ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
LXXXIX (2004): 81–89, 2004

MINERALOGIE POLYMETALICKÉHO RUDNÍHO VÝSKYTU HEROLTICE U TIŠNOVA (SVRATECKÁ KLENBA MORAVIKA)

MINERALOGY OF POLYMETALLIC ORE OCCURRENCE NEAR HEROLTICE (SVRATKA DOME, MORAVICUM)

KAREL MALÝ

Abstract

Malý, K. (2004): Mineralogy of polymetallic ore occurrence near Heroltice (Svratka Dome, Moravicum). Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 89, 81–89, (with English summary).

Mineralogy of polymetallic ore occurrence near Heroltice (Svratka Dome, Moravicum)

Pb-Zn mineralization Heroltice near Tišnov is described. The vein and metasomatic types of mineralization is composed by galena, sphalerite, quartz, calcite and dolomite-ankerite; chalcopyrite, tetrahedrite and hessite is rare. The mineralization is mesothermal type (according to the stable isotope thermometry a fluid inclusion study).

Key words: Pb-Zn ore mineralization, Moravicum, Czech Republic

Karel Malý, Muzeum Vysočiny Jihlava, Masarykovo náměstí 55, 586 01 Jihlava, Czech Republic, e-mail: maly-karel@post.cz

Úvod

Lokalita s výskytem polymetalického zrudnění se nachází asi 1 km jz. od obce Heroltice, na levé straně údolí u lesní cesty do Maršova. Podle ORLA (1961) je zde doložena těžba písemnými doklady z r. 1584, předmětem těžby byl zřejmě limonit a Fe-karbonáty. Při geologickém průzkumu v padesátých a šedesátých letech, kdy byla provedena řada technických prací (vyraženy nové a vyzmáhány některé staré šachtice a štoly, rýhy, proveden vrt) se zjistilo, že se těžil i galenit.

Do nedávna byla na lokalitě přístupná pouze štola Valérie (ražená při geologickém průzkumu), i ta je dnes však uzavřena a na lokalitě jsou tak patrné pouze silně zasucené povrchové zbytky po důlních pracech (obr. 1 a 2).

Z ložiskově geologického hlediska byla polymetalická mineralizace u Heroltic podrobně hodnocena ČEŠKOVOU a ORLEM (1971) a ČEŠKOVOU (1978), nejnověji pak MÁTLEM (2001). Mineralogicky nebyla lokalita dosud moderně zpracována.

Metody

Vzorky ke studiu byly získány v terénu v letech 1997–2000, v menším množství byly studovány vzorky z depozit Moravského zemského muzea v Brně a Muzea Vysočiny v Jihlavě. Mikrosondové EDX analýzy provedl v Ústavu geologických věd PřF MU Br-

Obr. 1. Ústí štoly Valerie, stav z r. 2002.
Fig. 1. Valerie gallery, 2002.

no V. Vávra na elektronovém mikroskopu CAMSCAN s připojeným EDX analyzátorem AN 10000 (nábrusy byly napařeny uhlíkem, použité urychlovací napětí 20 kV, doba načítání spektra 100 s, spektra byla vyhodnocena pomocí programu ZAF, uváděné výsledky jsou průměrem minimálně ze dvou stanovení na tomtéž zrnu). Analýzu ICP galenitu provedl K. Novotný na Katedře analytické chemie PřF MU Brno. Chemické analýzy karbonátů provedli P. Kadlec a I. Zavadilová v Ústavu geologických věd PřF MU Brno: SiO_2 + n. p. vážkově, CaO a MgO titračně chelatometricky, Fe^{2+} titračně, Fe celkové fotometricky, MnO AAS, H_2O Pentfieldovou metodou. Chemické analýzy rudniny byly provedeny v laboratoři Gematest Černovice (A. Manda) metodou AAS, Au extrakcí roztokem boru v HBr (výsledky analýzy poskytl RNDr. Houzar). Izotopové analýzy síry byly provedeny na ČGS Praha na hmotnostním spektrometru Finigan MAT 251 (SO_2 byl připraven žíháním vzorku ve vakuu s oxidem měďnatým při 770 °C; výsledky jsou vyjádřeny v jednotkách $\delta^{34}S$ ‰ a vztaženy ke standardu CDT). Termometrický výzkum fluidních inkluzí byl proveden v ČGS Praha v komoře Chaixmeca; komora byla kalibrována pomocí chemických standardů Merck, podle teploty tání ledu destilované vody a podle fázových přechodů v inkluzích s čistým CO_2. Inkluze byly zkoumány v oboustranně leštěných preparátech. Výpočet charakteristik fluid z naměřených dat byl proveden pomocí programu FLINCOR – fluid inclusion application.

Geologická situace

Zrudnění je lokalizováno na jv. okraji autochtonní jednotky moravika, při tektonickém styku se skupinou Bílého potoka, v pruhu tzv. herolticko-lažáneckých vápenců devonského stáří (obr. 3). V okolí štoly Valérie jsou tyto vápence šedé až šedobílé, větši-

Obr. 2. Zbytky důlních prací na lokalitě, stav z r. 1997.
Fig. 2. Old mining works, 1997.

nou jemnozrnné a bez patrného zvrstvení (ČEŠKOVÁ, OREL 1971). Vápence jsou často zkrasovatělé, dutiny jsou vyplněny jíly a limonitem. V blízkosti zrudnělých křemenných čoček a žil jsou intenzivně prokřemenělé, místy získávají až charakter kvarcitů. V sv. úseku rudního výskytu popisují ČEŠKOVÁ, OREL (1971) laminované, tmavě šedé a brekciovité vápence (v nich vznikal metasomatický typ zrudnění – viz dále). Tyto vápence obsahují někdy výrazný podíl dolomitové složky. Západně od zkoumaného rudního výskytu uvádějí zmínění autoři kontakt (převážně tektonický) vápencového pruhu s horninami fylitického a rulového vzhledu svrateckého komplexu. Kontakt je tektonicky značně komplikovaný (ložiskový prostor leží pravděpodobně v antiklinální části vrásy), horniny jsou podél něj drceny, prokřemeněny, vápence jsou prošlehány karbonátovými žilkami a limonitizovány.

Charakteristika zrudnění

ČEŠKOVÁ, OREL (1971) uvádějí z Heroltic dva typy zrudnění: 1) metasomatické zrudnění ve vápencích tvořené sfaleritem, galenitem a podružným chalkopyritem, pyritem a velmi vzácným tetraedritem; 2) téměř monometalické galenitové zrudnění vázané na křemen žilného a čočkovitého vývoje (tento typ mineralizace byl odkryt mj. ve štole Valérie; čočky křemene zde mají mocnost maximálně do cca 1 m). Následující popis se týká převážně křemen-galenitového typu zrudnění.

Ve zkoumaném typu zrudnění je zcela převládajícím sulfidem **galenit**. Tvoří v křemeni velmi jemnozrnné, nahodile rozptýlené agregáty (v průměru kolem 2–3 mm velké) nebo drobné žilky s malým dosahem a o mocnosti do 1 mm. Žilky galenitu nemají v křemeni pozorovatelnou přednostní orientaci. Hnízda galenitu o velikosti až kolem 1 cm

Tabulka 1. Obsah minoritních prvků v galenitu (ppm).
Table 1. Content of trace elements in galena (ppm).

	Ag	Bi	Sb	Sn	Cd
H1-2	806	478	124	4	9
H1-3	1404	455	620	11	23
H1-4	1039	608	161	2	11
H1-5	1285	974	43	3	7

Všechny vzorky: vtroušeniny galenitu do 0,3 cm v bílém křemeni, štola Valerie.
All samples: grains up to 0,3 cm in white quartz, Valerie gallery.

jsou velmi vzácná. Agregáty galenitu jsou vždy xenomorfní, běžně uzavírají korodované, původně automorfní krystaly křemene. Značná část zkoumaných vzorků galenitu je různě intenzivně postižena přeměnou na cerusit, někdy i na anglesit. Přeměna postihuje zejména okraje zrn (zde převládá cerusit) a častá je i podél ploch štěpnosti (zde je běžný i anglesit, který do galenitu z ploch štěpnosti „keříčkovitě" proniká. Obsah mikroprvků v galenitu shrnuje tab. 1 – pozoruhodné jsou zvýšené obsahy Bi a Ag.

Sfalerit je podstatně vzácnější, jediné v terénu nalezené makroskopické vzorky pocházejí z okrajových partií křemenné čočky ve štole Valérie. Je světle hnědý, tvoří nepravidelná zrna kolem 2–3 mm velká. Okraje jeho agregátů a štěpné trhliny jsou limonitizovány. Uzavírá hypautomorfní krystaly křemene, velmi vzácně i drobné, izometrické inkluze chalkopyritu. Výjimečně se objevuje na žilkách s galenitem a srůstá s ním.

Tabulka 2. Mikrosondové EDX analýzy sfaleritu (hm.%) .
Table 2. Microprobe EDX analysis of sphalerite (wt.%).

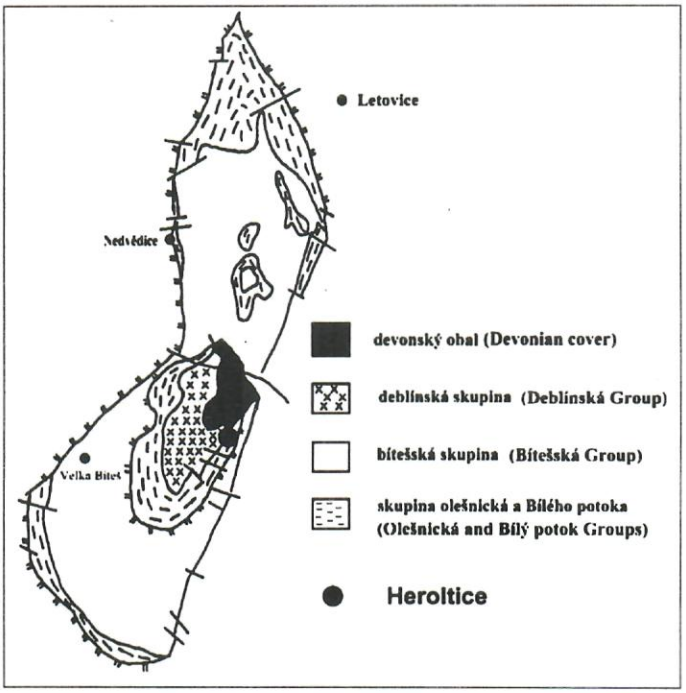
	4-10	4-11-1	4-11-2
Zn	65,92	65,05	64,78
Fe	1,90	2,06	2,38
Cd	0,33	0,35	0,39
S	32,36	31,23	31,29
suma	100,51	98,69	98,84
empirický vzorec			
Zn	0,999	1,022	1,015
Fe	0,034	0,038	0,044
Cd	0,003	0,003	0,004
suma M^{2+}	1,036	1,063	1,063
S	1	1	1

Všechny vzorky: vtroušeniny sfaleritu do 2 mm v šedohnědém křemeni, štola Valerie.
All samples: grains up to 2 mm in gray-brown quartz, Valerie gallery.

Chalkopyrit (mimo zmíněných inkluzí ve sfaleritu) vzácně srůstá i s galenitem (zrna do 0,2 mm), zcela výjimečně v něm tvoří i silně přeměněné (již jen s relikty chalkopyritu), automorfní krystaly.

Pouze mikroskopicky a vzácně byly v galenitu zjištěny inkluze **tetraedritu** a **hessitu.** Inkluze obou nerostů mají obvykle přibližně oválný tvar a velikost do 30 μm. Podle EDX analýzy neobsahuje tetraedrit Ag a As (Cu 38,50 hm. %; Zn 3,08 hm. %; Fe 3,12 hm. %; Sb 30,19 hm. %; S 25,50 hm. %; suma 100,39). EDX analýza hessitu vykázala obsahy: Ag 61,96 hm. %; Te 36,65 hm. %; As 1,47 hm. %; S 0,24 hm. % (suma 100,32).

Obr. 3. Schematická geologická mapa s vyznačením studované lokality.
Fig. 3. Geological situation of the locality Heroltice.



Jako hlušina je ve sledovaném typu zrudnění zastoupen téměř výhradně **křemen**. Je většinou šedobílý, místy i téměř čirý nebo naopak velmi jemnou galenitovou „impregnací" zbarven do šedočerného odstínu. Tento starší křemen, jehož zrna jsou vždy xenomorfní a místy nevýrazně undulozní, je pronikán žilkami mladšího křemene. Ten je stejně zbarven (jen někdy obsahuje nepatrnou příměs limonitu), ale mikrokopicky je díky jiné velikosti zrn rozlišitelný. Na těchto mladších křemenných žilkách se objevuje i galenit.

Z metasomatického typu zrudnění uvádí ČEŠKOVÁ, OREL (1971) **kalcit** a karbonáty dolomit-ankeritové řady. Podle klasifikace TRDLIČKY, HOFFMANA (1975) je lze charakterizovat jako **dolomit** a **Mg ankerit**, viz obr. 4. Kalcit a Mg ankerit byly potvrzeny i novými analýzami (tab. 3).

Tabulka 3. Chemické analýzy karbonátů (hm.%).
Table 3. Chemical composition of carbonates (wt.%).

	H1	H2	H4	H6
	Mg ankerit	kalcit	kalcit	Mg ankerit
H_2O^-	0,01	0,04	0,01	0,04
SiO_2+n.p.	2,04	1,08	1,64	2,11
CaO	29,18	53,44	53,69	32,87
MgO	9,44	1,00	0,51	7,97
FeO	15,73	1,18	1,01	13,58
MnO	0,57	0,35	0,36	0,53
CO_2	42,74	43,23	42,99	42,76
suma	99,71	100,32	100,21	99,86

Všechny vzorky: bílé až nažloutlé karbonáty z žilek o mocnosti do 1 cm ve vápenci.
All samples: white and yellow-white veins of carbonate up to 1 cm thick in limestone.

Výsledky analýzy ručně vytříděné žiloviny shrnuje tab. 4, pozoruhodné jsou obsahy zlata nad 1 ppm.

Tabulka 4. Obsahy vybraných kovů v žilovině.
Table 4. Content of selected metal in ore material.

	Au	Ag	Cu	Sb	Zn	Pb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	hm. % – wt. %
I-4	1,03	66	211	11	71	7,59
I-5	1,68	75	54	7	59	8,44

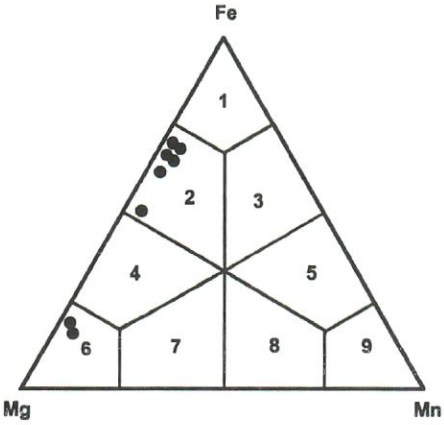
Oba vzorky: křemenná žilovina s galenitem, štola Valerie.
Both samples: qurtz with galena, Valerie gallery.

Předpokládané sukcesní schéma mineralizace je: křemen1 – pyrit – sfalerit – galenit – chalkopyrit – křemen2. Podle ČEŠKOVÉ a ORLA (1971) vznikaly karbonáty po celou dobu krystalizace sulfidů.

Nejběžnějším sekundárním minerálem je v Herolticích **limonit**. Ve štole Valérie vyplňuje dutiny ve vápencích, často v těsné blízkosti zrudnělé křemenné čočky. Sekundární minerály olova jsou zastoupeny dříve zmíněným **cerusitem** a **anglesitem**. Řídký je **malachit**, který tvoří povlaky a práškovité agregáty; pouze mikroskopicky byl zjištěn vzácný **smithsonit (?)** tvořící lemy kolem zrn sfaleritu. KRUŤA (1966) uvádí z Heroltic dále **azurit**.

Geochemie izotopů síry

Izotopové složení síry sulfidů je relativně homogenní (to ukazuje na stabilní fyzikálně-chemické podmínky při krystalizaci sulfidů, zejm. pH, Eh, teplotu a neměnný zdroj síry). Lze předpokládat i ustavení izotopové rovnováhy v hydrotermálním roztoku (tab. 5). Teplota ustavení izotopové rovnováhy vypočtená pro dvojici sfalerit-galenit z jednoho makrovzorku je 205 °C (výpočet podle OHMOTO, RYE 1979). Při použití této teploty dostáváme pro tzv. celkovou síru hydrotermálního roztoku hodnotu $\delta^{34}S$ přibližně mezi -1 až +1 ‰.



Obr. 4. Karbonáty v klasifikačním diagramu Trdličky, Hoffmana (1975). 1 – ankerit, 2 – Mg ankerit, 3 – Mn ankerit, 4 – Fe dolomit, 5 – Fe kutnohorit, 6 – dolomit, 7 – Mn dolomit, 8 – Mg kutnohorit, 9 – kutnohorit.

Fig. 4. Classification of carbonates (according Trdlička, Hoffman 1975). 1 – ankerite, 2 – Mg ankerite, 3 – Mn ankerite, 4 – Fe dolomite, 5 – Fe kutnohorite, 6 – dolomite, 7 – Mn dolomiteite, 8 – Mg kutnohorite, 9 – kutnohorite.

Tabulka 5. Izotopové analýzy síry sulfidů.
Table 5. Sulphur isotope composition of sulphides.

	minerál/mineral	$\delta^{34}S$ ‰, CDT
He-1	galenit	-2,9
He-2	galenit	-4,3
He-3	galenit	-4,3
He-4	galenit	-3,4
He-5	galenit	-3,4
He-6	galenit	-3,6
He-I-1	galenit	-1,1
He-7	sfalerit	+0,1
He-8	sfalerit	-1,5
He-I-1	sfalerit	2,1
He-I-2	sfalerit	1,2

Všechny vzorky: vtroušeniny sulfidů v křemeni do 3 mm, štola Valérie.
All samples: grains up to 3 mm in quartz, Valerie gallery.

Fluidní inkluze

V křemeni byly zjištěny primární dvoufázové plynokapalné inkluze zaplněné roztoky H_2O–NaCl±(Ca, K, Mg–Cl) typu. Tvar inkluzí je pravidelý (oválný), místy mají inkluze tvar negativních krystalů. Zaplnění inkluzí je obvykle pravidelné mezi 0,7 až 0,9. Velikost inkluzí zkoumaných termometrickými metodami byla 5–40 μm.

Teploty homogenizace inkluzí se pohybují v rozmezí 206 až 265 °C (průměrně 238±18 °C; měřeno u 16 inkluzí). Při kryometrických měřeních jsou teploty tání posledního krystalu ledu v inkluzích v rozmezí -0,2 až -7,3 °C. To odpovídá salinitě 0,4 až 10,9 hmot. % NaCl ekv. (průměrně 6,2±2,4 hmot. % NaCl ekv.; měřeno u 24 inkluzí).

Diskuze

Základní mineralogické charakteristiky umožňují přirovnat zkoumané zrudnění k ostatním výskytům Pb-Zn(-Sb) mineralizací ve svratecké klenbě. Jako společné znaky se jeví: typ zrudnění (metasomatický a vtroušený žilně-čočkový typ); jednoduchá parageneze (v podstatném množství pouze galenit, sfalerit, křemen a karbonáty) i makrochemismus sfaleritu a karbonátů. V detailní mineralogické charakteristice je však rudní výskyt Heroltice odlišný od ostatních lokalit s Pb-Zn (Sb) zrudněním ve svratecké klenbě: zcela netypický je mikrochemismus galenitu (vysoké obsahy Ag a Bi), chemismus tetraedritu (nízké obsahy Ag) a zejména výskyt hessitu. Zajímavostí jsou nezanedbatelné obsahy zlata v rudnině; ve svratecké klenbě však výskyt Au na některých polymetalických ložiscích není neobvyklý (viz např. HOUZAR, MALÝ 2002).

Teplota vzniku zrudnění (205 °C podle izotopového termometru) odpovídá dobře teplotám vzniku ostatních Pb-Zn(-Sb) mineralizací ve svratecké klenbě (mezi 200 až 260 °C

pro různé lokality – např. MALÝ, DOBEŠ 2001; MALÝ 2000; HRAZDIL et al. 2003 aj.). Také salinita a složení hydrotermálních roztoků jsou v Herolticích podobné; vyšší teploty homogenizace inkluzí, než mají dosud zkoumané Pb-Zn(-Sb) mineralizace ve svratecké klenbě, lze vysvětlit tím, že byly zkoumány inkluze i v křemeni, který vznikal před krystalizací sulfidů (a za vyšších teplot).

Izotopové složení síry sulfidů naznačuje, že síra pochází z hlubinného zdroje. Olovo galenitů z Heroltic je však anomálně obohaceno o všechny radiogenní izotopy Pb (PATOČKA et al. 1984) a je jednoznačně interpretováno jako olovo pocházející z korových hornin (obdobně izotopově anomální jsou olova i z ostatních lokalit s polymetalickým zrudněním ve svratecké klenbě). Protože si lze jen obtížně představit hydrotermální proces, při kterém by síra sulfidů byla generována z hlubinného a olovo z „povrchového" zdroje, je pravděpodobné, že i síra sulfidů z Heroltic je sírou odvozenou z korových hornin (magmatogenních; vyloučit nelze ani možnost, že se jedná o síru generovanou z několika zdrojů s různým izotopovým složením). Jistým náznakem genetické souvislosti rudodárných fluid a kyselých magmatických hornin jsou i vysoké obsahy Bi a Ag v galenitech.

Odlišné charakteristiky má žilná mineralizace typu křemen-baryt(±karbonát±fluorit) se sporadickými sulfidy v širším okolí (Tišnovsko, okolí Maršova-Javůrku). Tyto mineralizace jsou vysloveně nízkoteplotní, vznikaly z roztoků s často vysokou salinitou, jsou v nich zastoupeny jiné minerály a minerály zastoupené v obou typech zrudnění mají rozdílné chemické vlastnosti (srovnej MALÝ, DOBEŠ 2002; DOLNÍČEK 1999).

Uvedené údaje podporují názor o genetické sblíženosti zkoumané lokality a ostatních Pb-Zn(-Sb) mineralizací ve svratecké klenbě. U těchto lokalit (např. štěpánovský rudní revír, Rozseč nad Kunštátem, Štěchov-Lačnov, Jasenice, Horní Loučky) je podle posledních výzkumů vyloučena jejich genetická vazba na magmatogenní tělesa a tektonické lineamenty (tento názor zastával např. MÁTL, 1974 nebo BERNARD, 1991). Vznik Pb-Zn(-Sb) mineralizací je nově spojován s metamorfními pochody (např. MALÝ, DOBEŠ 2001).

PODĚKOVÁNÍ

Autor děkuje všem kolegům za pomoc s provedením analýz a jejich vyhodnocením. Recenzentovi děkuje za opravy a připomínky k rukopisu. Výzkum byl podpořen grantem GA ČR 205/02/P104.

SUMMARY

Pb-Zn mineralization near Heroltice (Moravicum, Svratka Dome) is situated in Devonian limestone (Heroltice-Lažánky type). Mineralization is metasomatic and vein type: galena (up to 1404 ppm Ag, up to 974 ppm Bi) and sphalerite (up to 2,39 wt. % Fe, up to 0,39 wt.% Cd) are disseminated in quartz and calcite–dolomite–ankerite gangue. Other ore minerals are rare: chalcopyrite, tetrahedrite, hessite. The mineralization is mesothermal type (about 205 °C according to the sulphur isotope thermometry). $\delta^{34}S$ value of hydrothermal solution is between -1 and +1 ‰ CDT. The fluid inclusions in quartz contain solutions of H_2O-NaCl±(Ca, K, Mg-Cl) type; their salinity are from 0,4 to 10,9 wt. % NaCl equiv. The inclusions were homogenized at temperatures between 206 and 265 °C.

LITERATURA

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

ČEŠKOVÁ L., 1978: Metalogenetická charakteristika některých jednotek při východním okraji Českého masívu. – *Folia Univ. J. E. Purkyně*, 19, 3: 7–99. Brno.

ČEŠKOVÁ, L., OREL, P., 1971: Polymetalické zrudnění žilně metasomatického typu u Heroltic. – *Sborník geol. věd, řada LG*, 14: 41–63.

DOLNÍČEK, Z., 1999: Parageneze barytových výskytů v blízkém okolí Tišnova. – Diplomová práce, *MS* Ústav geologie PřF MU Brno. Brno.

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

HRAZDIL, V., MALÝ, K., DOBEŠ, P., HOUZAR, S., 2003: Pb-Zn mineralizace u Horních Louček na Tišnovsku. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 88: 139–148.

KRUŤA, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1965. – Moravské muzeum. Brno.

MÁTL, V., 1974: Metalogeneze moravika. – *Sbor. Geol. Průzk. Ostrava*, 12/1974, 7: 41–51.

MÁTL, V., 2001: Heroltice – stará těžba Fe a Pb-Zn rud. – *Minerál*, 9: 108–109. Brno.

MALÝ, K., DOBEŠ, P., 2001: Stable isotope and fluid inclusion study of epithermal polymetallic mineralization near Štěpánov nad Svratkou (Svratka Dome, Moravicum). – *Věst. Čes. geol. úst.*, 76, 1: 15–21.

MALÝ, K., DOBEŠ, P., 2002: Mineralogie polymetalických rudních výskytů u Maršova a Javůrku (svratecká klenba moravika). – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 87(2002): 75–85.

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

OHMOTO, H., RYE, R. O., 1979: Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes H. L. (ed.): Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – Wiley, New York.

OREL, P., 1961: Závěrečná zpráva o prospekci Pb-Zn-rudy v Herolticích. – *MS* Geofond. Praha.

PATOČKA, F., POŠMOURNÝ, K., RAJLICH, P., RICHTER, A., VANĚČEK, M., 1984: Využití Pb-izotopockých dat pro prospekci ve vulkanosedimentárních oblastech Českého masívu. – *Výzkumné práce Ústředního ústavu geologického*. 32 ú. Praha.

TRDLIČKA, Z., HOFFMAN, V., 1975: Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Gangkarbonate von Kutná Hora, ČSSR. – *Freiberger Forschungshefte*, 6: 29–81. Leipzig.