 (17.52 - 18.73) hm. %, což odpovídá průměrně 1.73 *apfu*; vysoký je obsah Cu (průměrně 33.71 hm. % ~ 10.07 *apfu*); velmi nízký je obsah Fe a Zn; Sb zcela převládá nad As; další zjišťované prvky buď nejsou přítomny vůbec (Pb, Bi, Ni) anebo jen ve stopách (Ag, Cd, Co, Se). Z výsledků chemických analýz zkoumaných zrn tetraedritu z Jedové hory byl vypočten empirický strukturální vzorec (hodnoty devíti analýz byly zprůměrovány, přepočet na sumu kationtů Cu+Hg+Fe+Zn+Sb+As = 16):

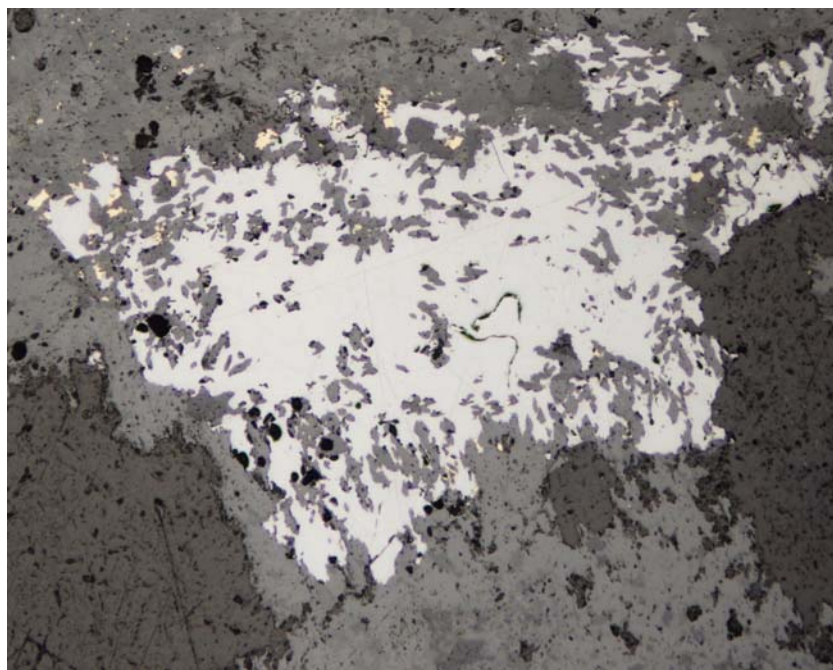


Podle současného pojetí je analyzovaný tetraedrit z Jedové hory poměrně čistým krajním členem skupiny tetraedritu s naprostou převahou ^{III}Cu, ^{IV}Cu, Hg, Sb a S v jednotlivých pozicích. Ve druhé strukturální pozici (s tetraedrickou koordinací) obecně označované jako B+C (B+C = 6, v přírodních tetraedritech většinou 4B + 2C) (Moëlo et al. 2008) zcela převládá měď (B = 4.07 *apfu*) a rtuť (C = 1.73 *apfu*). Tetraedrit definovaný jako samostatný minerální druh (tetraedrit s. s.) má v „pozici“ C železo a zinek (viz výše). Zkoumaný Hg-tetraedrit z Jedové hory, ve kterém Hg velmi výrazně převládá nad Zn a Fe, může být potenciálně novým samostatným minerálním druhem, jehož chemismus se blíží ideálnímu teoretickému vzorci ^{III}Cu₆^{IV}[Cu₄Hg₂]Sb₄S₁₃. Takovýto ideální vzorec čistého Hg-tetraedritu byl analogicky odvozen od ideálního vzorce tetraedritu s. s. (Moëlo et al. 2008). Arlt a Diamond (1998) uvádějí ideální vzorec čistého Hg-tetraedritu v takovéto podobě: Cu₁₀Hg₂Sb₄S₁₃. Substituce prvků ve struktuře minerálů tetraedritové skupiny nebyla zatím spolehlivě dořešena, takže klasifikace této skupiny nebyla dosud navržena a tedy ani přijata (Mezinárodní mineralogickou asociací IMA). Určitým pokusem o zpracování klasifikace minerálů tetraedritové skupiny byla práce Mozgovy (1985).

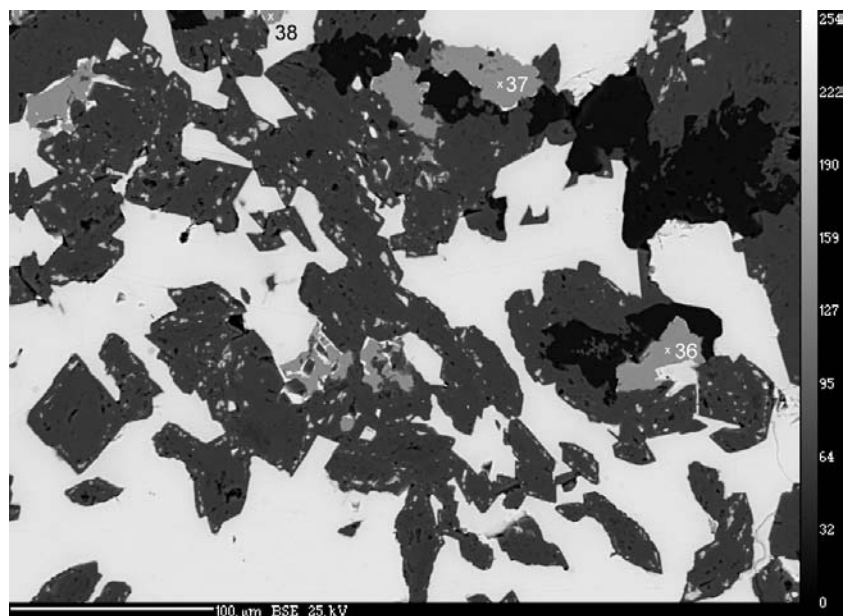
Spolu s tetraedrity z lokality Jedová hora byly analyzovány i tetraedrity z lokalit slovenských a z lokality Maškara v Bosně, o nichž se buď ví anebo předpokládá, že rtuť obsahují. Výsledky těchto analýz zde lze pro srovnání rovněž stručně uvést: šest vzorků tetraedritu z Rudňan obsahovalo 5, 19, 18, 16 a 6 hm. % Hg (první tři konstatní složení, poslední dva co do obsahu Hg zonální), tři vzorky tetraedritu z Rožňavy obsahovaly 18, 1.5 a 0.8 hm. % Hg, dva vzorky tetraedritu z Nižné Slané obsahovaly 12 a 15 hm. % Hg, vzorek z Rudné u Rožňavy 0.8 hm. % Hg, vzorek ze Slovinek 0,3 hm. % Hg, tři vzorky z Maškary 9, 8 a 2 hm. % Hg.

Tab. 5. Elektronová mikroanalýza tetraedritů z Jedové hory – hmotností procenta a příslušné hodnoty apfu

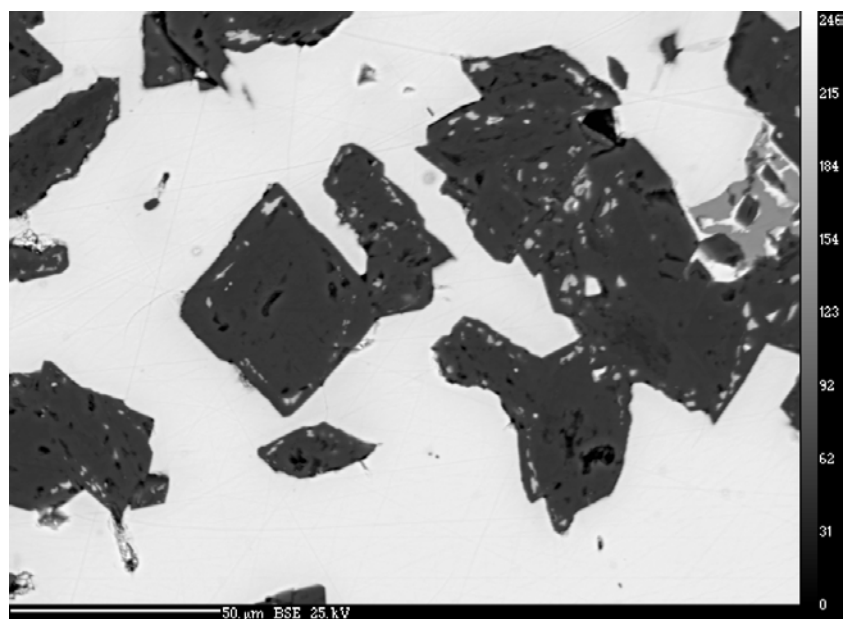
	Ag	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
č	[hm. %]														
1	0.00	33.66	0.00	0.00	18.22	0.30	0.22	25.66	0.26	0.00	0.03	0.01	22.21	0.08	100.64
2	0.07	33.61	0.00	0.00	18.20	0.25	0.12	25.76	0.25	0.02	0.03	0.00	22.07	0.02	100.42
3	0.00	33.64	0.00	0.00	18.61	0.25	0.11	25.59	0.18	0.00	0.02	0.00	21.97	0.00	100.39
4	0.04	33.65	0.00	0.00	18.73	0.26	0.15	25.26	0.36	0.00	0.02	0.00	22.09	0.03	100.59
5	0.03	33.60	0.00	0.01	18.64	0.25	0.16	25.39	0.23	0.00	0.02	0.00	21.99	0.11	100.44
6	0.00	33.92	0.00	0.04	17.52	0.40	0.36	25.82	0.29	0.00	0.03	0.01	22.32	0.00	100.70
7	0.09	33.87	0.00	0.00	18.03	0.27	0.26	25.34	0.42	0.00	0.01	0.01	22.13	0.00	100.40
8	0.00	33.76	0.00	0.01	18.10	0.28	0.24	25.50	0.27	0.00	0.01	0.00	21.95	0.00	100.11
9	0.00	33.69	0.00	0.00	18.31	0.27	0.21	25.45	0.28	0.00	0.02	0.01	22.05	0.02	100.32
	Ag	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
č	apfu														
1	0.00	10.05	0.00	0.00	1.72	0.09	0.07	4.00	0.07	0.00	0.01	0.00	13.14	0.02	
2	0.01	10.07	0.00	0.00	1.73	0.07	0.04	4.03	0.06	0.00	0.01	0.00	13.10	0.01	
3	0.00	10.08	0.00	0.00	1.77	0.07	0.04	4.00	0.05	0.00	0.01	0.00	13.05	0.00	
4	0.01	10.06	0.00	0.00	1.78	0.08	0.05	3.94	0.09	0.00	0.01	0.00	13.09	0.01	
5	0.01	10.07	0.00	0.00	1.77	0.07	0.05	3.97	0.06	0.00	0.01	0.00	13.06	0.03	
6	0.00	10.05	0.00	0.01	1.65	0.11	0.12	3.99	0.07	0.00	0.01	0.00	13.11	0.00	
7	0.02	10.09	0.00	0.00	1.70	0.08	0.09	3.94	0.10	0.00	0.00	0.00	13.06	0.00	
8	0.00	10.08	0.00	0.00	1.71	0.08	0.08	3.98	0.07	0.00	0.00	0.00	12.99	0.00	
9	0.00	10.07	0.00	0.00	1.73	0.08	0.07	3.97	0.07	0.00	0.01	0.00	13.07	0.00	



Obr. 71. Tetraedrit, Jedová hora (Národní muzeum, P1N 9960, sběr E. Bořický 1868). Asi 1.5 × 1 mm velké zrno tetraedritu, v němž jsou zarostlá zrnka sideritu; při horním okraji tetraedritového zrna na rozhraní s okolním karbonátem jsou drobná zrnka chalkopyritu; rudní mikroskop, pozorování s jedním nikolem, šířka záběru 1.5 mm. Napříč zrnem bylo provedeno šest analýz. Foto D. Velebil



Obr. 72. Tetraedrit, siderit, chalkopyrit, Jedová hora (Národní muzeum, P1N 9960, sběr E. Bořický 1868), BSE foto P. Gadas. Tmavé romboedry sideritu jsou obklopeny bílým tetraedritem. Šedá zrna chalkopyritu (body číslo 36 - 38) byla kvantitativně analyzována.



Obr. 73. Siderit, tetraedrit, baryt, Jedová hora (Národní muzeum, P1N 9960, sběr E. Bořický 1868), BSE foto P. Gadas. Tmavé romboedry sideritu obklopené bílým tetraedritem. Při okrajích zrn sideritu je v růstových zónách přítomen světlý baryt.

9. JEDOVÁ HORA, KRUŠNÁ HORA – STUDIUM STABILNÍCH IZOTOPŮ KYSLÍKU A UHLÍKU V KARBONÁTECH

Ze vzorků z Jedové hory a z Krušné hory u Nového Jáchymova, z. od Berouna bylo odvrtáním odebráno celkem devět práškových preparátů. Vzorky s cinabaritem a dolomitem z lokality Krušná hora byly použity jako analogické k lokalitě Svatá, která se nachází asi 5 km od Krušné hory ve stejné geologické pozici. Práškové preparáty byly analyzovány na hmotnostním spektrometru v laboratořích České geologické služby, Geologická 6, Praha 5.

Seznam a popisy vzorků a příslušné hodnoty δ

vzorek	minerál	popis	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$
JH3	siderit	Jedová hora, 3mm vrstva s drúzovitým povrchem, na ní cinabarit	19,0	-11,6	-8,0
JH5/1	ankerit	Jedová hora, masivní zrnitý agregát	21,0	-9,7	-8,1
JH5/2	ankerit	Jedová hora, 3mm romboedr z dutiny	22,3	-8,4	-7,7
JH9/1	ankerit	Jedová hora, masivní agregát z okraje vzorku (relat. starší)	21,4	-9,3	-7,7
JH9/2	ankerit	Jedová hora, 1mm romboedry z dutiny (relat. mladší)	23,4	-7,3	-7,4
KH1	dolomit	Krušná hora, 5mm vrstva (masivní agregát) při okraji 5cm cinabarit-pyritové žíly	16,3	-14,2	-5,9
JH10	siderit	Jedová hora, z okraje drúzové dutiny, na dutinu narůstá cinabarit	20,1	-10,5	-8,6
JH11	siderit	Jedová hora, 1-2mm kulovité agregáty v dutině	23,2	-7,5	-14,7
KH2	dolomit	Krušná hora, z okraje karbonát-cinabaritové žíly s pyritem	16,0	-14,4	-5,3

Interpretace dat

Na základě paragenetického schématu pro dané lokality a na základě teplot homogenizací fluidních inkluzí bylo odhadnuto izotopové složení (O, C) fluida, z něhož mohly vznikat analyzované karbonáty. K výpočtu byly použity frakcionační faktory dle Carothers et al. (1988) a Zheng (1999).

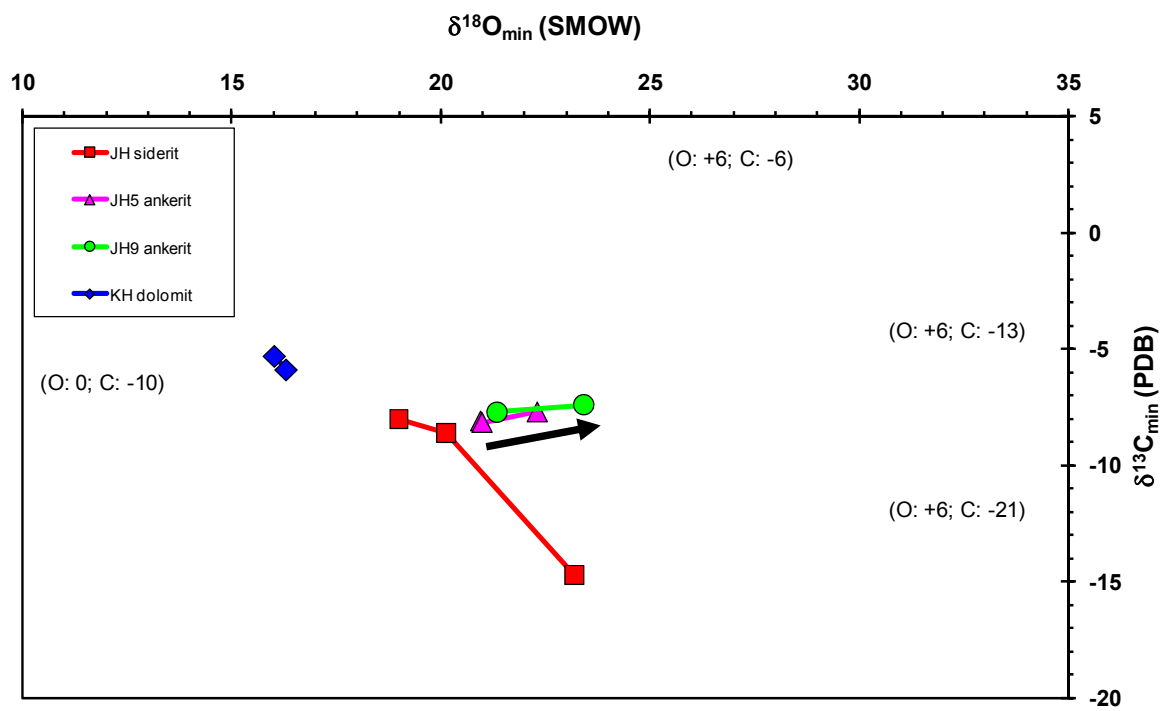
Všechny vzorky pocházejí z jedné oblasti (Jedová hora u Hořovic, Krušná hora u Berouna - ordovik Barrandienu) a měly asi shodný vznik (složení a teplotu fluida). Nejvíce vzorků má hodnoty $\delta^{13}\text{C}_{\text{karbonátu}}$ okolo hodnot -7 a ž -8 a v projekci O-C leží na mírně ukloněné linii, jež koreluje se složením karbonátu, který by vznikl z fluida o konstantním izotopovém složení, ale proměnlivé teplotě (Obr. 74). Fluidní inkluze v křemenu, který předchází vzniku karbonátů, homogenizují za teplot cca 150 - 170°C. Skutečné teploty vzniku křemene mohou být až o 50°C vyšší, ale pravděpodobně ne více. Ankerit a siderit jsou mladší než křemen a měly by vznikat za nižších teplot než křemen. Dolomit je starší než baryt a cinabarit, ale mladší než siderit/ankerit.

Při uvažované teplotě vzniku sideritu cca 165 - 150 °C (nejstarší zóny) by složení fluida $\delta^{18}\text{O}_{\text{roztok}}$ vycházelo na cca +6 ‰ SMOW a na uhlíku $\delta^{13}\text{C}_{\text{roztok}}$ na -13 ‰ PDB. Ankerit by pak krystalizoval za teplot 145 až 115 °C. Jedna přírůstková zóna sideritu musela vzniknout z fluida s výrazně negativnějším složením uhlíku.

Složení dolomitu je nekompatibilní se stávající sukcesí:

- pokud by dolomit vznikl z fluida o stejném izotopovém složení kyslíku jako siderit a ankerit (tj. +6 ‰ $\delta^{18}\text{O}_{\text{roztok}}$), pak by měl vznikat za teplot okolo 200°C (tj. byl by starší než siderit a ankerit).
- kdyby dolomit krystalizoval až po ankeritu (tj. za teplot 120 - 100°C), pak by složení kyslíku jeho matečného fluida muselo mít hodnoty kolem 0 ‰ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{roztok}}$). Toto složení je výrazně odlišné od roztoku, z něhož vznikl ankerit/siderit (+6 ‰) a indikovalo by buď náhlý průnik a mísení s fluidy jiného (asi meteorického) původu nebo by to indikovalo výrazně pozdější vznik dolomitu (tj. nepatří do Hg-parageneze).

Izotopové složení kyslíku fluida, z něhož vznikl siderit a ankerit na ložisku Jedová hora a Krušná hora, má hodnoty kolem +6 ‰ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{roztok}}$, SMOW) a indikuje fluida metamorfního původu. Izotopové složení uhlíku fluida s hodnotami kolem -13 ‰ ($\delta^{13}\text{C}_{\text{roztok}}$, PDB) indikuje přepracovaný uhlík organického původu.



Obr. 74. Poměr hodnot $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ a $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ s naznačenými trendy vývoje izotopového složení fluid

10. DISKUZE

Při diskuzi geneze ložisek rtuti se v naprosté většině případů uvažuje o zdroji rtuti spojeném s kyselým nebo bazickým vulkanismem (např. Sattran et al. 1978; Fedorčuk 1983). Je to proto, že většina světově významných ložisek rtuti se vyskytuje v prostoru vulkanosedimentárních horninových formací. Někdy se také uvažuje, že vlastní vulkanismus nemusí být zdrojem Hg, ale může pouze dodávat nezbytnou tepelnou energii pro mobilizaci a přenos Hg obsažené již v plášti vulkanických těles. Horniny, jimiž proniká vulkanické magma a fluida, mohou totiž obsahovat starší akumulace Hg, a to buď opět magmaticko-hydrotermálního původu anebo čistě synsedimentární bez sepětí s vulkanismem.

Synsedimentární vznik akumulací Hg je druhým základním modelem, jímž je někdy vznik ložisek rtuti vysvětlován. Uvažuje se, že k nakoncentrování rtuti během sedimentárního procesu může dojít dlouhodobou adsorbí rtuti přinesené z pevniny na plankton v příbřežních vodách a mnohonásobným opakováním tohoto procesu v době proterozoika a spodního paleozoika. Takovýto typ procesu by měl být spojen také s akumulací dalších kovů, tzn. že zvýšené obsahy rtuti v sedimentu by měly být doprovázeny přímo úměrným množstvím celé řady vzácnějších kovových prvků (Sattran et al. 1978; Fedorčuk 1983).

Geochemie rtuti

Vznik ložisek rtuti je dán jejími geochemickými vlastnostmi. Stěžejní poznatky o geochemii rtuti, které rozhodují při ložiskotvorných procesech jsou následující: Rtuť je velice mobilní prvek. Rtuť obsažená v protolitu (Hg vázána v organokomplexech) je z velké části mobilizována do fluidní fáze již během velmi nízké metamorfózy (diagenezi). Rtuť v sulfidické vazbě je mobilizována při teplotách nad 250°C a již při teplotách okolo 300°C je prakticky všechna rtuť adsorbovaná v hornině mobilizována.

Cinabarit je v supergenních podmínkách málo rozpustný a odolný vůči větrání (chemicky stabilní). Je ale měkký, takže větší zrna jsou transportována jen na krátkou vzdálenost - zrna se rychle rozpadají na velmi jemnou frakci, tzn. že na velké vzdálenosti (i několik set km) je cinabarit transportován v podobě suspenze, resp. disperze (Sattran et al. 1978; Fedorčuk 1983).

Obecný model vzniku cinabaritových Hg-ložisek (platí pro světová i česká ložiska; schema je odvozeno podle údajů uvedených v Sattranovi et al. 1978 a v práci Fedorčukově 1983):

1) Prekoncentrace rtuti

- a) sedimentárně (původ Hg terigenní - viz výše)
- b) vulkanicky a vulkanosedimentárně (původ Hg vulkanický nebo vulkanismem mobilizovaný):
 - α) podmořské hydrotermální exhalace doprovázející vulkanismus (vysrážení HgS v podobě jemných zrn a jejich usazování na mořském dně)
 - β) průnik fluid s Hg vulkanického původu porézními horninami (sedimenty, tufy) a vysrážení HgS (submarinní i terigenní vulkanismus).

Hg-mineralizace spjatá s vulkanismem může vlastnímu vulkanismu těsně předcházet, probíhat současně nebo i těsně následovat. Hg-mineralizace bývá prostorově vázána na jeden stratigrafický interval. Sublimace z vulkanických exhalací je na rozdíl od sorpčně sedimentárních procesů (1a) téměř monominerální (cinabarit).

- 2) Hydrotermální rejuvenace - vznik mladších žilných a impregnačních struktur migrací z původních struktur vlivem regionálně metamorfních, respektive metamorfně hydrotermálních pochodů (metamorfóza - zvýšení T-podmínek, remobilizace Hg, migrace, uložení).

Vzájemné srovnání českých ložisek rtuti

V následující tabulce (Tab. 8) jsou uvedeny hlavní charakteristiky českých historických ložisek rtuti.

Tab. 6. Vzájemné srovnání českých Hg-ložisek

ložisko	hornina	stáří horniny	stáří vzniku ložiska	pravděpodobná geneze
<i>Jedová hora</i>	tufy	ordovik	ordovik+variská remobilizace	vulkanosedimentární+hydrotermální rejuvenace
<i>Svatá</i>	tufy	ordovik	ordovik+variská remobilizace	vulkanosedimentární+hydrotermální rejuvenace
<i>Bezdrůžice</i>	fylit	proterozoikum	svrchní proterozoikum nebo paleozoikum	původ rtuti?; variský hydrotermální vznik nebo variská rejuvenace starší sedim. či vulkanosedim. akumulace Hg
<i>Jesenný</i>	metabazit, mramor, (fylit)	spodní paleozoikum	spodní paleozoikum (silur?)+variská remobilizace	vulkanosedimentární?+hydrotermální rejuvenace
<i>Horní Luby</i>	fylit, kvarcit	ordovik	ordovik+variská remobilizace	vulkanosedimentární+hydrotermální rejuvenace

Vznik protolitu Hg-mineralizace všech českých historických ložisek (Tab. 8) pravděpodobně souvisí se spodnopaleozoickým submarinním vulkanismem. Během variské orogeneze byla Hg-mineralizace všech českých ložisek rtuti hydrotermálně remobilizována a znovu usazena v podobě pravých i ložních žil, čoček a impregnací. Boční horniny ložisek Jedová hora a Svata v barrandienském ordoviku nevykazují znatelné známky metamorfózy, zatímco horniny ostatních ložisek jsou zřetelně metamorfovány. Mineralogie všech ložisek je poměrně jednoduchá s výjimkou Jedové hory. Ani na Jedové hoře ovšem akumulace jiných minerálů než je cinabarit nedosahují ekonomické koncentrace a nemají praktický význam.

Srovnání českých ložisek rtuti s největšími evropskými ložisky cinabaritu

V následující tabulce (Tab. 9) jsou uvedeny hlavní charakteristiky největších evropských ložisek rtuti (cinabaritu).

Tab. 7. Charakteristiky největších evropských ložisek rtuti (cinabaritu):

revír	hornina	stáří horniny	stáří vzniku ložiska	pravděpodobná geneze
<i>Almadén (Španělsko)</i>	kvarcit	silur	silur	podmořské hydrotermální exhalace předcházející vulkanismu (Saupé 1973, 1990)
<i>Monte Amiata (Itálie)</i>	vápence, pískovce, slínovce, břidlice	jura, křída, eocén	kvartér (pleistocén)	výrony plynů provázející suchozemský vulkanismus a jejich prostupování porézními horninami (Ferrari et al. 1996)
<i>Idrija (Slovinsko)</i>	břidlice, slínovce, dolomity	trias, perm	trias+alpínská (terciérní) remobilizace	podmořské hydrotermální exhalace + rejuvenace (Sattran et al. 1978; Bancroft et al. 1991)
<i>Nikitovka (Ukrajina)</i>	břidlice, pískovce, křemence	karbon - perm	?	? (Fedorčuk 1983)

Hlavními společnými znaky českých a evropských ložisek cinabarity jsou:

- vulkanický, respektive vulkanosedimentární původ
- jednoduchá minerální asociace

Česká ložiska jsou svým staropaleozoickým stářím nejvíce blízka ložisku Almadén ve Španělsku (Tab. 9).

Hlavní rozdílné znaky českých a evropských ložisek cinabarity:

- česká ložiska prošla vyšším stupněm metamorfózy
- evropská ložiska jsou různě stará (od siluru po kvartér)

11. ZÁVĚR

V diplomové práci byly shrnuty geologické, ložiskové, mineralogické a montanistické údaje o českých historických ložiscích cinabaritu v Horních Lubech, na Jedové hoře u Hořovic, ve Svaté, Bezdruzicích a Jesenném. Na ložisku Horní Luby je cinabarit vtroušen spolu s pyritem ve foliaci fylitů, podobně je tomu na ložisku v Bezdruzicích. Na Jedové hoře a ve Svaté u Berouna je cinabaritové zrudnění vázáno na strmé žilky pronikající ordovickými tufy. Mineralizace příčných trhlín je relativně pestrá, hlavní výplň je představována karbonáty, křemenem a barytem, cinabarit je doprovázen pyritem a sulfidy mědi. Cinabaritové zrudnění v Jesenném je vázáno na metabazity; v detailu je charakter tamního zrudnění nejasný.

Historicky nejvýznamnějším českým ložiskem cinabaritu jsou jednoznačně Horní Luby, které byly v první polovině 16. století vedle ložisek Idrija (Slovinsko) a Almadén (Španělsko) významným evropským producentem rtuti. Rtuť z Horních Lubů byla dodávána do významných obchodních středisek - Benátek, Norimberka, Lyonu a Antverp. Odhaduje se, že celková produkce ložiska Horní Luby dosáhla asi 200 tun rtuti. V 16. a 18. století mělo určitý význam i ložisko Svatá; ne zcela zanedbatelná byla také produkce rtuti z dolu na Jedové hoře, kde byl cinabarit v 16. až 19. století dobýván jako vedlejší produkt těžby železných rud. Jen lokální význam měla nepříliš rozsáhlá těžba cinabaritu v Bezdruzicích okolo přelomu 17. a 18. století a v Jesenném v první polovině 17. století.

Studiem fluidních inkluzí byl prokázán metamorfní původ cinabarit-pyritové mineralizace na ložisku Horní Luby. Zároveň byly zjištěny teplotní podmínky vzniku tamní mineralizace. Během ložiskotvorných procesů došlo k rozpadu původního homogenního H₂O-CO₂ fluida o teplotě nad 250°C (asi 300°C) na členy bohaté H₂O či CO₂, a to ve více etapách mezi 200 - 150°C. Křemen krystalizoval z matečného fluida při teplotách okolo 300°C a méně, pyrit při teplotách mezi 220 a 210°C (a méně) a cinabarit při teplotách mezi 195 a 160°C. Tím bylo prokázáno, že cinabarit je nejmladším minerálem na ložisku (posloupnost krystalizace: křemen - pyrit - cinabarit).

Na ložisku Jedová hora krystalizoval křemen okolo teplot 160 až 150°C a baryt při teplotách okolo 115°C (teplota varu fluida). Podle makrotextur žilné mineralizace je zcela jednoznačné, že křemen je na ložisku nejstarším a baryt nejmladším minerálem. Cinabarit tedy krystalizoval v intervalu mezi teplotami vzniku křemene a barytu.

Původ rtuti na všech českých historických ložiscích cinabaritu lze pravděpodobně odvozovat od spodnopaleozoického submarinního vulkanismu. Během variské metamorfózy došlo ve všech případech k hydrotermální remobilizaci prekoncentrované rtuti a jejímu znovuvysražení v podobě pravých i ložních žil s cinabaritem nebo v podobě impregnací cinabaritu.

Studiem tetraedritu z ložiska Jedová hora bylo zjištěno jeho neobvyklé chemické složení. Tetraedrity z Jedové hory mají velmi vysoké obsahy rtuti, obsahují průměrně více než 18 hm. % Hg. Svým složením se blíží ideálnímu krystalochemickému vzorci ^{III}Cu₆^{IV}[Cu₄Hg₂]Sb₄S₁₃ a teoreticky tak představují samostatný minerální druh skupiny tetraedritu.

12. LITERATURA

- Arlt T., Diamond L. W. (1998): Composition of tetrahedrite-tennantite and "schwazite" in the Schwaz silver mines, North Tyrol, Austria. - *Mineralogical Magazine* **62**, 801-820.
- Baier O. L. W., Lenz O., Bittner L., Woita L., Egerer K, Trüber A. a Gröschl A. (1936): 1. Vom alten Bergbau. - In: *Unsere Heimat. Eine Heimatkunde des Weseritzer Gerichtsbezirkes und seiner Randgebiete.* - Weseritzer Lehrerverein, F. Lerch (ed.), 256-257.
- Bancroft P., Čar J., Žorž M., Kobler G. (1991): The Idria Mines, Slovenia, Yugoslavia. - *The Mineralogical Record* **22**, 3, 201-208.
- Barviř J. L. (1906): O stopách zlatonosnosti ve vrstvách karbonských a permských v Āechách. - *Horn. hutn. Listy* **7**, 3, 33-36.
- Bernard a Pouba et al. (1986): *Rudní ložiska a metalogeneze Āeskoslovenské Āásti Āeského masívu.* - ÚÚG / Academia Praha.
- Bílek J. (1957): Zpráva o výsledcích báňskohistorického výzkumu Luby - poznámky k dějinám dolování rtuti v Lubech. - MS Geofond Praha P 6116, P 8220.
- Bílek J., Jangl L., Urban J. (1978): Báňsko-historická studie: Chebsko. - MS Geofond Praha P 28588, 15 příloh (Horní Luby 145-199).
- Bořický E. (1869a): Zur Entwicklungsgeschichte der in dem Schichtencomplex der silurischen Eisensteinlager Böhmen's vorkommenden Minerale. - *Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften*, **59**, I. Abth. April, 1-32.
- Bořický E. (1869b): O nerostech, v pásmu železných rud silurských se objevujících. - *Živa. Sborník vědecký Musea království Āeského, Odbor přírodovědecký a mathematický (Praha)*, Ā. 2, 3-22.
- Bořický E. (1871): Verzeichniss der in dem Schichtencomplex der silurischen Eisensteinlager Böhmens vorkommenden Minerale. - *Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften (Prag)*, **21**, October, 155-165.
- Carothers, W. W.; Adami, L. H.; and Rosenbauer, R. J. (1988): Experimental oxygen isotope fractionation between siderite-water and phosphoric acid liberated CO₂-siderite. - *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**, 2445-2450.
- Āihák L. (1948): *Paměti královského horního města Jílového a jeho zlatých dolů.* - 2. vyd., Jílové, Praha.
- FedorĀuk V. P. (1983): *Geologija rtuti.* - Nědra.
- Ferber J. J. (1774): Von der Lage und Gintheilung der Böhmischen Bergwerke. - In: *Beyträge zu der Mineral-Geschichte von Böhmen*, s. 18. Berlin.
- Ferrari L., Conticelli S., Burlamacchi L., Manetti P. (1996): Volcalonogical evolution of the Monte Amiata, Southern Tuscany: New geological and petrochemical data. - *Acta Vulcanologica* **8**, 41-56.
- Fischer J. Ch. (1752): Horizontal u. Profil Riess über das Mercurial u. Cenaber Berggebäude zu Swata Hora zu Fürstenberg. Herrschaft Pürglitz, 60 × 50 cm. - Geofond Kutná Hora S12-10/016; SOA Křivoklát fond H 195, fol. 78.
- Fischer J. Ch. (1754): Profil und Horizontal Mappa...Swata...Mercurial und Cenaber..., 54 × 41 cm. - Geofond Kutná Hora S12-10/013.

- Foit F. F., Ulbricht M. E. (2001): Compositional variation in mercurian tetrahedrite-tennantite from the epithermal deposits of the Steens and Pueblo Mountains, Harney County, Oregon. - *Can. Mineral.* **39**, 819-830.
- Frankl J. A. (1837): Zur Mineragnosie Marienbads. - In: *Marienbad, seine Heilquellen und Umgebungen*, Prag, s. 125.
- Gmelin J. F. (1783): *Beyträge zur Geschichte des teutschen Bergbaus, vornehmlich aus den mittlern und spätern Jahrhunderten unserer Zeitrechnung*. - Halle, s. 136.
- Hak J. (1961): Chemicko-mineralogické studium některých nerostů tetraedritové skupiny. - *Geologický sborník* **12**, 1, 1-13. Bratislava.
- Hansel V. (1886): Über basaltische Gesteine aus der Gegend von Weseritz und Manetin. - *Dreizehnten Jahresbericht der deutschen Staats-Realschule in Pilsen*, 1-17, Pilsen.
- Hojdová M., Navrátil T., Rohovec J. (2008): Distribution and Speciation of Mercury in Mine Waste Dumps. - *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **80**, 237-241.
- Hollunder Ch. F. (1824): *Tagebuch einer metallurgisch-technologischen Reise, durch Mähren, Böhmen, einen Theil von Deutschland und der Niederlande*. - Nürnberg, 478.
- Hrabák J. (1909): *Železářství v Čechách jindy a nyní. (Dějiny železa) S přídatkem o dobývání uhlí v Čechách*. - Praha.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J. a Stránil Z. (2002): *Geologická minulost České republiky*. - Academia Praha.
- Chlupáč I., Havlíček V., Kříž J., Kukul Z. a Štorch P. (1992): *Paleozoikum Barrandienu (kambrium - devon)*. - Vyd. Čes. geol. ústavu, Praha.
- Chrt J. (1972): Ložiska rtuti v českém masívu. - *Geol. Průzk.* **14**, 10, 315. Praha.
- Chrt J. (2001): Stratiformní rudní ložiska staršího paleozoika Krušných hor a Smrčín. - *Uhlí, rudy* **49**, *Geologický průzkum* **43**, 8, 3-10.
- Chrt J., Strnad J. (1961): Geologické poměry rumělkového ložiska v Horních Lubech západně od Kraslic. - *Časopis pro mineralogii a geologii* **6**, 1, 18-30.
- Jangl L. (1958): Staré dolování na rumělkku u Jesenného. - MS, Geofond Praha P 9956.
- Johnson N. E., Craig J. R., Rimstidt J. D. (1986): Compositional trends in tetrahedrite. - *Canadian Mineralogist* **24**, 385-397.
- Kachlík V. a Patočka F. (1998): Lithostratigraphy and Tectonomagmatic Evolution of the Železný Brod Crystalline Unit: Some Constraints for the Palaeotectonic Development of the W Sudetes (NE Bohemian Massif). - *Geolines (Praha)* **6**, 34-35.
- Karanović L., Cvetković L., Poleti D., Balić-Žunić T., Makovický E. (2003): Structural and optical properties of schwazite from Dragodol (Serbia). - *N. Jb. Mineral., Mh.* **11**, 503-520.
- Karup-Møller S. a Makovický E. (2003): Exploratory studies of element substitutions in synthetic tetrahedrite. Part V. Mercurian tetrahedrite. - *N. Jb. Mineral., Abh.* **179**, 1, 73-83.
- Karup-Møller S. a Makovický E. (2004): Exploratory studies of the solubility of minor elements in tetrahedrite, VI. Zinc and the combined zinc-mercury and iron-mercury substitutions. - *N. Jb. Mineral., Mh.* **11**, 508-524.

- Klier R. (1969): Der Konkurrenzkampf zwischen dem böhmischen und dem idrianischen Quecksilber in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. - *Bohemia: Jahrbuch des Collegium Carolinum* **8**, 82-110. (knihovna Historického ústavu AV ČR, sign. C40.914)
- Kopš J. (1964): K dějinám těžby rumělky na Berounsku a Hořovicku. - *Svět techniky*, **15**, 114-117.
- Kořan J. (1942): K dějinám rtuti. - *Horn. Věst. a Horn. a hutn. Listy (Praha)* **24 (43)**, 3, 29-35.
- Králík M. (1960): Závěrečná zpráva Jedová hora - MS Geofond Praha P 11 869.
- Králík M. (1960b): Svatá, Hg-rudy. - MS Geofond Praha P 11 678.
- Kratochvíl J. (1912): Nerosty širšího pražského okolí. - *Výroční zpráva c. k. státní české reálky na Malé straně v Praze za školní rok 1911 - 1912 (Praha)*, 1-36.
- Kratochvíl J. (1930-1931): Minerální bohatství širokého okolí Turnova. - *Od Ještěda k Troskám. Vlastivědný sborník českého severu* **9**, 1 a 2, 5-21.
- Kratochvíl J. (1938): Dva nekrology: prof. Fr. Javorský a vlád. rada A. Charousek. - *Čas. Nár. Mus. (Praha), Odd. přírodověd.* **112**, 156-157.
- Kratochvíl J. (1957): *Topografická mineralogie Čech I (A-G)*. - Nakl. ČSAV; (heslo Benecko, s. 49; heslo Benešov, s. 51).
- Kratochvíl J. (1960): *Topografická mineralogie Čech III (I-K)*. - Nakl. ČSAV; (heslo Jesenný, s. 100).
- Kratochvíl J. (1961): *Topografická mineralogie Čech IV (L-N)*. - Nakl. ČSAV; (heslo Lhota Štěpanická, s. 54-55; Lhota Zálesní, s. 56-57).
- Kratochvíl J. (1966): *Topografická mineralogie Čech VIII, rejstřík*. - Academia Praha.
- Krejčí J. a Feistmantel K. (1890): Orografický a geotektonický přehled území silurského ve středních Čechách. - *Archiv pro přírodovědecké prozkoumání Čech*, 5. svazek, 5. odd., 1-94.
- Krutský N. (1968): Závěrečná zpráva Jesenný - Bozkov. Surovina vápence, etapa vyhledávací. - MS, Geofond Praha P 21 810/I+II.
- Krutský N. (1997): Rebilance ložiska Jesenný - Skalka (102 502); Surovina: dolomity; dodatek k závěrečné zprávě úkolu „Jesenný“ (číslo akce 538 204, Dubí 1959). - MS, Geofond Kutná Hora FZ 2998/47-55.
- Kulnig E., Macevič V., Kautský J., Strnad J. (1963): Horní Luby, průzkum Hg-rud 1961-1962. - MS Geofond Praha P 15358.
- Lampadius M. A. (1809): *Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde in theoretischer und practischer Hinsicht*. - Göttingen, 352 s.
- Lenz O. (1931): *Geschichte des Weseritzer Ländchens und der Herren von Schwanberg und Guttenstein bis nach dem 30 jährigen Kriege*. - Brünn.
- Lipold M. V. (1862): „...Mittheilung über die Gänge in dem Eisensteinbergbaue am Giftberg nächst Komorau in Böhmen...“. - *Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt (Wien)*, **12** (1861-1862), Heft II, Sitzung am 18. März 1862, 195-196.
- Lipold M. V. (1863): Die Eisensteinlager der silurischen Grauwackenformation in Böhmen. - *Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt (Wien)*, **13**, 3, 339-448 (Eisensteinbergbau „Giftberg“ 425-428).
- Litochleb J., Sejkora J. a Šrein V. (2001): Amalgamy stříbra - moschellandsbergit a schachnerit ze železnorudného ložiska Březina u Radnic (západní Čechy). - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)*, **9**, 225-229.

- Litochleb J., Šrein V., Langrová A. (2000): Amalgam stříbra - luanheit, mckinstryit a Zn-Hg tetraedrit ze železnorudného ložiska Mníšek pod Brdy - Skalka. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **8**, 202-207.
- Löwl K. (1908): Dějiny výroby kovů v Čechách. - *Hornické a hutnické listy* **9**, 5, 67-69.
- Makovicky E. (2006): Crystal structures of sulfides and other chalcogenides. - In: *Sulfide Mineralogy and Geochemistry, Reviews in Mineralogy* (ed. Vaughan D. J.), 7 - 107. Mineralogical Society of America, Chantilly, USA.
- Malec J. a Novák F. (1982): Mineralogicko-geochemické studium těžkých minerálů pro úkol „Šlichová prospekce jz. části Českého masívu“. - MS, Ústav nerostných surovin, Kutná Hora, soukr. archiv J. Litochleba.
- Moělo Y., Makovicky E., Mozgova N. N., Jambor J. L., Cook N., Pring A., Paar W., Nickel E. H., Graeser S., Karup-Møller S., Balić-Žunić T., Mumme W. G., Vurro F., Topa D., Bindí L., Bente K., Shimizu M. (2008): Sulfosalt Systematics: A Review Report of the Sulfosalt Subcommittee of the IMA Commission on Ore Mineralogy. - *European Journal of Mineralogy* **20**, 1, 7-46.
- Moravec B. (2007): Nerosty skupiny tetraedritu a jejich výskyt v České a Slovenské republice. - *Minerál* **15**, 3, 211-216.
- Mozgova N. N. (1985): Sulfosoli so složným sostavom polumetalov i metallov - bloklye rudy (sistéma Me-PMe-S). - In: *Něstěchiometrija i gomologičeskie rjady sulfosolej*, Nauka Moskva, 193-218.
- Mozgova N. N., Cepin A. I., Ozerova N. A., Bortnikov N. S., Troněva N. V. (1977): Rtuťsoděržašie bloklye rudy. - *Zap. vsesojuz. miněral. Obšč.* **108**, 4, 437-453.
- Nováček R. (1942): Slovenské rtuťnaté tetraedrity. - *Zprávy Geologického ústavu pro Čechy a Moravu* **18**, 107-110.
- Novák F. (1959): Tetraedrit z ložiska Mária u Rožňavy. - *Geologické práce* **56**, 217-246.
- Novák F., Malec J. a Jansa J. (1980): Mineralogický výzkum zlata a doprovodných minerálů ze stratiformních formací Českého masívu (závěrečná zpráva). - MS, Ústav nerostných surovin Kutná Hora; soukr. archiv J. Litochleba.
- Nováček R. (1938): Několik poznámek o našich rtuťnatých rudách. - *Věda přírodní (Praha)*, **19**, 5, str. 154-156.
- Novotný J. (1958): Geochemická prospekce Hg v Barrandienu. - MS Geofond Praha P 9 940.
- Ondříček E. (1905): *Paměti bratrské pokladny a železáren C. T. Petzold a spol. v Komárově, zároveň dějiny obce Komárova a blízkého okolí.* - Komárov, vl. nákl.
- Ondříček E. (1906): Dějiny železáren Komárovských a hornictví k nim patřícího. - *Horn. a hutn. Listy (Praha)*, **7**, 1, 7-8.
- Pertold Z., Chrt J., Budil V., Burda P., Burdová P., Kříbek B., Pertoldová, Gaskarth (1994): The Tisová Cu-deposit: a Beshi-type in the Krušné hory Mts., Bohemian Massif, Czech Republic. - *Mineral Deposits* **13**, 71-95.
- Píša M. (1965): Geneze Hg-zrudnění na ložisku Krušná hora u Berouna. - *Zpr. geol. Výzk. v Roce 1965 (Praha 1966)*, sv. 1, 90-91.
- Peithner von Lichtenfels J. T. A. (1780): *Versuch über die natürliche und politische Geschichte der böhmischen und mährischen Bergwerke.* - Wien.

- Petránek J. (1991): Ordovician oolitic ironstones and their source of iron. - *Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha)*, **66**, 6, 321-327.
- Pochmann T. A. (1727): Ab und Grundt Riess von S. Johannis Evangelisti Zinober gebeudt zu Swata, 30 × 40 cm. - Geofond Kutná Hora S12-10/014; SOA Křivoklát fond 4335, fol. 186.
- Pošepný F. (1895): Beitrag zur Kenntniss der montangeologischen Verhältnisse von Příbram. - *Archiv für praktische Geologie*, 2, 609-752. Freiberg.
- Reuss F. A. (1797): *Mineralogische Geographie von Böhmen, 2. Band: Bunzlauer Kreis*. - Dresden.
- Reuss A. E. (1856): Neue Pseudomorphose vom Giftberge bei Hořowic. - *Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften (Prag)*, **6**, Mai, 119-120.
- Reuss A. E. (1856b): Neue Mineralfundorte in Böhmen. - *Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften (Prag)* **6**, Mai, 118-119.
- Rosenbaum K. (1789): Ueber die Quecksilbererzeugung und den Zinnerbergbau zu Horzowitz im Berauerkreise in Boehmen. - *Bergbaukunde (Leipzig)*, **1**, 200-216.
- Ryklík B. (1972): Neovulkanity v oblasti mezi Mariánskými Lázněmi, Bezručicemi a Černošínem jakož i v přilehlém okolí. - MS, Diplomová práce, katedra petrografie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, Geofond Praha P 23325.
- Satran V. (1980): Rtuťová mineralizace vázaná na staropaleozoické vulkanosedimentární série Českého masívu. - *Sbor. geol. Věd, Lož. Geol. Mineral. (Praha)* **21**, 101-131.
- Satran V., Maňour J., Odehnal L., Pták J. a Zima L. (1978): *Regionální prognózy Hg-zrudnění v Českém masívu*. - MS, Ústřední ústav geologický, Praha, 1-137.
- Satran V. a Škvor V. (1962): Zpráva o základním geologickém mapování krystalinika na listech Luby a Krásná. - *Zpr. geol. Výzk. 1962*, 16-19. Praha.
- Saupé F. (1973): La géologie du gisement de mercure d'Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne). - *Sciences de la Terre, Mémoire no. 29*, 1-342.
- Saupé F. (1990): Geology of the Almaden Mercury Deposit, Province de Ciudad Real, Spain. - *Economic Geology* **85**, 482-510.
- Schaller J. (1788): Fideikommisherrschaft Weseritz. - In: *Topographie des Königreichs Böhmen, Neunter Theil - Pilsner Kreis*, Prag und Wien, s. 140.
- Schmidt von Bergenhold J. F. (1880): *Uebersichtliche Geschichte des Bergbau- und Hüttenwessens im Königreiche Böhmen von den ältesten bis auf die neuesten Zeiten nebst einer Geschichte der einzelnen noch im Betriebe stehenden wie auch der aufgelassenen montanistischen Unternehmungen in diesem Lande* - Prag, 370 s. (Svatá s. 244 a 282-283).
- Slavík F. (1918): Silurské rudy železné ve sbírkách Barrandea. - *Čas. Mus. Král. čes.*, **92**, 158-167.
- Slavíková L. a Slavík F. (1918): Studie o železných rudách českého spodního siluru, část II. - *Rozpravy Čes. Akad., tř. II. - math.-přír.*, roč. 26, č. 37, 1-60.
- Strippelmann L. (1871): Aphorismen über die Horovitzer Eisenwerke in Böhmen. - *Berg- und huettenmaennische Zeitung*, **30**, (5) 37-42, (11) 89-91, (19) 157-161, (20) 169-172, (28) 241-244, (30) 259-263, (31) 267-271.
- Šiler F. (1946): Několik úryvků z dějin obce Svatá. - MS Svatá.
- Šimák J. V. (1927-1928): Staré zprávy o rumělce u Jesenného. - *Od Ještěda k Troskám. Vlastivědný sborník českého severu* **6**, 75-78.

- Šimák J. V. (1932-1933): Zpráva o báňských podnicích v Podkrkonoší z 30. srpna 1633. - *Od Ještěda k Troskám. Vlastivědný sborník českého severu* **11**, 103-108; (O rumělkových báních v Jesenném, s. 105; Von dem Zinober-Bergwerk zu Geszeneý, s. 107-108).
- Urban F. (1939): Die Erzvorkommen des Plan - Weseritzer Bezirkes. Ein Auszug dem Bericht, erstatten im Auflage des Landtrats Plan von Dr. Ferdinand Urban. - MS, Geofond Praha P 383.
- Urban J. (1957a): Příspěvek k dějinám dolování rtuti v Čechách (Jedová hora a Svatá u Berouna). - MS Geofond Praha P 8 806.
- Urban J. (1957b): Příspěvek k dějinám dolování rtuti v Čechách (Jedová hora). - MS Geofond Praha P 11 869/21.
- Urban J. (1957c): Archivní posudek - Zpráva o výsledcích báňsko-historického výzkumu Svatá u Berouna. - MS ČGS (ČGÚ) C 48/10.
- Urban J. (2001): Dolování rtuti na Hořovicku a Křivoklátsku. - *Minulostí Berounska. Sborník Státního okresního archivu v Berouně*, **4**, 139 - 154.
- Velebil D. (2004): Dolování rumělky u obce Svatá, zjz. od Berouna. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **12**, 78-94.
- Vogt M. (1729a): Bohemia subterranea. - MS, Knihovna Národního muzea, oddělení rukopisů a starých tisků, signatura VII D 4 (koncept), s. 320.
- Vogt M. (1729b): Bohemia et Moravia subterranea. - MS, Knihovna Národního muzea, oddělení rukopisů a starých tisků, signatura VI D 10 (čistopis), s. 185.
- Vtělenský J. (1958): Polymetalické rudy středočeského ordoviku. Závěrečná zpráva. - MS Geofond Praha P 11 869/24.
- Vtělenský J. (1959): Polymetalické rudy železorudných ložisek středočeského ordoviku. - *Bohemia centralis (A - Scientiae naturales)*, vol. 1 (1959), fasc. 1, Krajský dům osvěty v Praze, kabinet muzejní a vlastivědné práce.
- Zheng Y.-F. (1999): Oxygen isotope fractionation in carbonate and sulfate minerals. - *Geochemical Journal* **33**, 109-126.
- Zippe F. X. M. (1836): Böhmens Edelsteine. - *Sitzung der königl.- böhm. Gesellschaft der Wissenschaften (Prag)*, 21-53.
- Zippe F. X. M. (1839): Die Mineralien Böhmens nach ihren geognostischen Verhältnissen und ihrer Ausstellung in der Sammlung des vaterländischen Museums, V. Abtheilung. Mineralien des Uibergangsgebirges. - *Verhandlungen der Gesellschaft des vaterländischen Museums in Böhmen (Prag)*, 17. allgemeinen Versammlung (3. April 1839), 28-67.
- Žežulka J. (1957): Výroční zpráva geologického průzkumu za rok 1957 (Vraní skála, Jedová hora na Berounsku). - MS Geofond Praha P 9420.
- sine (1833): Bericht der Beurtheilungs-Commission über die Ausstellung der Industrie Erzeugnisse Böhmens vom Jahre 1831.
- sine (1859): Statistischer Bericht der Handels und Gewerbekammer in Prag.

Příloha I, Dalibor Velebil, Historická ložiska cinabaritu v Čechách - genetická studie

Vzorek LB1 (Horní Luby 1) - tabulka s výsledky mikrotermometrických měření.

úlopek	inkluze	složení	typ	minerál	Fv	Tmice	TmCO2	Tmcla	ThCO2	>	Thtot	>	salinita
1	1	H2O-CO2	trail B	Q	0,50		-56,6	9,8	17,5	L	neměř.		0,4
1	2	H2O-CO2	trail B	Q	0,35		-56,6		13,1	L	neměř.		
1	3	H2O-CO2	trail B	Q	0,00		-56,6		30,5	L	neměř.		
1	4	H2O-CO2	trail B	Q	0,10		-56,6				neměř.		
1	5	H2O-CO2	trail A	Q	0,15		-56,6	9,9	30,2	L	neměř.		0,2
1	6	H2O-CO2	trail A	Q	0,30		-56,6		30,5	L	neměř.		
1	7	H2O-CO2	trail A	Q	0,40		-56,6		30	L	neměř.		
1	8	H2O-CO2	trail A	Q	0,40		-56,6		27,7	L	neměř.		
1	9	H2O	trail A	Q	0,95	-2,9					168	L	4,8
1	10	H2O	trail C	Q	0,90	-1,7					166	L	2,9
1	11	H2O	trail C	Q	0,95	-1,1					149	L	1,9
1	12	H2O	trail C	Q	0,95	-1,1					165	L	1,9
1	13	H2O	trail C	Q	0,95	-1,1					163	L	1,9
1	14	H2O	trail C	Q	0,95	-1,1					166	L	1,9
1	15	H2O	trail C	Q	0,95	-1,2					164	L	2,1
1	16	H2O	trail C	Q	0,95	-1,2					157	L	2,1
1	17	H2O	trail C	Q	0,95	-1,2					162	L	2,1
1	18	CO2	trail C	Q	0,00		-56,6		28,2	L			
2	1	H2O	trail E	Q	0,95	-3,4							5,6
2	2	H2O	trail E	Q	0,95						181	L	
2	7	H2O	trail E	Q	0,95						180	L	
2	3	H2O	trail E	Q	0,95						221	L	
2	4	H2O	trail E	Q	0,95						208	L	
2	5	H2O	trail E	Q	0,95						208	L	
2	6	H2O	trail E	Q	0,95	-3,5					224	L	5,7
2	8	H2O	trail E	Q	0,95						212	L	
2	9	H2O	trail E	Q	0,95						214	L	
2	10	H2O	trail E	Q	0,95						216	L	
2	11	H2O	trail E	Q	0,95						219	L	
2	12	H2O	trail E	Q	0,95						220	L	
2	13	H2O	trail E2	Q	0,95						195	L	
2	14	H2O	trail F	Q		-2,2					196	L	3,7
2	15	H2O	trail F	Q							192	L	
2	16	H2O	klastr G	Q		-3,3					215	L	5,4
2	17	H2O	klastr G	Q							201	I	
2	19	H2O	klastr G	Q							186	L	
2	20	H2O	klastr G	Q							216	L	
2	21	H2O	klastr G	Q							202	L	
2	22	H2O	klastr G	Q							194	L	

úlopek	inkluze	složení	typ	minerál	Fv	Tmice	TmCO2	Tmcla	ThCO2	>	Thtot	>	salinita
2	18	H2O	klastr G	Q							171	L	
2	23	H2O	klastr H1	Q							180	L	
2	25	H2O	klastr H1	Q							180	L	
2	24	CO2	klastr H1	Q	0,00		-57,1		28,2	L			
2	26	CO2	klastr H2	Q	0,00				27,9	L			
2	27	CO2	klastr H2	Q	0,00		-57,1		28,4	L			
2	28	CO2	klastr H2	Q	0,00				26,8	L			
2	29	CO2	klastr H2	Q	0,00				27,4	L			
2	30	CO2	oblast 2	Q	0,00		-56,8	9,1	28	L			1,8
2	31	CO2	oblast 2	Q	0,00				27,2	L			
2	32	H2O < CO2	oblast 2	Q	0,20		-56,8		28,2	L			
2	33	H2O < CO2	oblast 2	Q	0,20				27,8	L			
2	34	CO2	oblast 2	Q	0,10			8,2	25,5	L			3,5
2	35	CO2	oblast 2	Q	0,10				23,5	L			
2	36	CO2	oblast 2	Q	0,10				24,9	L			
2	37	CO2	oblast 2	Q	0,10		-56,85		25,9	L			
2	38	H2O < CO2	oblast 2	Q	0,15		-56,9		23,8	L			
2	39	CO2	oblast 2	Q	0,00				23,1	L			
2	40	CO2	oblast 2	Q	0,00		-56,9		23,3	L			
2	41	CO2	oblast 2	Q	0,00				22,7	L			
2	51	H2O- CO2	oblast 2	Q	0,75		-57				259	L	
2	42	H2O	oblast 2	Q		-0,7					162	L	1,2
2	45	H2O	oblast 2	Q		-1,6					153	L	2,7
2	44	H2O	oblast 2	Q		-1,6					159	L	2,7
2	43	H2O	oblast 2	Q		-2,4					219	L	4,0
2	46	H2O	oblast 2	Q	0,90						231	L	
2	48	H2O	oblast 2	Q									
2	49	H2O	oblast 2	Q							221	L	
2	50	H2O	oblast 2	Q							203	L	
3	1	CO2		Q	0,00		-57		24,9	L			
3	2	CO2		Q	0,50		-57		29	C			
3	3	CO2		Q	0,00		-56,9		29,5	L			
3	4	H2O- CO2		Q	0,60			9,2	18,4	L			2,5

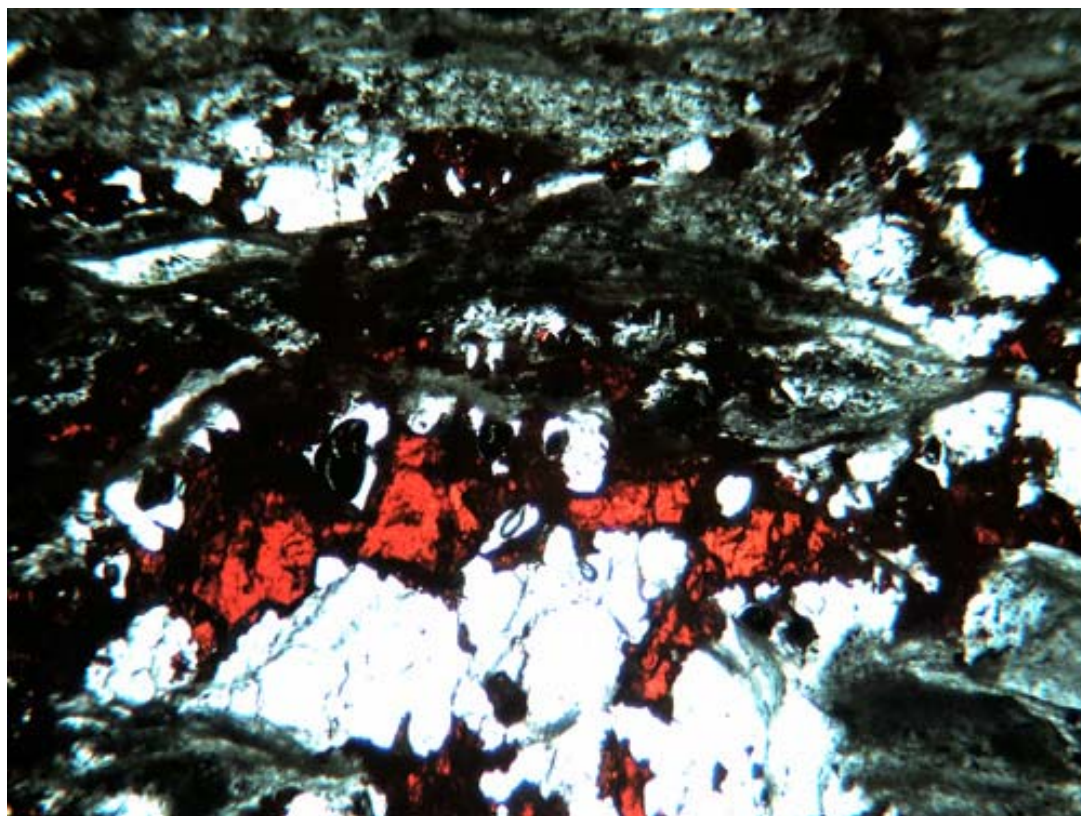
úlopek	inkluze	složení	typ	minerál	Fv	Tmice	TmCO2	Tmcla	ThCO2	>	Thtot	>	salinita
3	5	H2O-CO2		Q	0,90				11	L			
3	6	CO2		Q	0,00		-56,9		28,2	L			
3	7	H2O < CO2		Q	0,15				28,2	L	220	V	
3	8	H2O < CO2		Q	0,10		-56,1		28,3	L			
4	1	H2O-CO2		Q	0,80			9,0					2,1
4	2	H2O-CO2		Q	0,80			9,2	23,6	L	285	C	3,0
4	3	H2O-CO2		Q	0,80		-57,4	9,0	24,4	L			2,0
4	4	H2O < CO2		Q	0,80			9,0					2,0
4	5	CO2		Q	0,00		-57,1						
4	6	H2O-CO2		Q	0,80		-57,4	9,3	24,4	L			1,4
4	7	H2O-CO2		Q	0,80		-57,4		24,4	L			
4	8	H2O-CO2		Q	0,80		-57,4		24,4	L			
4	9	H2O		Q		-3,0					215	L	5,0
4	10	H2O		Q		-2,0					207	L	3,4
4	11	CO2		Q	0,00		-56,8						
4	12	H2O		Q		-2,0					168	L	3,4
4	13	H2O		Q		-1,8					168	L	3,1
4	14	H2O		Q		-1,9					172	L	3,2

Příloha II, Dalibor Velebil, Historická ložiska cinabaritu v Čechách - genetická studie

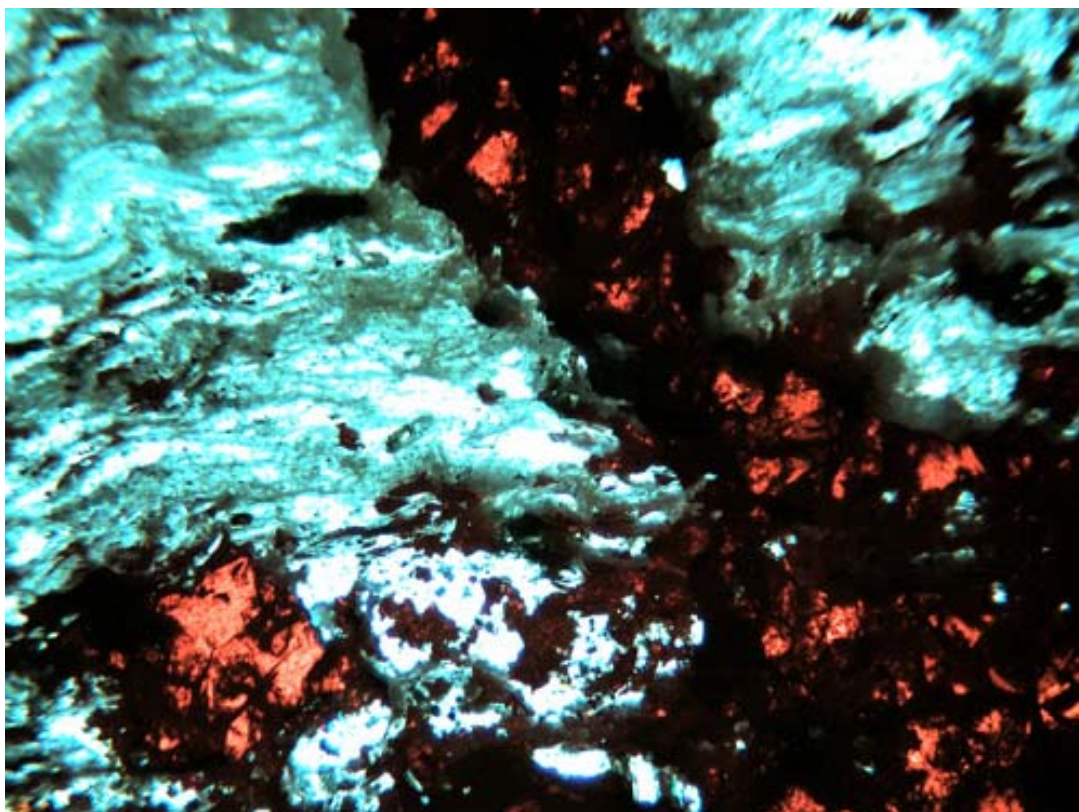
Jedová hora - tabulka s výsledky mikrotermometrických měření

Vzorek	úlopek	inkluze	složení	gen	typ	min	Fv odhad	Tvymr	Tmice	Thtot	>	SALINITA
JH8	1	1	H2O		trail A	baryt	0,95			128	L	
JH8	1	2	H2O		trail A	baryt	0,95			95,2	L	
JH8	1	3	H2O		trail C	baryt	0,95			114,6	L	
JH8	1	4	H2O		trail B	baryt	0,95			119,6	L	
JH8	1	5	H2O		trail C	baryt	0,95			101,5	L	
JH8	1	6	H2O		trail C	baryt	0,95	-41,00	-9,5	171	L	13,4
JH8	1	7	H2O		trail D	baryt	0,95	-41,00	-6,8	166	L	10,2
JH8	1	8	H2O			baryt	1,00	-53,00	-7,6			11,2
JH8	2	1	H2O		oblast1	baryt	0,95			127	L	
JH8	2	2	H2O		oblast2	baryt	1,00			170,8	L	
JH8	2	3	H2O		oblast2	baryt	1,00					
JH8	2	4	H2O		oblast2	baryt	0,95					
JH8	2	5	H2O		oblast2	baryt	0,95			187,6	L	
JH8	2	6	H2O		oblast2	baryt	0,95			159	L	
JH8	3	1	H2O			baryt	0,95			115	L	
JH8	3	2	H2O			baryt	0,95			113	L	
JH8	3	3	H2O			baryt	0,95	-39,00	-0,1	161,8	L	0,2
JH8	3	4	H2O			baryt	1,00	-38,10	-0,2	182,9	L	0,4
JH8	3	5	H2O		trail E	baryt	0,90			150,8	L	
JH8	3	6	H2O		trail E	baryt	0,90			146,2	L	0,4
JH8	3	7	H2O		trail E	baryt	0,95	-38,20	-0,2	138,4	L	
JH8	3	8	H2O		trail E	baryt	0,95			137,5	L	
JH8	3	9	H2O		trail E	baryt	0,95			143,8	L	
JH8	3	10	H2O		trail E	baryt	0,95			179,1	L	
JH8	3	11	H2O		trail E	baryt	0,95					
JH8	4	1	H2O			baryt	0,90					
JH8	4	2	H2O			baryt	0,90					
JH8	4	3	H2O			baryt	0,95			132,5	L	
JH8	5	1	H2O		oblast1	baryt	0,95		-1,4			2,4
JH8	5	2	H2O		oblast1	baryt	0,95	-39,10	0,0	142,4	L	0
JH8	5	3	H2O		oblast1	baryt	0,95			105,9	L	
JH8	5	1	H2O		oblast2	baryt	1,00		0,0			0
JH8	5	2	H2O		oblast2	baryt	1,00		0,0			0
JH8	6	1	H2O			baryt	0,95			142,1	L	
JH8	6	2	H2O			baryt	0,95			95,5	L	
JH8	6	3	H2O			baryt	0,95	-57,90	-11,0	127	L	15
JH8	6	4	H2O			baryt	0,95	-57,10	-10,3			14,3
JH8	7	1	H2O			baryt	0,95			137,5	L	
JH1	A1c	1	H2O		oblast1	Q1b	0,95	-41,20	-1,0	133	L	1,7
JH1	A1c	2	H2O		oblast1	Q1b	0,95	-48,00	-1,0	156	L	1,7
JH1	A1c	3	H2O		oblast1	Q1b	0,95			140	L	
JH1	A1c	1	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,95			173	L	
JH1	A1c	2	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,95			159	L	
JH1	A1c	3	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,95			127	L	
JH1	A1c	4	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,95			173	L	

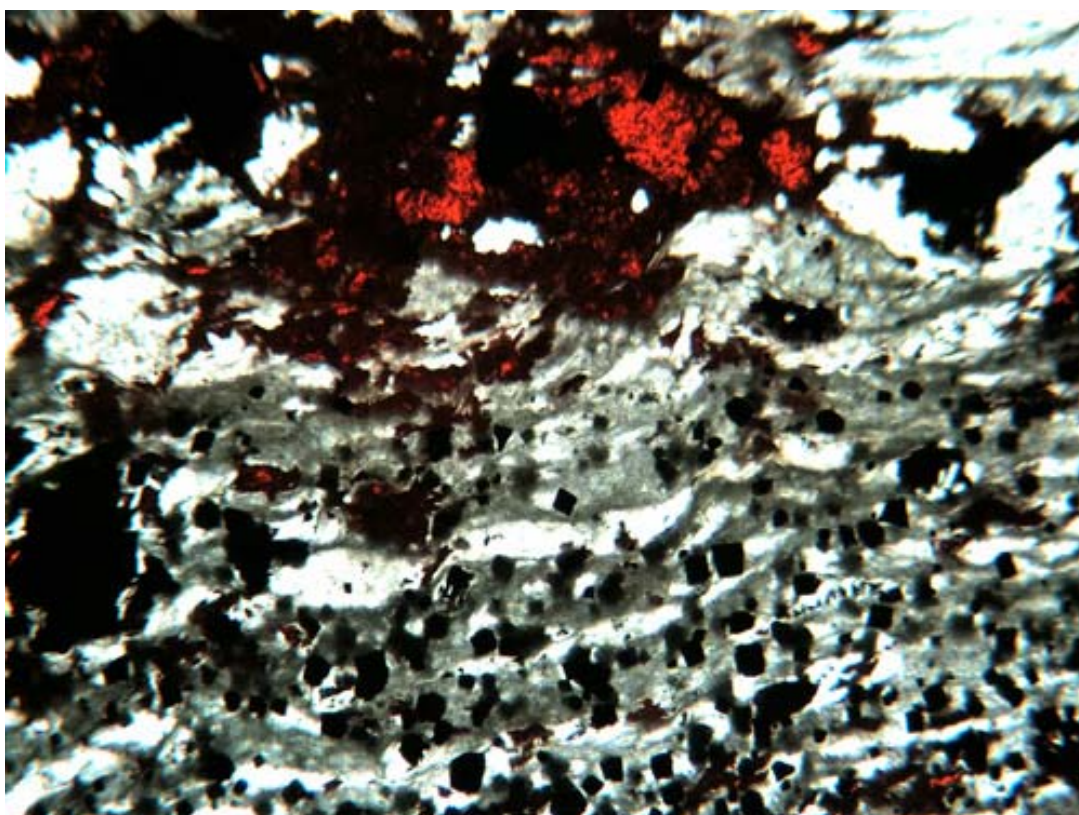
Vzorek	úlopek	inkluz	složení	gen	typ	min	Fv odhad	Tvymr	Tmice	Thtot	>	SALINITA
JH1	A1c	5	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,95			132	L	
JH1	A1c	6	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,90	-42,40	-0,8	171	L	1,4
JH1	A1c	7	H2O		trailF, oblast2	Q1b	0,95			158	L	
JH1	A1c	8	H2O		oblast2	Q1b	1,00			99,2	L	
JH1	A1c	9	H2O		oblast2	Q1b	0,95			156	L	
JH1	A1c	1	H2O		oblast3	Q1b	0,90	-43,00	-1,0	143,7	L	1,7
JH1	A1c	2	H2O		oblast3	Q1b	0,95	-43,00	-1,0	168	L	1,7
JH1	A1c	1	H2O		oblast4	Q1a	0,90					
JH1	A1c	2	H2O		oblast4	Q1a	0,95			98	L	
JH1	A1c	3	H2O		oblast4	Q1a	0,95			165,3	L	
JH1	A1c	4	H2O		oblast4	Q1a	0,95			164	L	
JH1	A1c	5	H2O		oblast4	Q1a	0,95			99,8	L	
JH1	A1c	6	H2O		oblast4	Q1a	0,95			167,5	L	
JH1	A1c	7	H2O		oblast4	Q1a	0,95			156	L	
JH1	A1c	1	H2O		oblast5	Q1a	0,90			157,9	L	
JH1	A1c	2	H2O		oblast5	Q1a	0,90			158,2	L	
JH1	A1b	1	H2O			Q1b	0,95			158,2	L	
JH1	A1b	2	H2O			Q1b	0,95			157,3	L	
JH1	A1b	3	H2O			Q1b	0,90			165,2	L	
JH1	A1b	4	H2O			Q1b	0,95			165,1	L	
JH1	A2	1	H2O	P	růstova zona	Q1b	0,95	-42,60	-1,6	148,8	L	2,7
JH1	A2	2	H2O	P	růstova zona	Q1b	0,95			153,7	L	
JH1	A2	3	H2O	P	růstova zona	Q1b	0,95	-42,70	-1,7	154	L	2,9
JH1	A2	4	H2O	P	růstova zona	Q1b	0,95			145	L	
JH1	A2	5	H2O	P	růstova zona	Q1b	0,95			150,5	L	
JH1	A2	6	H2O	P	růstova zona	Q1b	0,90			155	L	
JH1	A2	7	H2O			Q1b	0,95			155	L	
JH1	A2	8	H2O			Q1b	0,95			147	L	
JH1	A2	9	H2O			Q1b	0,90					
JH1	A2	10	H2O			Q1b	0,95	-40,50	-1,7	112,2	L	2,9
JH1	A5	1	H2O			Q1b	0,95	-42,90		151	L	
JH1	A5	2	H2O			Q1b	0,95	-40,30		161	L	
JH1	A5	3	H2O			Q1b	0,95			117,3	L	
JH1	A5	4	H2O			Q1b	0,95			117,1	L	
JH1	A5	5	H2O			Q1b	0,95			115,3	L	
JH1	A5	6	H2O			Q1b	0,95	-35,60	-1,6	117	L	2,7
JH1	A5	7	H2O			Q1b	0,95	-37,70		128,8	L	



III/1. Cinabarit, Horní Luby. Zrna cinabarity v křemeni ve foliaci fylitu; šířka záběru 5 mm. Foto D. Velebil



III/2. Cinabarit, Horní Luby; šířka záběru 5 mm; agregát cinabaritu příčně přetíná foliaci fylitu tvořeného křemenem a muskovitem. Foto D. Velebil



III/3. Cinabarit, pyrit, Horní Luby; šířka záběru 5 mm. Automorfni krychlové krystaly pyritu (dole) a zrna cinabaritu (nahore) ve fylitu. Foto D. Velebil