

## Odhad množství stříbra obsaženého v polymetalických rudách ložiska Kutná Hora vytěžených od 13. století

The estimation of the amount of the silver obtained in polymetallic ores mined out from the Kutná Hora deposit, Czech Republic, from the 13<sup>th</sup> century

MILAN HOLUB

Malý Beranov 8, CZ-586 03; e-mail: holubmilan@seznam.cz

**Abstract:** In the Kutná Hora region (Czech Republic) several hundred mines produced silver-bearing polymetallic ores from the end of the 13<sup>th</sup> century to the Industrial Revolution. About 2000–3000 metric tons of silver was extracted from these ores according to J. Kořan (1950) and J. Bílek (1985). Unfortunately, their estimations are mostly based on documents from the time when the mines were restored under King Jiří z Poděbrad and from the Early modern period. Data on the silver production in the pre-Hussite (Medieval) period is very scarce.

Results of 20<sup>th</sup> century geological research and lead-zinc ore exploitation as well as historical research were used for an estimation of the amount of silver in the mined ore using methods of ore reserve calculation.

The result is lower than Kořan's classical estimation of 2000 metric tons of extracted silver. About 400–500 metric ton was mined in the Early modern time, which corresponds with Bílek's data. About 1000 metric tons of this precious metal was contained in ore extracted in Medieval times.

**Keywords:** Kutná Hora, silver, ore mining, medieval time, early modern time

### ÚVOD

Několik set dolů produkovalo z Kutnohorského polymetalického ložiska za posledních Přemyslovců a za Lucemburků na dobové evropské poměry značná množství stříbra. Po husitských bojích byly doly obnovovány za vlády Jiřího z Poděbrad a produkce drahého kovu dosáhla nového vrcholu za vlády Jagellonců. Po nástupu Ferdinanda I. se začal projevovat pomalý a dlouhodobý pokles ceny stříbra spojený s válkami Habsburků v západní Evropě i vleklými boji Habsburků s Turky. Tyto války byly ze značné části hrazeny levným americkým stříbrem. Tato inflace byla nešťastně provázená i postupným vyčerpáváním bohatších galenitových rud ložiska. Zároveň vzrůstaly náklady na těžbu z větších hloubek, na složitější hutnění převážně kyzových rud a obtížné získávání dřeva pro doly a hutě. Tyto vlivy, spolu s politickou nestabilitou počínajícího 17. století, vedly k ekonomickému zhroutilí produkce stříbra. Třicetiletá válka byla pro horní podnikání pomyslnou ranou z milosti. Pozdější pokusy o obnovu těžby, jakkoli zajímavé z různých hledisek, nedokázaly vrátit hornímu podnikání na Horách Kutných bývalou slávu.

Podle nečetných údajů o velikosti urburý (neboli o velikosti podílu panovníka na zisku z ražby mince) v předhusitském období a podle neúplných údajů o množství důlních propůjček a produkci dolů v pohusitském období, usoudil J. Kořan (1950), že z Kutnohorského revíru bylo získáno (zmincováno) přibližně 2000 tun stříbra. Toto množství převzal M. Holub do kolektivní studie a pozdější publikace (Holub et al. 1974, 1982). Na základě Bílkových nepublikovaných zpráv o historii těžby na některých žilných pásmech (Bílek 1962–1972) odhadl M. Holub celkovou produkci rudy do poloviny 19. století na 10 milionů tun.

Podle J. Bílka (Bílek 1985), který se montanistickou historií revíru dlouhodobě zabýval, bylo v době předhusitské

„... ročně získáváno kolem 2 až 3 tisíc kg (stříbra) a později za příznivých okolností i 5 a více tisíc kg tohoto kovu.“ Po krizi v době husitských bouří produkce stříbra opět stoupala a v průběhu 16. století se střídala období růstu s obdobími stagnací a poklesů. Krize třicetileté války byla těžkou ranou kutnohorskému dolování. J. Bílek (1985) svou představu časového průběhu produkce stříbra vyjádřil v grafu, v němž se přiklonil k celkovému odhadu produkce ve výši snad až 3000 tun kovu. Bohužel způsob odhadu produkce citovaný autor neuvádí a zároveň nerozlišuje důlní, hutní a mincovní produkci kovu. J. Kořan (1988), pravděpodobně pod vlivem Bílkových výzkumů, zvýšil svůj odhad celkové produkce na 2500 tun, a to tak, že snížil produkci po r. 1450 ze 750 na přibližně 500 tun a zvýšil produkci předhusitskou.

Kutnohorský revír byl od konce 13. století ložiskem stříbra, v druhé polovině 20. století se stal ložiskem zinku. V letech 1958 až 1991 bylo vytěženo v severní části revíru celkem 2,5 mil. tun rudy, která obsahovala 44,6 tisíc tun zinku (průměrná kovnatost necelých 1,8 % Zn) a něco mezi 100 až 300 tunami stříbra, které přibližně z celé poloviny bylo součástí prodáváného zinkového koncentrátu. Nepřesnost tohoto odhadu je způsobena tím, že obsahy stříbra nebyly při průzkumu a těžbě do poloviny 60. let sledovány. Většina stříbra však skončila v odpadech, hlavně na odkališti flotační úpravný. Část rudy z Rejzského pásma neprošla úpravnou a po spontánní oxidaci na haldě skončila jako stavební materiál pro nadjezd v Malíně.

V polovině devadesátých let jsem pro J. Veselého z ČGÚ zpracovával pravděpodobnou historickou produkci arzenu a síry z hlavních ložisek v Českém masivu metodami variantních modelových výpočtů zásob nerostných surovin (Holub 2002). Přitom jsem zjistil, že odhad celkové produkce nejen arzenu a síry, ale i dalších kovů – zlata, stříbra, olova, mědi a zinku – závisí hlavně na obtížně odhadnutelné výši

předhusitských těžeb. V Kutnohorském revíru byly modelové výpočty zvláště citlivé na průměrné mocnosti rudy, kovnatosti zvětralinových rud, výrubnosti rudy a na výtěžnosti úpravy a hutnění. Malou úpravou vstupů do modelu, úpravou, která byla zcela v hranicích lokálně ověřených dat, se měnila celková produkce stříbra z Kutnohorského ložiska v rozmezí 2 až 3 tisíc tun kovu.

Po získání údajů z průzkumných prací posledního dvacetiletí dvacátého století od kolegů M. Mikuše a M. Hušpauera (Hušpauer et Mikuš 1989, 1995, 1996, Mikuš et Hušpauer 1980, 1988), a po sérii publikací J. Bílka o výsledcích historicko-montanistického výzkumu v Kutnohorském revíru (Bílek 2000a–2000g), jsem se k problému vrátil. Pro snížení nejistoty výsledků jsem se orientoval na variantní výpočty zásob na hlavních žilných pásmech ložiska. Výsledkem je odhad množství stříbra obsaženého ve vytěžených rudách. Tento výsledek lze po doplnění odhadu ztrát při úpravě a hutnění rud srovnávat s velikostmi produkce stříbra uváděnými výše citovanými autory.

Tato práce má klasickou strukturu výpočtu zásob: geologie ložiska v míře nutné pro pochopení modelů distribuce mineralizace a pro konturaci bloků zásob rudy. Následuje odhad báňsko-ekonomických podmínek dobytelnosti platných v hlavních obdobích využívání ložiska, popis základních dobývacích metod, rozčlenění ložiska podle prozkoumanosti, popis ložiskových objektů a jejich rozdělení na výpočtové bloky, výpočet zásob po blocích včetně zdůvodnění vstupů do výpočtu. Variantní výpočty byly prováděny v tabulkovém procesoru Lotus 123 a zároveň byly posuzovány přesnosti zjištěných výsledků. Výsledky výpočtů jsou semikvantitativní, a proto jsou uváděny slovně. Poslední částí je sumarizace výsledků a její porovnání s předchozími odhady.

Poměrně značná část tohoto textu je věnována geologii ložiska. Bohužel již téměř čtvrt století uplynulo od privatizační likvidace dolů těžících rudy v tomto státě. Mladším badatelům tak chybí možnosti udělat si představu o tom, jak tvary a kovnatosti ložisek vypadají a jak komplikují život těžářům. Od doby Agricolových instruktivních vyobrazení základů ložiskové geologie ((dle Agricola 1556, kniha III (Leminger 1912)) převládá představa o deskovitým tvaru rudních žil a kreslení přímků či křivek do map a řezů je dodnes oblíbenou kratochvílí. Prohlédneme-li si v archívech zachované mapy dobývek, snadno se přesvědčíme, že mineralizované útvary uvnitř rudonosných zón připomínají spíše cévní systémy živých tvorů. Proto pro rekonstrukci tvarů a kovnatostí rudy ve vydobytých prostorách je bezpodmínečně nutná znalost faktorů ovlivňujících lokalizaci mineralizace na ložisku.

## SPOR O POČÁTKY TĚŽBY KUTNOHORSKÉHO LOŽISKA STRÍBRA

Není přesně známo, kdy bylo nalezeno Kutnohorské ložisko stříbra. Sporadická těžba začala pravděpodobně v druhé polovině padesátých let 13. století. Prvé doly, či snad „ryže“, podle tradice Jaroslavem Bílkem zmíněné, leč blíže neupřesněné (Bílek 1985), byly snad situovány na Kaňku, Sukově a Kuklíku, tj. v severní části revíru. Jan Kořínek (reprint

1997) se o této tradici nezmiňuje, uvádí však barokně rozvinutou pověst o nálezu prutů stříbra sedleckým mnichem a označení nálezu kutnou na klášterních pozemcích jižně od cisterciáckého konventu v Sedlci – tedy v území pozdější kutnohorské městské zástavby.

Podle J. Bílka (přehledně in Bílek 1985, podrobná diskuze in Bílek 2000e) se však těžilo stříbro již od 10. století s J. Bílkem odhadovanou, avšak zcela nedoloženou produkcí okolo jedné tuny kovu ročně. J. Bílek ve své argumentaci vychází z existence slavníkovské mincovny v Malíně, dále z názvu dolu Rejzy („ryže“?) na svahu Turkaňku nad Malínem a ze založení cisterciáckého kláštera v Sedlci roku 1142. Ten měl, podle Bílkova názoru, za úkol vzdělávat nikoliv zemědělství v zemědělsky již kultivované krajině, ale věnovat se stříbrným ložiskům. Jan Kořan (1988) pochybuje o tom, že budou nalezeny přímé doklady o dolování mezi 10. až 12. stoletím. Ve shodě s O. Lemingerem (Leminger 1924) uvažuje, že nález Kutnohorského ložiska lze datovat do doby kolem poloviny 13. století, a „... k legendárnímu sběhu na Kutně vyvolanému snad objevy bohatých nálezů v oblasti Starého neufangu v blízkosti kostela Všech svatých v jižní části revíru ...“ došlo mezi roky 1276 a 1290. Moderní geochemické výzkumy rozsáhlejší těžbu stříbra před polovinou 13. století vylučují (Veselý 2000, Šrein et al. 2006, Holub 2006b). Pravděpodobně však bylo v 9.–11. století někde na území pod vládou Slavníkovců, rýžováno zlato (viz výsledky šlichové prospekce in P. Morávek et al. 1992). To potvrzují i analýzy zbytků kovů a strusek na prubířských střepech z nedalekých hradisek Na Oldřiši u Velkého Oseka a ze Staré Kouřimi (J. Zavřel, ústní sdělení, Zavřel et Mařík 2012). Další archeologické výzkumy potvrzují zpracování kovů až ve 13. století (Frolík, Šrejtn et Tomášek 2001) a fantaskní Němečková reinterpretace nálezů od Malína (Holub 2005).

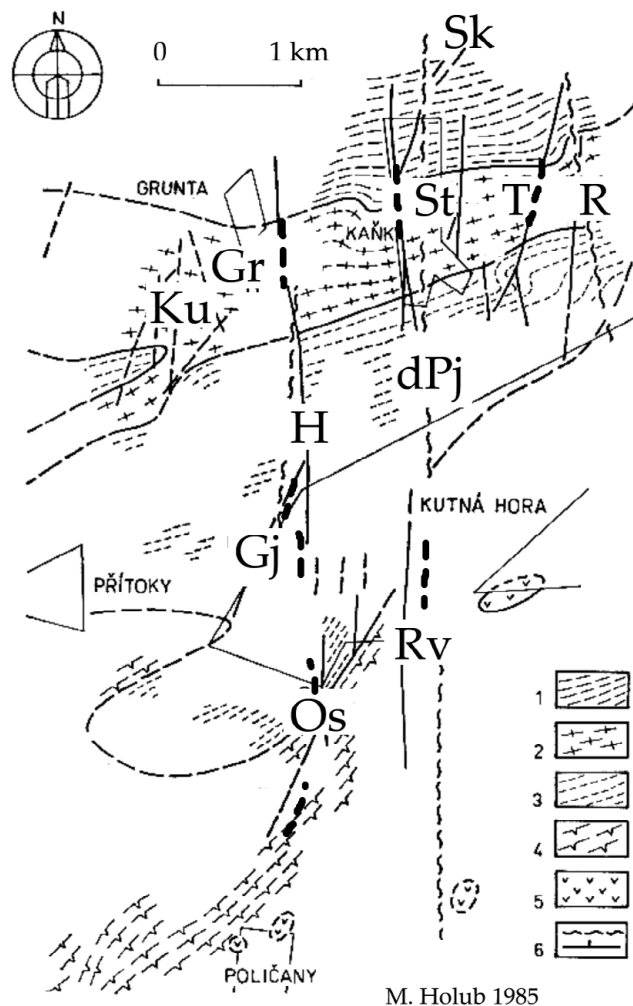
V době „sběhu na Kutně“ bylo stříbro intenzivně získáváno v nedalekých rudních revírech v okolí Jihlavy a Brodu, tehdy Smilova. Právě nález bohatých rud v Kutné Hoře a s nimi spojená stříbrná horečka byly hlavní příčinou opouštění chudých dolů v širokém okolí.

## GEOLOGIE LOŽISKA

Záznam geologické minulosti uchovaný v horninách Kutnohorska začal nejméně před 700–900 miliony let (My). Mořské sedimenty byly v mladším proterozoiku zvrátněny do horského pásma v dnešní východní a severovýchodní Africe. Horniny poměrně pestrého složení byly regionálně metamorfovány na konci proterozoika, (přibližně před 550–650 My) a staly se součástí Afrického štítu. V hloubkách asi 15–25 km, za středních až vysokých tlaků a relativně vysokých teplot přesahujících 600 °C, vznikaly ruly a migmatity dnes budující krystalinikum kutnohorského revíru. Ve starším paleozoiku se postupně od africké kontinentální kry oddělovaly různé veliké bloky zemské kůry, které se přesouvaly oceánem (geology zvaném Japetus) k pevnině dnešního Baltického štítu. Koncem starších prvohor a ve svrchním devonu a spodním karbonu (před 300–360 My) byly variským vrátněním starší kry spolu se sedimenty

prvohorních moří zvrásněny a stmeleny v pásečné horstvo. Český masiv je nedílnou součástí tohoto starého pohoří Paleoevropy (podrobněji in Mísař et al. 1983).

V mladších prvohorách – svrchním karbonu a v permu (před ca 300–250 My) se z tropických pralesů rostoucích u mořských zálivů a v jezerech mezihorských depresí tvořilo



Obr. 1. Schema geologické stavby kutnohorského ložiska. Pokryvné útvary – svrchní křída až kvartér – nejsou vyznačeny. Krystalinikum: Malínská jednotka: 1 – svrchní ruly, 2 – centrální migmatity, 3 – spodní migmatizované ruly. Pestrá jednotka: 4 – svrchní pestré souvrství, 5 – tělesa hadců a amfibolitů, 6 – dislokace a rudní žíly. Topografické názvy rudních pásem: Gr – Gruntecké, St – Staročeské, T – Turkaňské, R – Rejzské, H – Hloušecké, Gj – Grejfské, Rv – Roveňské, Os – Oselské, dPj – dislokace Panské jámy. Obrácenými perličky a želízky jsou vyznačeny ústí jam Panské (Staročeské pásmo), Turkaňské, Grejfské, Roveňské a důl Osel.

Fig. 1. Schematic geological chart of the Kutná Hora silver bearing deposit. The Quaternary to Late Cretaceous overburden is not shown. Crystalline complex – the Malín Unit: 1 – upper gneisses, 2 – central migmatites, 3 – lower migmatized gneisses. The Varied Unit: 4 upper varied layers, 5 – the serpentinite and amphibolite bodies, 6 – dislocations and ore veins. Topographic names of vein systems: Gr – Gruntecké, St – Staročech, T – Turkaňk, R – Rejzky, H – Hlouška, Gj – Grejfy, Rv – Roveň, Os – Osel, dPj – dislocation of Panská jáma shaft. Old abandoned shafts are shown as reversed crossed hammers: Panská (Staročech vein system), Turkaňská, Grejfská, Roveňská and Osel mine

uhlí. V téže době v horských blocích kyselá magmata pronikala zemskou kůrou, na zemském povrchu místy vznikaly sopky. V hloubkách několika kilometrů žhavá magmata tuhla v podobě rozsáhlých granitových a granodioritových masivů. V permu kyselý vulkanismus zvolna utíchal a byl vystřídán bazickým, melafyrovým vulkanizmem. Tato permská fáze vývoje Českého masivu je v kutnohorském ložisku prezentována žilnými vyvřelinami – žulovými porfyry a lamprofyry (Losert 1962, Holub et Jurák 1978).

Suchozemská eroze reliéfu pokračovala až do svrchní křídly. Koncem druhohor (ca před 95–85 My) byl Český masiv zaplaven epikontinentálním mělkým a teplým mořem. V kutnohorském revíru zůstaly ve sníženinách terénu zachovány relikty sedimentů předchozích období, včetně reliktní zvětralinových rud. V morfologicky exponovaných částech reliéfu mořský příboj hluboce erodoval všechny měkčí horniny, včetně zvětralinových rud. Širší okolí ložiska bylo přeměněno v abrazní plošinu pokrytou vápenci a vápnitými pískovci, později při rostoucí hloubce moře i slínovci. Koncem křídového útvaru moře z Českého masivu ustoupilo a eroze postihovala křídové sedimenty. Z terciárního období se zachovala v okolí Roveňského pásma polohy štěrkopísků a v jižní části Grunteckého pásma byly nalezeny písčité jíly. Během kvartérních chladných období značná část revíru byla pokryta váťnými sedimenty – vápnitými sprašemi. V nížině v severním předpolí revíru jsou přítomny i říční sedimenty související s tokem Labe a jeho přítoky.

V průběhu věků vznikaly i minerální asociace, které mohly být, nebo i byly používány jako rudy. Příkladem je magnetitový skarn u Malešova, různé formy metamorfogenních žil se zlatem, či křemen- turmalinitové žíly s kasiteritem. Zlato a kasiterit vytvářely po zvětrání mateřských hornin drobná, v minulosti využívaná rýžoviska. Nejvýraznějším produktem pozdně variské minerogeneze byl vznik plutogenní polymetalické mineralizace. Kutnohorské ložisko vzniklo, podle izotopického složení olova (Legierski et Vaněček 1965), koncem permu – přibližně před 250–255 My, relativně nehluboko pod povrchem. I když studium fluidních uzavřenin (Žák et al. 1993) ukazuje na značnou hloubku vzniku žil, geologická kritéria jsou s jejich výsledky v rozporu. Na příklad přítomnost brekciových, druzových i kokardových textur rud, větvení žil směrem k povrchu, výrazná zonálnost a diferenciacie mineralizace uvnitř rudních sloupů ukazují, že dnešní výchozové partie Rejzského a Turkaňského pásma vznikaly v hloubce maximálně jednoho kilometru pod tehdejší povrchem.

#### KRYSTALINIKUM LOŽISKOVÉHO ÚZEMÍ

Geologii kutnohorského ložiska se zabývali již Bedřich Katzer (1885) a Rudolf Sokol (1925). Svě válečné a poválečné výzkumy monograficky shrnul Jaromír Koutek (1951, 1966). Ten také zmapoval rozsah výskytů leukokratických metamorfovaných hornin, které označil jako kaňkovskou ortorulu a odlišil ji od výběžků kouřimských ortorul zasahujících do jižního okolí ložiska. Podle koncepce Jiřího Loserta (Losert 1961) je jižní část území budována pestrou

jednotou kutnohorského krystalinika. V nadloží této pestré jednotky, v severní části území, vydělil J. Losert monotónní malínskou jednotkou. Milan Holub, Miloš Mikuš a Milan Hušpauer při průzkumu ložiska v druhé polovině dvacátého století navázali na Losertovo litostratigrafické členění krystalinika. Podstatné upřesnění geologie ložiska (obr. 1) přinesly nejen ražby důlních prací v severní části revíru, ale také desítky mapovacích a ložiskových vrtů.

Spodní část pestrého souvrství zasahuje do nejjižnější části území ložiska. Svrchní pestré souvrství vychází na den skalními výchozy v údolí Vrchlice od Karlova až k okolí Velkého rybníka. Podle výsledků průzkumných vrtů (Mikuš et Hušpauer 1988) většina žil Roveňského a Oselského pásma proniká horninami tohoto souvrství. Pro souvrství je typické střídání centimetrových až několik metrů mocných poloh různých metamorfítů. Ve většině případů lze pozorovat, že střídání má rytmický charakter (Holub 1985). Odchylné vložky (amfibolity, mramory, erlány a ojedinele i polohy ortorulového složení) tvoří budiny většinou několikametrové velikosti.

V nadloží pestré jednotky je vyděleno souvrství spodních migmatitizovaných rul budující centrální a jihozápadní části ložiskového území. Toto souvrství náleží již k malínské jednotce. Výše v litostratigrafickém sledu jsou definována souvrství centrálních migmatitů a souvrství svrchních rul. Přechody souvrství jsou pozvolné, časté je střídání mocnějších poloh migmatitů s polohami různě intenzivně migmatitizovaných rul. Centrální migmatity tvoří geomorfologicky vystupující pruh vrchů od východního svahu Turkaňku přes Sukov a Kuklík k Vysoké. Svrchní ruly budují nejsevernější část revíru a to severně od linie Hořany přes důl Magda na severním svahu Turkaňku a pokračují k hadcovému tělesu severovýchodně od Malína (Holub 1985).

#### DISJUNKTIVNÍ STAVBA ÚZEMÍ

Hydrotermální roztoky, z nichž vznikaly polymetalické žíly, pronikaly do již existujícího systému puklin a trhlin. Znalost orientace a vlastností puklin a trhlin je základním předpokladem pro analýzu struktury ložiska.

Pararuly obou litostratigrafických jednotek jsou intenzivně rozpukány, četnost puklin v povrchových výchozech se pohybuje mezi třemi až deseti puklinami na jeden metr. Migmatity a horniny ortorulového vzhledu mají četnost puklin asi třikrát nižší. Na Turkaňské jámě bylo zjištěno, že puklin do hloubky ubývá. Četnost puklin se snižuje zvláště v migmatitech. Na pátém patře (ca 400–450 m pod povrchem) je četnost puklin přibližně o jeden řád nižší než na prvním patře (ca 50–100 m pod povrchem). Pukliny v celém území tvoří zákonité systémy k místně převládajícím symetamorfním lineacím, neboť jimi je určena tektonická anizotropie hornin. Všeobecně v severní a jižní části území převládají strmé pukliny směru sever – jih. V centrální části revíru jsou nejčetnější pukliny směru severozápad – jihovýchod. Pukliny jsou orientovány přibližně kolmo k průběhu horninových pruhů. Pukliny v pararulách malínské jednotky jsou většinou rovné, ale neprobíhají na vzdálenost větší než

několik metrů. V místech detailního provrácení je jejich průběh ovlivňován místní stavbou hornin. Časté jsou smykové dvojice puklin svírající úhel okolo 30–40°. Pukliny v migmatitech jsou méně hojné. Kratší bývají rovné, delší jsou však nerovné. Pukliny v pestré jednotce jsou většinou nerovné, často rychle mění svůj směr a sklon na střídajících se odchylných horninových vložkách. Časté jsou případy výrazných puklin v horninách ortorulového vzhledu, mizících ve svorových vložkách.

Výrazné dislokace ovlivňující lokalizaci a vývoj polymetalického zrudnění jsou, podle mapy M. Mikuše (in Mikuš et Hušpauer 1988), v severní části ložiska přítomny zvláště na Grunteckém a Staročeském pásmu. Jsou orientovány ve směru SSZ–JJV až S–J. Drobnější zpeřené dislokace zde mají směr SV–JZ. Na Grunteckém pásmu byl zjištěn kombinovaný posun a pokles západní kry o několik set metrů (Hoffman et al. 1982). Systém dislokací (většinou západního úklonu) od Grunteckého pásma pokračuje k jihu, přes Hloušecké pásmo, okraj Grejfského pásma do oblasti pásma Oselského.

Na Staročeském pásmu je výrazná severojižní dislokace Panské jámy, omezující Staročeské pásmo od východu a upadající strmě k východu. Tato dislokace se v centrální části ložiska dělí, podobně jako Staročeské pásmo, do řady větví. Směrně v jižní části ložiska na tento systém navazují dislokace v oblasti Roveňského pásma. Na Turkaňském a Rejzském pásmu převládají dislokace směru SSV–JJZ, které byly jednak využity rudonosnými roztoky, jednak porudními pohyby porušujícími polymetalickou mineralizaci. Pravděpodobné dislokace omezující hadcové těleso u Malína a pokračující k jihu nebyly ověřovány.

V jižní části ložiska byl na Roveňském pásmu (Mikuš et Hušpauer 1988) vrty zjištěn i systém dislokací převážně směru S–J. Na Grejfském a Oselském pásmu je, mimo směru S–J, výrazně přítomen i směr SV–JZ.

Dislokace směru SZ–JV na severním úpatí Turkaňku, uvedená v geologické mapě 1: 200000 (list Jihlava) plnou čarou jako zjištěná, nebyla báňskými pracemi potvrzena.

#### MINERALIZOVANÉ STRUKTURY

Mnoho, převážně mineralogicky a geochemicky zaměřených prací publikovali od padesátých let minulého století Jan Hus Bernard, Antonín Blüml, Jaroslav Hak, Vladimír Hoffman, Jan Kutina, Milan Kvaček, František Novák, Petr Pauliš, Alois Tacl, Zdeněk Trdlička a Jiří Vtělenský. Výsledky jejich práce jsou v následujícím textu zohledněny.

Stechiometrické vzorce minerálů uvedených v textu nenalezt v poznámce na konci textu.

Rudní žíly vyplňují trhlinový systém vzniklý pravděpodobně v závěru variského vrásnění, v době rozpadu horstva do převážně příčných hrástí a prolomů. Orientace mineralizovaného systému je ovlivněna starší, metamorfoenní stavbou krystalinika. Mineralizované a hydrotermálně alterované trhliny a dislokace tvoří systém smykových trhlin, typický pro přechod z antiklinály do synklinály. Pro tento přechod je charakteristické postupné sbíhání diagonálních smykových struktur směrem k ose synklinály (podrobněji in Holub 1975)

### STARŠÍ KŘEMENNÉ A TURMALINITOVÉ ASOCIACE

Z okolí Křesetic popsal J. Losert (1968) žilky křemene s hnědým jehličkovitým turmalínem a akcesorickým kasiteritem. Tyto žíly, dosahující zřídka větší mocnosti než několik decimetrů, označil za „žilky turmalín-kasiteritové formace“ s paragenezí minerálů kasiterit, apatit, turmalín, draselný živec, arzenopyrit a křemen. Rozeznal čtyři facie: křemenných žil, a to žilnou, metasomatickou, turmalinitovou a pegmatitovou.

Obdobné žilky s převládajícím křemenem a masou mikroskopicky jehličkovitého hnědého turmalínu (dále jen turmalinitu) byly nalezeny v prostoru Staročeského pásma. Zvláště hojně jsou v okolí Benátské žíly a je pravděpodobné, že tato žíla sleduje jejich strukturu. Žilky jsou většinou drobné, nejvýše několik centimetrů mocné. Časté jsou skupiny žilek, které probíhají na vzdálenost několika metrů a kulovitě nasazují a vykliňují. Byl pozorován laterální přechod turmalinitové žilky do žíly mléčného křemene staršího než křemeny polymetalické mineralizace. Endokontakty žilek jsou většinou tvořeny aplitickou horninou, často drcenou. Rovněž turmalíny nesou stopy několikanásobného drčení a dorůstání jedinců. Křemen tvoří většinou centrální části žilek. Akcesoricky se vyskytují apatit a rutil (pohromadě s turmalínem). Kasiterit je velmi vzácný.

V téže zóně s turmalinitou a řidčeji i v ostatních místech se v horninách malínské jednotky vyskytují pravé a sedlové žilky a žíly hluchého bílého a šedého křemene. Tyto žilky, mocné několik centimetrů až dva decimetry, nemají vyvinuty výraznější alterace ve svém okolí. Na kontaktech žil jsou většinou aplitické lemy. Tyto křemenné žilky jsou starší než polymetalické zrudnění, což je pozorovatelné na řadě míst Turkaňského a Staročeského pásma. Tento křemen byl v dokumentaci označován jako „nultý křemen“. Obdobné sedlové žilky křemene byly pozorovány i v horninách ortorulového vzhledu v okolí Křesetic a Bykáně. Sedlové žilky jsou vyvinuty na plochých synmetamorfních vráskách. V jižní části revíru žilky turmalinitu a křemene vyplňují většinou drobné kulisovité trhliny směru SZ–JV a vzácněji směru S–J a V–Z.

Z hlediska stáří a geneze se zřejmě jedná o heterogenní skupinu mineralizací. Pro jejich dělení chybí jednoznačná kritéria. V některých typech z těchto žil v blízkém i širším okolí Kutné Hory se vyskytuje i zlato (Morávek et al. 1992, Šrein et al. 2006). Turmalinitové žilky jsou také starší než pozdně variské žíly lamprofyrů.

### POLYMETALICKÁ MINERALIZACE

Rudní kutnohorské výskyty bývají shrnovány do skupin označovaných jako pásma, jichž obvykle bývá jmenováno 14 až 20. Do jednotlivých pásem bývá zařazováno několik žil. Rozdíl mezi pásmy a žilami, podle některých autorů spočívá v tom, že pásma jsou tvořena několika desítkami metrů mocnými zónami hydrotermálně alterovaných hornin, v nichž se ruda vyskytuje v podobě jednotlivých žil. Naproti tomu bývá zdůrazňováno, že se vyskytují také „pravé“ žíly s poměrně úzkými lemy hydrotermálních alterací. Věnujeme-li bližší pozornost tomuto problému, zjistíme, že název

pásmo má pouze topografický význam. Rozdíl v mineralizaci a v mocnosti alterací mezi některými mineralizovanými zónami a žilami je způsoben různým vztahem k hlavním strukturám ložiska – na příklad na Staročeském pásmu k dislokaci Panské jámy. Považujeme-li tuto dislokaci za prvořadou strukturu (rozsáhlé alterace a minimální mineralizace), potom Hlavní žíla tohoto pásma (rozsáhlé alterace i rozsáhlá mineralizace) je strukturou druhého řádu. Ostatní pásma a žíly v okolí (Alžbětino, Niffelské, Skalecké a drobnější žíly Staročeského pásma) jsou strukturami nižších řádů. Mají menší plošný rozsah, poměrně úzké lemy hydrotermálních přeměn a relativně vyšší obsah žiloviny a rud. Jejich ekonomický význam je však podstatně menší než má či měla Hlavní žíla. Obdobně lze analyzovat i další pásma. Rudní čočky jsou na „pravých“ žilách drobnější a jsou více ovlivňovány místními strukturálními a litologickými poměry.

Kutnohorská pásma bývají také dělena na pásma kyzová, přítomná v severní části revíru a na pásma stříbrná. Někdy jsou vydělována ještě pásma přechodná (např. Pauliš in Bartoš 2004). Toto dělení, zdánlivě odražející zonálnost rud na ložisku, má prapůvod v ranně novověké hutní technologii. Podle chování rud při tavení byly rozlišovány kyzy a leštěnce. Profesor ložiskové geologie na Karlově univerzitě Jaroslav Koutek (1951) přidal k topografickému významu termínu pásmo i význam genetický. Rozdělil ložisko na pásma kyzová a stříbrná. Vydělil zóny podle soudobých názorů na temperovanost rud – nejseverněji stanovil zónu kyzových rud, která k jihu a jihozápadu přechází do zóny olovnato-stříbrných rud a nejj jižněji do zóny antimon – stříbrných rud. Zdrojem mineralizace měl být chvaletický žulový masív, nebo neznámý masív ukrytý pod křídou severně od ložiska. Toto jednoduché paradigma v mírně modifikované formě vydrželo v geologické literatuře dodnes (Bernard 1953, Hak et Novák 1970, Bernard et Pouba et al. 1986 atd.).

Podle rozsáhlé úvodní studie k ložiskovému průřezu (Holub et al. 1974), jejíž resumé bylo publikováno až v roce 1982, hydrotermální roztoky pronikaly k povrchu podél ploch dislokací a trhlin. Horké, silně kyselé roztoky rozkládaly minerály okolních hornin a vynášely kationy. Některé z kationů krystalizovaly ve vyšších částech hydrotermálních systémů většinou v podobě karbonátů (Ca, Mg, část Mn), sulfidů (Fe), nebo byly vynášeny až k povrchu a s vřídelnými vodami rozptylovány do prostředí. Hluběji pod povrchem rudonosné roztoky obsahovaly rudní prvky vázané na komplexní sloučeniny síry, chloru a kyslíčnicku uhličitého. Tyto roztoky byly zprvu v rovnovážném stavu. Při vzestupu k povrchu, do chladnějších hornin, přecházely roztoky do metastabilního stavu. Vnější impulzy, na příklad rychlé snížení tlaku v důsledku změny hydraulických poměrů při zemětřesení, zvýšená interakce s okolím v zóně otírání drobnějších puklin a intergranulár, změny chemizmu okolních hornin či změny elektrických potenciálů (přítomnost pyritu či grafitu v okolních horninách), způsobily rozpad komplexních sloučenin: z roztoku se začaly vylučovat rudní minerály. Rozpad se šířil i proti proudu přicházejícího metastabilního roztoku. Rudní minerály se

vylučovaly v kutnohorském ložisku v hloubkovém intervalu několika set metrů, snad až dvou kilometrů.

V Kutnohorském ložisku bylo na důlních a průzkumných dílech zjištěno několik minerálních asociací, které se na žilách opakují ve stejném sledu. Toto opakující se schéma je označováno jako zonálnost rud. V nejhlubších částech Hlavní žíly Staročeského pásma se vyskytuje zóna Fe a Fe-As sulfidů (dále jen zóna Fe-As), tvořená hlavně pyritem, pyrhotinem a arzenopyritem (stechiometrické vzorce minerálů jsou uvedeny v poznámce na konci textu). V této zóně byly zjištěny i poněkud zvýšené obsahy Au (0,05-0,5 g/t). Směrně a vzhůru přistupuje k předchozím minerálům chalkopyrit doprovázený freibergitem. Tato asociace je označována jako zóna Cu-rud. Ještě výše a ve větší směrně vzdálenosti se nalézá zóna Sn-Cu-Zn-rud (též komplexních rud), tvořená předchozími minerály, dále staninem a tmavým, téměř smolně černým sfaleritem. Z této zóny jsou známy nejvyšší obsahy Zn a In. Ubýváním staninu a chalkopyritu přechází tato zóna do zóny Zn-rud. Zároveň směrně i dovrchně ubývá i pyrhotin a arzenopyrit. Na Turkaňském pásmu přechází zóna Zn-rud směrem vzhůru a do stran do Pb-Zn-rud. Galenit se nejdříve vyskytuje na zpeřených strukturách, výše přechází do vlastní žiloviny. Na přechodu obou zón značně ubývá pyrhotin a arzenopyrit je vázán prakticky pouze na okolorudní alterace. Zároveň stoupá obsah Ag v rudách a objevuje se i makroskopicky patrný Ag tetraedrit – freibergit. Tento typ rudy je typický pro jižní a nejsevernější část Rejzského pásma. V jižním okraji Turkaňského pásma byla navrtána i mineralizace Pb-Ag zóny, jinak běžná v jižních částech ložiska. Obsahuje pyrit, galenit, freibergit a podřízeným tmavě hnědým sfaleritem.

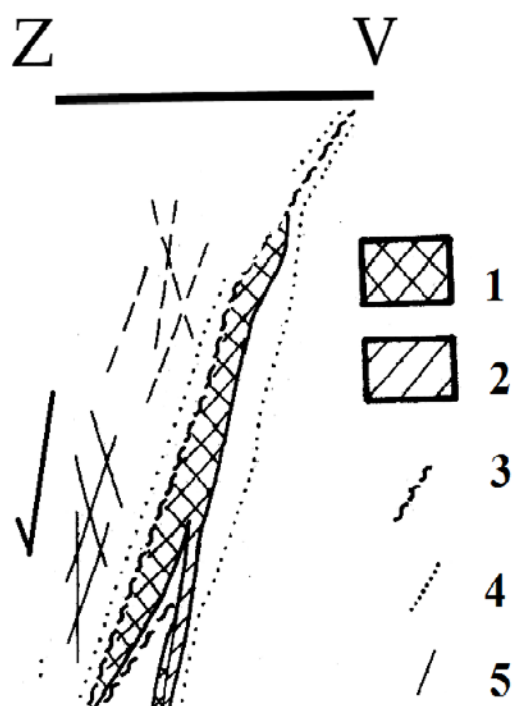
Nejnižší zóny tohoto idealizovaného řezu dosahují na žilách nejvýše v úsecích brekciových textur, které bývají vyvinuty převážně v migmatitech, většinou podél jejich styku s rulami. Minerály Sb-Ag mineralizační periody tuto všeobecnou zonálnost nedodržují, vyskytují se v severní části revíru převážně v okolí strukturních uzlů, lamprofyrů apod.

Uvedenou zonálnost dodržují obvykle rudy na několika sousedních žilách i pásmech, mají společné východisko (centrem) zonálnosti a společný střed zonálnosti indikuje pravděpodobně mineralizační centrum, místo hlavního přítoku rudonosných roztoků.

Srovnáme-li mapy rozšíření zájmových minerálů v horizontální ploše ložiska s geologickou stavbou, jsou nápadné některé skutečnosti. Arzenopyrit je rozšířen v celém ložisku a vytváří řadu center na hlavních strukturách. Pyrhotin je rozšířen hlavně na pásmech v severní části území. Podružně je přítomen na Kuklickém, Hloušeckém a Grejfském pásmu. Na Oselském a v severní části Roveňského pásma se vyskytuje akcesoricky, i když v historických zprávách jsou údaje o „fryši“ (pyrhotinu?) obsaženy. Dá se říci, že pyrhotin je typickým minerálem pro rudy v malínské jednotce. Sfalerit je extenzivně rozšířen a vytváří řadu center na hlavních strukturách. Koreluje s centry arzenopyritu a tvoří výrazné lemy v jejich okolí. Galenit je rovněž extenzivně rozšířen obdobným způsobem jako sfalerit. Výskyty galenitu však

v mapě zaujímají větší plochu. Tetraedrit (freibergit) je obdobně rozšířen jako galenit. Intenzivněji je přítomen v jižní části území. Minerály Ag-Sb-stadia jsou roztroušeně rozšířeny prakticky v celém sledovaném území a jen ojediněle vytvářejí drobná centra (např. Kuklické pásmo v severní a Oselské pásmo v jižní část ložiska). Z karbonátů se vyskytuje v souvislé zóně vedle kalcitu pouze kutnahorit. Ten chybí jen na pásmech v severní části. Dolomit vytváří samostatná centra. Na Kuklickém, Grejfském, Roveňském a Oselském pásmu se spolu s dolomitem vyskytuje i rodochrozit. Již Kutina (1949) upozornil na vysoké zastoupené karbonitů v žilovině na stole sv. Antonína z Paduy. Obdobně karbonáty tvoří značnou část žiloviny i na ostatních jižních pásmech. Na severních pásmech vysoce převládá v žilovině křemen.

Hydrotermální systémy, z nichž vznikají žilná ložiska rud, žijí desítky tisíc až stovky tisíc let. Protože tyto systémy vznikají v tektonicky, magmaticky a vulkanicky aktivních terénech, bývá jejich vývoj často měněn a přerušován. Vývoj polymetalické mineralizace v kutnohorském ložisku byl poměrně plynulý, jak dokazuje zonálnost Emonsova typu. Vladimír Hoffman a Zdeněk Trdlička sestavili schémata sukcese minerálů na hlavních žilách a v celém ložisku (Holub et al. 1974, Holub, Hoffman, Mikuš, Trdlička 1982). Vývoj mineralizace v čase je rozdělen na čtyři přirozená stadia zpravidla oddělena tektonickými pohyby podél mineralizovaných struktur. Prvá tři stadia jsou významná z hlediska vzniku rud, čtvrté stadium je však jen dozvukem mineralizačních pochodů.



Obr. 2. Schéma vertikální struktury rudního sloupu. 1 – rudní sloup, 2 – starší mineralizace, 3 – mladší dislokace „hladáky“, 4 – dosah výrazných hydrotermálních přeměn, 5 – zpeřené pukliny.

Fig. 2. Schematic vertical structural section of the ore body. 1 – ore body, 2 – older mineralization, 3 – younger dislocations, 4 – boundary of the strongly hydrothermally altered rocks, 5 – pinnate joints.

Hydrotermální roztoky pronikající do hornin v okolí otevřených trhlin jsou kyselé. Voda rozkládá minerály hornin a jejich kationty jsou odnášeny či nedeponovány v nových minerálních fázích. Kyselina křemičitá je velmi málo pohyblivá a proto jedním z nejstarších minerálů rudních stadií je křemen, který tak indikuje prvou, kyselou fázi vývoje mineralizace. Rudní prvky jsou přenášeny rudním roztokem v podobě komplexů obsahujících i chlor, síru a karbonátový anion. Při vzestupu roztoků se snižuje teplota i tlak a komplexy se stávají nestabilními. Při vnějším impulsu – na příklad změně hydraulických poměrů, reakcí s okolními horninami atd. se komplexy lavinovitě rozpadají a vylučuje se hlavní masa sulfidů. Po hlavní masě sulfidů obvykle krystalizují karbonáty, indikující neutralizaci roztoků a uklidnění procesů. Po tektonických pohybech, při kterých byly opět otevřeny tahové struktury, začíná krystalizace minerálů dalšího stadia, a to opět z kyselých roztoků.

V prvním vývojovém stadiu (též „kyzové“ či „Zn rudní“) spolu s křemenem krystalovala hlavní masa arzenopyritu (I) a pyritu (I) – (římské číslovky označují generace stechiometricky shodných minerálů). Na severních pásmech je akcesoricky přítomen i kasiterit. Rudní část prvního stadia začala krystalizací sfaleritu a pyrhotinu. S nimi vznikala stanin a chalkopyrit (I). Následoval pyrit (II) a další minerály. Struktury a textury těchto rud ukazují na složitost pochodu, zvláště na rozpady tuhých roztoků, metasomatické zatlačování minerálů i rekrystalizaci v nových při poklesu teplot. V závěru stadia se tvořily karbonáty bohaté Mn a Mg.

Druhé vývojové stadium („rudní“ nebo „Pb-Cu-Ag- rudní“) začíná většinou po slabším tektonickém neklidu krystalizací křemene (II), následovaného galenitem (s Bi fázemi) a chalkopyritem (II). Oba poslední minerály jsou provázeny stříbrnosným tetradritem – freibergitem. Galenit s freibergitem je ve svrchní části vertikálního zonálního řezu přítomen převážně v žilovině. Naproti tomu chalkopyrit (II), rovněž provázený freibergitem, se vyskytuje ve spodní části zonálního řezu a vytváří většinou nepravidelné žilky v sulfidech předchozího stadia, nebo starší sulfidy (zvláště pyrhotin) metasomaticky nahrazuje. V tomto stadiu vznikala i řada dalších akcesorií, často obsahujících Ag. Hlavním nositelem stříbra v tomto stadiu je však freibergit. Stadium bylo ukončeno druhou karbonátovou periodou, krystalizací sideritu a kalcitu (I) (obr.2).

Minerály prvních dvou vývojových stadií jsou na žilách vždy přítomny. Minerály dalších stadií se vyskytují jen lokálně, často vytvářejí samostatně orientované žilky. Rudní minerály třetího stadia vytvářejí na severních pásmech ploché čočky a odstavce, oddělené od starších rud trhlínami s ohlasy. Kyselá fáze mineralizace se u samostatných žilek projevuje jen hydrotermálními alteracemi. Křemen a pyrit, pokud se na žilkách s minerály třetího stadia objevily, byly v minulosti pokládány za minerály starších stadií. Rudní minerály třetího vývojového stadia („ušlechtilých rud stříbrných“ či „Ag-Sb stadium“) vytváří dvě asociace minerálů,

kteří se vyskytují i samostatně. Pro prvou asociaci jsou typickými pyrrargyrit, proustit a miargyrit, pro druhou asociaci bertierit a antimonit.

Minerály čtvrtého vývojového stadia („porudního“) představují již jen jakési dozvuky hydrotermálního procesu. Vyskytují se často v nezrudněných úsecích rudních žil vyšších řádů, či na vedlejších dislokacích. V tektonickém jílů a jílovitě výplni žilných struktur vytvářejí často velké, dobře omezené krystaly a jejich drúzy rostoucí do volných prostor. Typickými minerály tohoto stadia jsou křemen (III), pyrit (III) s markazitem (II) a kalcit (II). Pyrit a markazit mají velmi nízké obsahy stopových prvků. Kalcitové nízké klenec šedé barvy mívají vysoký lesk a nebezpečně ostré hrany. Starci bývaly nazývány „drúzami kaprovitými“.

Rudní žílu si většinou představujeme jako deskovitý útvar. Zrudnění však vytváří strukturně složité odstavce, které se v době vzniku podobaly spíše skutečným žilám živočichů. Ploše deskovitý a čočkovitý tvar mineralizovaných odstavců uvnitř rudních sloupů je převážně důsledkem pozdějších, porudních pohybů na žilách. Již vzniklá trhlina, zvláště je-li vyplněna produkty hydrotermálních alterací, je z fyzikálně mechanického hlediska oslabenou zónou, na níž se uvolňují napětí, a to v podobě drobných či větších pohybů. Dokladem této skutečnosti je intenzivní vývin puklin, trhlin („hladíků“) i drobných flexur a vlečných vrásek uvnitř zrudněné zóny. Porudní tektonika tak přirozeně limituje možnosti studia mineralizačního procesu.

Velikost rudních sloupů lokalizovaných uvnitř zrudněných zón závisí v první řadě na řádu rudonosné struktury, na stavbě a petrografii (chemizmu) okolní krystalinické jednotky. Největší rudní sloupy, několik set metrů dlouhé, jsou vyvinuty v okolí průniků hlavních rudonosných struktur s hranicemi souvrství svrchních rul a centrálních migmatitů malínské jednotky. Tyto rudní sloupy existují na všech hlavních rudních strukturách v severní části revíru. Sloupy se noří pod mírnými úhly k severu. Rudonosné roztoky se ve svrchních rulách, s pestře a opakovaně se měnícími strukturními, litologickými a chemickými vlastnostmi, rychle rozptýlovaly a reagovaly s okolím. Vysoké obsahy železa a síry ve svrchních částech rytů rul zřejmě přispěly k bohatství kyzů v rudních sloupech. Některé dlouhé rudní sloupy jsou vyvinuty podél linií styků a průniků vedlejších a hlavních rudonosných struktur. Takovéto rudní sloupy jsou časté zvláště na Staročeském pásmu. Rudní sloupy jsou větší a bohatší, stýkají-li se struktury a průniky pod ostrým úhlem. Nejbohatší zrudnění na velkých sloupech je v místech, ve kterých linie průniků či štěpení rudonosných struktur sledují i rozhraní různých souvrství. Je to případ jižního sloupu na Turkaňském pásmu nebo sloupu na severu Benátské žíly.

Rudní a nerudní minerály krystalovaly z roztoků především v úsecích žil s relativně volnými prostory, což byly hlavně úseky brekciových textur. V navazujících intenzivně hydrotermálně alterovaných zónách sulfidy metasomaticky nahrazovaly rozložené a vyloužené silikáty původních hornin.

Sledujeme-li distribuci minerálů v rudních sloupech, zjistíme, že křemen tvoří podstatnou část žiloviny rudních sloupů. Přepočteme-li chemické analýzy intenzivně hydrotermálně alterovaných hornin na minerály v jednotkovém objemu horniny, ukáže se, že i  $\text{SiO}_2$  byl i do nich přinášen. Výjimkou mohou být hydrotermálně prokřemeněné zóny vzniklé z některých migmatitů. Mocnosti křemene a zvláště prokřemenění jsou ovlivňovány petrografickým složením okolních hornin. V migmatitech jsou mocnosti křemene největší, nižší jsou v rulách a nejnižší na žilách sledujících lamprofyry. Rovněž vysoké množství alkálií a alkalických zemin v horninách pestré jednotky nebylo vhodné pro vznik prokřemeněných zón větších mocností.

Arzén, jehož hlavním koncentrátorem a nositelem je arzenopyrit (I), vytváří výrazné sloupy v nehlubších částech Hlavní žíly, a to v rulách, v místech, v nichž končí brekciové textury centrální části žíly. Směrem vzhůru arzén přibývá a vyplňuje celou plochu žíly, přestává vytvářet výrazné sloupy. Od tohoto maxima, v němž obsahy As v zásekových vzorcích nezdávka přesahují 8–10 %, jeho obsah směrem vzhůru klesá a As přechází z žiloviny do okolních hydrotermálně alterovaných hornin.

Celkovou konturaci rudních sloupů je možné dobře posoudit s pomocí provozních chemických analýz Rudných dolů Kutná Hora. Kontura síry zahrnuje sumární obsah síry všech sulfidů. Síra tvoří obdobné sloupy jako křemen, maxima obsahů síry jsou většinou posunuta do svrchních částí sloupů. Plocha uvnitř izoliny 3 % S na jeden metr mocnosti žíly zaujímá na Turkaňském pásmu asi 60 % plochy žíly. Maxima obsahů síry a tím i maxima celkového množství sulfidů jsou ve svrchní třetině sloupů.

Obdobný tvar jako sloupy síry mají sloupy zinku, rovněž konturované z provozních chemických analýz. Sloupy zinku jsou však štíhlejší a jsou posunuty ke „hřbetní“ části sloupů síry a křemene. Izoliny 6 m<sup>\*</sup>% (součin mocnosti a kovnatosti) zaujímá na Turkaňském pásmu jen 35 % plochy žíly (obr. 7). Maxima Zn jsou ve svrchních částech křemenných sloupů, avšak pod hlavními akumulacemi síry.

Celkové obsahy síry v sulfidech železa můžeme posoudit z provozních chemických analýz po odečtení obsahů síry připadající na Zn (sfalerit), Pb (galenit), Cu (chalkopyrit a tetraedrit) a As (arzenopyrit). Oba hlavní, hojně se na žilách vyskytující sirníky železa, pyrit (I) a pyrhotin, mají podle důlního mapování poněkud odchylné chování. Sloupy pyritu (I) (dále jen pyritu) v podstatě korelují se sloupy křemene, přesahují je směrem do rul a často směrem vzhůru, v pokračování podélných os rudních sloupů. Při důlním mapování bylo zjištěno, že pyrit vysoce převládá nad pyrhotinem v oblastech nad maximy sfaleritu v rudních sloupech. Uvnitř sloupů se sfaleritem je hojný pyrhotin a vzájemný poměr pyritu a pyrhotinu kolísá kolem jedné. Hluběji pod sfaleritovými maximy celkově ubývá sulfidů. Opět zde převládá pyrit nad pyrhotinem, i když množství pyrhotinu do hloubky, z hlediska celkové zonálnosti, relativně přibývá. Pyrhotin a sfalerit se vyskytují jak ve vlastní žíle, tak v okolních alterovaných zónách.

V místech překrývání prostorových intervalů výskytu sfaleritu a pyrhotinu docházelo vůbec k největším zjištěným akumulacím sulfidů.

V galenitu je koncentrováno hlavní množství Pb. Podle provozních chemických analýz a důlního mapování vytváří olovo, a tedy i galenit drobnější a štíhlejší sloupy než sfalerit. Na Turkaňském a Rejzském pásmu bývají jeho rudní sloupy lokalizovány v horních částech sfaleritových sloupů a jsou stranově posunuty do okrajových částí, směrem od migmatitů do rulového souvrství. Směrem vzhůru galenitových čoček přibývá (obr. 7 a 8). V úrovni třetího patra Turkaňské jámy jsou galenity lokalizovány v odžilcích, směrem vzhůru přecházejí do hlavní struktury. Jsou však hojné i na drobnějších žilách, vzniklých při větvení hlavní struktury směrem vzhůru. Obdobné poměry v distribuci galenitu byly zjištěny i v jižní části 5. patra Hlavní žíly na Staročeském pásmu. Nejdálší od Hlavní žíly jsou žilky s galenitem, blíže k ní pak následují žilky se sfaleritem a chalkopyritem. Ve vlastní žíle převládá arzenopyrit, pyrit a pyrhotin nad chalkopyritem a sfaleritem. Podobné poměry v distribuci stopových prvků byly zjištěny při studiu primárních aureol (Holub, Hoffman et Trdlička 1978, Holub et al. 1982).

Chalkopyrit (I) tvoří odmišleniny ve sfaleritu. Maximum jeho výskytu souhlasí přibližně s maximem sfaleritu a odtud jej zvolna ubývá směrem vzhůru. Chalkopyrit (II) vytváří samostatné sloupy ve spodní části Hlavní žíly, v místech končících brekciových textur. Směrem vzhůru chalkopyritu ubývá. Interval výskytu staninu je poměrně krátký. I když jako akcesorii jej lze najít spolu se smolně černým sfaleritem téměř kdekoli, jeho maximální akumulace jsou vázány do úseků překrývání intervalů výskytu sfaleritu, pyrhotinu a obou generací chalkopyritu. Stanin se soustřeďuje do centrálních částí rudních sloupů, chalkopyrit (II) lemuje výskyt staninu v okrajových, a to převážně spodních částech dílčích rudních sloupů.

Ušlechtilé stříbrné rudy se pravděpodobně vyskytují v nejdálší periférii mineralizace (štola sv. Antonína z Paduy). Pokud se nalézají uvnitř nedávno přístupných žil, vytvářejí bonanzy, oddělené výraznou tektonikou od předchozích vývojových stadií. Jsou nahromaděny v místech několikanásobných průniků struktur, které lze označit za strukturální uzly (Benátecká, Láskovská a Hlavní žíla Staročeského pásma).

Z geochemického hlediska je zajímavé, které prvky jsou nahromaděny v rudonosných strukturách, a které prvky z nich byly odneseny. Přínos a odnos bývá vyjadřován koeficientem kontrastu, který definuje, kolikrát je zjištěný obsah prvku vyšší nebo nižší, než clark (průměrný obsah téhož prvku v horninách zemské kůry), nebo fón (průměrný obsah v horninách regionu). Z hydrotermálně alterovaných zón byly vyneseny alkálie a alkalické kovy, jejichž koeficienty kontrastu jsou menší než jedna. Obsahy těchto prvků jsou i v žilách velmi nízké. Výjimkou by mohla být žilovina v nejnižší části revíru, v níž jsou časté karbonáty. Obdobně byl vnesen z žil a alterací mangan. Toto je výrazné zvláště při srovnání hodnot ve svrchních rulách.



Nejvyšší koeficient kontrastu má v revíru jednoznačně arzén ( $n \cdot 100$  až více než 5000), jehož obsahy v zóně Zn-rud a pod touto zónou se pohybují ve vyšších procentech v žíle a v desetínách procenta až v procentech v okolních alteracích. V zóně Pb-Ag rud jsou obsahy As v žilách a alteracích obvykle v desetínách procenta. Fón As v horninách ložiska není znám, neboť ve většině analýz byly obsahy As pod citlivostí použité analytiky. Lze jej ze statistik odhadnout přibližně do řádu jednotek ppm. Z hlediska celkového množství bylo přineseno jen více železa a hlavně síry než arzenu. Ty však mají podstatně nižší a hlavně velmi proměnlivé koeficienty kontrastu. V žilách uložených ve svrchních rulách se jejich koeficienty kontrastu pohybují mezi 2 až 10. A to jde o místa s maximální koncentrací sulfidů v ložisku. Je to dáno vysokými fóny obou prvků ve svrchních rulách. V žilách v centrálních migmatitech koeficienty koncentrace překračují prvé desítky. V žilách uložených v ostatních horninách jsou koeficienty kontrastu železa a síry většinou v jednotkách. V okolí hodnoty jedna se pohybují koeficienty obou prvků i v alterovaných zónách. Výrazně nižší než jedna jsou však v alteracích ve svrchních rulách. Obdobné chování jaké má železo a síra lze pozorovat i u některých stopových prvků, zvláště u niklu a kobaltu.

Výrazným koeficientem kontrastu se vyznačuje i stříbro. Jeho fóny v horninách revíru jsou pravděpodobně okolo 0,01–0,1 ppm. Obsahy stříbra v žilách s minerály prvních dvou vývojových stadií stoupají směrem k povrchu a v zóně Pb-Ag rud se pohybují ve vyšších stovkách ppm, směrem do hloubky zvolna klesají. V alterovaných zónách se obsahy stříbra pohybují v průměru v prvních desítkách ppm. Vyšší jsou nad rudními sloupy, pod nimi klesají na jednotky ppm. Obsahy nad 1000 ppm indikují přítomnost ušlechtilých rud stříbrných třetího vývojového stadia. Koeficient kontrastu stříbra ve svrchních částech žil je v průměru ve vyšších stovkách až prvních tisících. V alterovaných zónách je velmi proměnlivý a jeho vysoké hodnoty indikují přítomnost slepých, hlouběji uložených rudních sloupů. Hodnotami koeficientů kontrastu se stříbro blíží arzenu, ale celkové množství stříbra v revíru je přibližně o dva řády nižší.

Koeficienty kontrastu zinku se v rudních sloupech v zóně Zn rud pohybují ve stovkách, v ostatních částech rudních žil a v okolních alteracích klesají k prvním desítkám. Obdobně se chovají další prvky rud, olovo a měď. Jejich koeficienty koncentrace, vzhledem k relativně vysokým obsahům obou prvků v některých horninách, se pohybují v žilách v jednotkách až desítkách. Nejvyšší hodnoty jsou vázány na krátké intervaly maximálního výskytu v zonálním řezu. Obdobné chování, ale při nižších hodnotách koeficientu má i cín. Pro posouzení chování některých zajímavých, v rudách ložiska se hojněji vyskytujících prvků (Sb, In, Cd, Bi aj.) není dostatek informací (podrobněji in Holub, Hoffman et Trdlička 1978, Holub et al. 1982).

Kutnohorský revír je výraznou anomálií arzenu a stříbra, v menší míře síry, zinku a snad i antimonu. Porovnáme-li další prvky rud – Fe, Pb, Cu a Sn – v rudách celého zonálního řezu s obsahy prvků v okolních alteracích a horninách,

zjistíme, že pravděpodobně došlo jen k redistribuci těchto prvků z okolních hornin do rud.

## CO (ASI) BYLO V KUTNOHORSKÉM REVÍRU POVAŽOVÁNO ZA RUDU STŘÍBRA

Listinné doklady, které by umožňovaly posoudit ekonomiku těžby a zpracování stříbrných rud v Kutné Hoře od druhé poloviny 13. století do husitských válek, jsou sporé. Pro získání dobově platných těžebních podmínek (kondic) jsme odkázáni na extrapolaci údajů z pozdějších dob, na analogie s lépe dokumentovanými rudními revíry, hlavně však na využití poznatků z moderních průzkumů a těžeb rud na ložisku.

Ruda a ložisko nerostné suroviny jsou v prvé řadě ekonomické kategorie. Ruda je označením pro horniny či minerály, z nichž lze hospodárně – se ziskem – získávat kovy. Názor na to, co je rudou a ložiskem závisí (a vždy závisel) na ceně produktu na jedné straně a na nákladech na jeho získání na straně druhé. Náklady jsou dnes, stejně jako v minulosti ovlivňovány hlavně kvalitou a kvantitou zásob rudy na ložisku, vlastnostmi suroviny a okolního geologického prostředí, znalostí i dostupností technologií těžby a zpracování – v případě rud úpravy a hutnění. Náklady také byly a jsou ovlivňovány pestrou paletou globálních i lokálních vlivů či faktorů. Mezi globální faktory dnes hlavně patří světový vývoj cen a nákladů, fáze ekonomických cyklů, obchodní strategie hlavních těžařů, daňové klima, stálý nárůst světové lidské populace, ochrana životního prostředí, heterogenita rozmístění přírodních zdrojů na Zemi, dostupnost suroviny na světových trzích, mezinárodní napětí všeobecně a různá napětí v zemích hlavních producentů suroviny zvláště, stav mezinárodního obchodu (embarga, cla), zájmy států na existenci vlastního těžebního průmyslu, přízeň báňské a environmentální legislativy, atd. Pochopitelně váha jednotlivých faktorů ovlivňujících náklady byla v minulosti jiná než dnes. Při kvantitativní znalosti těch faktorů, které v rozhodující míře ovlivňovaly náklady na získání hřivny stříbra, bylo by možné poměrně přesně, výpočtem, odpovědět na otázku, jaké rudy, s jakými kovnatostmi a technologickými vlastnostmi zajímaly prospektory a těžaře v konkrétní době.

Je však otázkou, zda výsledek by odpovídal vynaložené námaze. Ekonomika těžebního podnikání byla značně odchylná od současnosti. Hornictví bylo financováno složitým systémem přímých i nepřímých plateb a dotací od nákladníků, stavů a panovníka. Vynaložené náklady bývaly zčásti kompenzovány různými úlevami nemajícími často nic společného s horním podnikáním. Podíl panovníka na výsledku těžby stříbra byl realizován urburou, tj. až při ražbě mincí, a to nezávisle na tom, bylo-li horní podnikání ziskové, či nikoliv. Proto tehdejší důlní, hutní a mincovní činnost lze jen obtížně hodnotit dnešními ekonomickými metodikami. Naopak používání současné ekonomické ložiskové terminologie při popisu starých těžeb považují za vhodnější než používání příliš neurčitých termínů typu chudá či bohatá ruda. Podle J. Majera (Majer 2004) ruda o kovnatosti pokrývající všechny náklady na její těžbu, úpravu a hutnění, leč

nepřinášející zisk, byla rudou chudou – dnes limitní (cut-off ore). Pokud přinášela zisk, byla zvána rudou bohatou – dnes kondiční nebo také bilanční či nadlimitní.

## PŘIPOVRCHOVÉ STŘÍBRONOSNÉ RUDY POLYMETALICKÝCH ŽIL

Pokusme se odhadnout, jaké obsahy stříbra (kovnatost rudy) a jaká množství kovu (zásoby rudy a kovu) byly zapotřebí k tomu, aby ve 13. století byla těžba stříbra rentabilní, tj. přinášela zisk.

O vlastnostech připovrchových částí stříbrnosných polymetalických žil v Kutné Hoře a na Českomoravské vrchovině nemáme podrobné informace. Data získaná z průzkumných prací a pokusných těžeb vedených od tereziánských dob do nedávné minulosti nebyla kriticky zpracována a publikována. Hlavním zájmem moderních průzkumů byly primární rudy. Případné údaje o vlastnostech starcům z povrchu dostupných částí žil, v minulosti prakticky vytěžených a většinou těžbou zničených, jsou roztroušeny v primární dokumentaci, nebo, a to je horší, nebyla jim vzhledem k ekonomické okrajovosti věnována pozornost.

V české numismatické i historické literatuře se koncem 20. století „usídlila“ hypotéza, že podstatným zdrojem kovu pro mincování Slavníkovců a snad i Přemyslovců v desátém století bylo stříbro těžené z kutnohorské oblasti, a to z „... nabožených oxidických a cementačních zón rudních žil ....“ (Hásková 1985, obdobně Bílek 1985, 2000e, Petráň 1998, Radoměřský 1973, Sejbal 1979, Žemlička 1998 a Majer et Jangl in Kolektiv (2003).

Při větrání polymetalických rud obsahujících stříbro vznikají dva rozdílné typy druhotně obohacených rud stříbra: reziduální stříbrné černě a druhotně obohacené – cementační – převážně sulfidické rudy mědi a drahých kovů. (Smirnov 1982 a literatura tam uvedená). Oba typy rud vznikají za odchylných podmínek klimatických, geomorfologických, z rud odchylného mineralogického složení. Stříbro vznikající větráním sulfidů je prakticky nerozpustné v dešťové a sladké spodní vodě. Je však rozpustné i ve slabém roztoku kyseliny sírové za přítomnosti síranů železa. V oxidační zóně ložiska přístupné vzdušnému kyslíku větrají, díky svým elektrochemickým vlastnostem, jako prvé sulfidy pyrrhotin a arzenopyrit. Kyselina sírová a sírany železa přecházejí do roztoku a jimi rozpouštěné stříbro je přenášeno pod stabilní hladinu spodní vody. Zde, v zóně cementace, se redukuje a tvoří sekundární sulfidické minerály. Nejsou-li pyrrhotin a arzenopyrit v rudě přítomny, stříbro zůstává v reziduu při povrchu ložiska a tvoří stříbrné černě obsahující drátky a plíšky ryzího stříbra, stříbrný sirník – akantit a různé halogenidy, zvláště chlorargyrit. Pro vznik stříbrných černí je nutné suché teplé klima a plochá, geomorfologicky klidná a stabilní krajina. Stříbrné černě se hromadí v mělkých depresích na výchozech rud. Pro vznik cementačních rud je nutné teplé, vlhké klima a kopcovitá krajina s přiměřeně rychlou geomorfologickou dynamikou. Ke vzniku bohatých cementačních rud je nutné opakování cyklu rozpouštění – cementace při větrání postupujícím do hloubky ložiska.

O tom, že před cenonanskou trasgesí byly podmínky vhodné pro vznik hlavně reziduálních stříbrných černí, nikoliv pro rozsáhlejší akumulace cementačních rud svědčí i přítomnost mocných lateritů u Malína (Strnad 1972).

Polymetalické, stříbrnosné žíly Kutnohorského ložiska a ložisek na Českomoravské vrchovině náleží ke Smirnovově formaci periplutonických žil (Smirnov 1982). Ložiskové poměry, na příklad sukcese minerálních stadií a jejich zónalnost, jsou na jednotlivých lokalitách podstatně složitější, než plyne z velmi zjednodušujícího systému Bernardových minerálních asociací (J. H. Bernard in Bernard et al. 1969 a Bernard et Pouba et al. 1986 a jinde). Žíly vznikaly v permu a úroveň jejich eroze od té doby dosáhla několika set metrů, jak dosvědčují druzovitě a kokardovitě struktury na výchozech žil. Transgrese moře ve svrchní křídě postihla plochou, peneplenizovanou krajinu (Mísař et al. 1983). Vývoj druhotných rud byl na lokalitách v okolí Centrálního moldanubického plutonu a v Kutné Hoře odchylný (Holub 2006a, 2006b, 2007). Rudní výskyty na Vrchovině pravděpodobně nebyly postiženy transgresí. Zvětralinu byly v terciéru zvolna erodovány v ploché krajině za pokračujícího tropického, zvolna se ochlazujícího klimatu. Území mělo ve východní části jezerní ráz. V západní části postupně vznikala v mladším terciéru až několik set metrů převýšená hrást. Počátkem kvartéru pirátství Sázavy, Jihlavy a Dyje odvodnilo a omladilo reliéf. V převážně chladném a mrazivém kvartérním klimatu byly na svažitéch terénech ložiskové zvětralinu rozrušeny soliflukcí. Zachovány zůstaly jen jejich reliktu v plochých částech reliéfu (Holub (2007)). Na Kutnohorském ložisku je situace odchylná. Morfologie podloží křídových sedimentů pochází ze spodního cenomanu. Od té doby se příliš nezměnila. Ve svrchní křídě, zhruba před 95 My došlo k celkovému poklesu Českého masivu a mělké moře se od severu rozšířilo na jeho značnou část. Území kolínské křídě bylo zaplaveno po dobu nejméně 5–10 My. Moře při transgresi erodovalo všechny měkké horniny terénních vyvýšenin, zvláště zvětralinu. Abrází pevných hornin vznikly rozsáhlé, dodnes patrné plošiny na krystaliniku Čáslavska a Kutnohorska. Na severu kutnohorského ložiska příboj hluboko vymyl měkké okolorudní hydrotermálně alterované zóny, ve kterých mohly být vyvinuty větráním obohacené rudy. Vápnité lumachely a slepence zde nasedají na čerstvé, nezvětralé ruly a migmatity. Na severním svahu Turkaňku je patrné, že vápnité sedimenty zcela vyplnily a zatmelily úzké rokle a drobné kaňony vzniklé příbojem v místech zrudněných žil a zón. V morfologických sníženinách tehdejšího reliéfu se místy zachovala kaolinizace i reliktu půd, zvláště v podloží převážně jezerních sedimentů sladkovodního cenomanu. V těchto místech mohly zůstat zachovány i reliktu zón druhotně obohacených rud. Což je právě případ stříbrných černí zachovaných pod křídovými sedimenty na Skaleckém, Grejfském a snad i Roveňském pásmu (Bílek 1985, 2000a, 2000f).

Výskyty stříbrných černí nacházené na Skaleckém pásmu severně od Kaňku ve druhé polovině 18. století se vyskytovaly v mělkých depresích na výchozech žil v bazálních sedi-

mentech sladkovodního cenomanu. Černě tvořily nesouvislé vrstvičky o mocnosti většinou do 10–15 cm, šířky do 1–2 m a délky do 10–20 m. Údaje o mineralogickém složení chybí. Obsahy stříbra v těchto rudách však byly enormní a dosahovaly až desítky kilogramů kovu na tunu rudy. Nálezy stříbrných černí uvádí Kořan (1988) ještě ze 16. století. Podle J. Bílka (Bílek 2000a) šlo o bohaté zvětraliny. Lze si zcela dobře představit, že nálezy stříbrných černí ve směrných štolkách ražených v měkkých, kaolinizovaných horninách na bázi křídových sedimentů byly hlavním impulsem pro „sběh na kutnu“.

V terciéru bylo klima opět vhodné pro vznik druhotně obohacených zón a reliéf byl mírně zmlazován v souvislosti s pohyby na zlomech Železných hor. Ve starším a pravděpodobně i mladším terciéru však převládala na Kutnohorském ložisku eroze sedimentů křídového stáří, jimiž bylo celé území zakryto. Vody, které po pórech, puklinách a krasových kavernách mohly prosakovat do rudních zón, byly díky interakci s vápnným okolím zásadité, s nízkou oxidační schopností. Je třeba mít stále na paměti, že propustnost výchozových částí rudních žil byla značně snížena „plombami“ vápnných slepenců a lumachel. Na druhé straně si lze představit existenci krasových jevů ve vápnných sedimentech. Krasovými dutinami protékající vody se mohly dostávat do výchozů rudních zón a působit zde místní oxidaci a zvětrávání rud.

V místech, v nichž během terciéru denudace dosáhla krystalinika, znovu začala oxidace sulfidických rud. Nedostatečná rychlost eroze způsobila, že vznikaly jen mělké zvětraliny rud, bez výrazného vývoje obohacených zón. Lokálně mohlo vznikat výraznější nabožení drátkovým stříbrem, zvláště na pásmech Staročeském, Gruntecko-hloušeckém a Grejfském. Obsahy stříbra v těchto zvětralých rudách, jak je uvádí Kořan (1988), výrazněji nepřevyšovaly obsahy v primárních rudách z nichž vznikly. V kvartéru byla úbočí svahů opakovaně zavata vápnnými sprašemi. Mocné závěje jsou vyvinuty zvláště na svazích v severovýchodním až jihovýchodním kvadrantu „Hor třívrchých“, a rovněž ve zmíněných morfologických sníženinách, v místech mineralizovaných pásmech. Spraše zakryly většinu výchozů rudních pásmech a přítomnost vápnných spraší opět ztížila vznik výraznějších zón obohacených stříbrných rud během klimaticky převážně nepříznivého kvartéru.

Výsledky moderních průzkumných prací vedených Janem Dudou, Milanem Holubem, Miroslavem Mikušem a Milanem Hušpauerem (podrobně in Mikuš et Hušpauer 1988), obdobně jako studie starších autorů – Bedřicha Katzera (Katzer 1885), Jana Kutiny (Kutina 1949), Jaromíra Koutka (Koutek 1966) a Jana Husa Bernarda (Bernard 1953), ukázaly jen malý dosah větrání rudních žil.

Pro vznik a uchování bohatých cementačních rud stříbra nebyly z geologického hlediska dlouhodobě na Kutnohorském ložisku vhodné podmínky. Zvětralé primární rudy, i když nehluboko sahající, však měly samy o sobě pro středověké kovy zajímavé obsahy stříbra. A co víc – byly snadno dobytelné. Staří horníci zřejmě již záhy přešli na

dobývání primárních rud. Samostatnou kapitolou historické hornické činnosti bylo vyhledávání mimořádně bohatých stříbrných černí.

#### HISTORICKÉ METODY PRŮZKUMU A TĚŽBY LOŽISKA

Prospektoři, pokud přicházeli kolem poloviny 13. století do okolí dnešní Kutné Hory, měli nejspíše zkušenosti z vyhledávání zvětralých a navětralých svrchních částí polymetalických stříbrnosných žil Českomoravské vrchoviny a pravděpodobně i zkušenosti s rýžováním v Časlavské kotlině – na příklad zlata (Podmoky) a kasiteritu (okolí Příbyslavické žuly). Namísto dnešních geofyzikálních metod používali proutek – virguli. S jeho pomocí dokázali nalézt výraznější zvodněné inhomogenity zvětralin a skalního podkladu. Nalezené struktury ověřovali různými typy výkopů a odkopů. Dokázali prostým okem odlišit zvětraliny zón hydrotermálně přeměněných hornin od zvětralin nezrudněných hornin. Makroskopicky podezřelá zvětralina – Erckerovy černá a žlutá zvětralá ruda stříbra ((dle Erckera 1574, kniha I (Vitouš 1974)) – pravděpodobně odváželi k potokům. Tam je rozplavovali, snad i drtili a poté rýžovali. Získané šluchy bohaté na hydroxydy železa analyzovali na stříbro. Přírodní obsahy stříbra ve zvětralých horninách (klarky) v řádu 0.0X ppm (g/t – gramů na tunu) nebyly tehdejší tavením s olovem a kupelací – v podstatě dokimastickou analytickou metodou – zjistitelné. Ze zkušeností s moderní geochemickou a šlichovou prospekci ve svahovinách je možné se domnívat, že v polovině 13. století mohly být tehdejšími metodami detekovány obsahy stříbra v prvních desítkách g/t (řád X0 ppn) rudy nebo šlichu. Nalezená zrudnění posuzovali, z hlediska dobytelnosti přísežní dozorcí, či jiní znalci. Těžba nalezeného ložiska postupovala z povrchu do hloubky ((dle Agricoly 1556 (Leminger 1912), Hrabák 1902, Kořan 1988, Kořínek 1997, Majer 2004)). Zvětralé výchozy ložisek, zčásti druhotně obohacené, byly těženy a po rozdělení analyzovány. Bohatší rubanina byla po vypražení hutněna přímo, chudá rozdělena rozplavena a gravitačně obohacena. Rozdělování a koncentraci primárních rud plavením a rýžováním krásně dokládají i archeologické nálezy z okolí Pelhřimova (Hrubý, Hejhal et Malý 2012, 2014).

O hutnění stříbrných rud ve Střední Evropě máme podrobné písemné informace z pozdějších století (souhrnně in Agricola 1556 (Leminger 1912), Ercker 1574 (Vitouš 1974), Vaněk et Velebil 2007), které můžeme kombinovat s informacemi ve třetí knize mnicha Theophila (Theophili 1847) pocházejícími z přelomu 11. a 12. století. Hutnění a následné rafinace kovu byly velmi náročné na spotřebu energie – hlavně dřeva a dřevěného uhlí, dále struskotvorných ingrediencí, olova atd. Proto již L. Ercker požadoval po hutnících dokonalou znalost rud, aby hutnění bylo co nejlépe přizpůsobeno jejich vlastnostem. O diferencovaném přístupu k hutněným rudám svědčí i složení starých strusek (Eggers, Ruppert et Kronz 2000, Ettler, Červinka et Johan 2009, Holub et Malý 2012 s další lit.).

Při těžbě z povrchu byly nejdříve selektivně vybrány bohatší a přírodně rozvolněné části hustým systémem prací,

po nichž zbyly drobné pinky téměř bez obvalů. Po dosažení několikametrové hloubky však bylo efektivnější pro dopravu rubaniny nasadit rumpály, než rudu po ostervách a stupech vynášet v necičkách. Vzdálenosti těchto mladších „těžních“ jam jsou nutně větší než u připovrchových dobývek. Ani u těchto jam neexistovaly významnější odvaly, neboť byla selektivně těžena bohatší ruda. Hlušina zůstávala zachována v celíku, nebo jí byly zakládány vydobyté prostory. Bylo to levnější než hlušinu dopravovat na povrch a dolů dopravovat výdřevu. Pro ještě větší hloubky bylo nutné použít mohutnější rumpály vybavené řetězy. I horní legislativa při stanovování počtu těchto hlubších jam na důlní míru brala v úvahu možnosti přirozeného větrání a další báňsko-technické podmínky, např. pevnost boků dobývek a únosnost stropů ve vytěžených prostorách.

U hlubších jam, ražených většinou v podloží ložiska a rovnoběžně s ním, vznikalo významné množství hlušiny, která byla sypána na odval v těsném sousedství jámy. Touto hlušinou bývaly zasypany i starší připovrchové práce. Aby se hlušina nedostala do hlubších dobývek, bývaly tyto zakryty dřevěnými povaly. Dřevěnými povaly také měly být zakrývány opuštěné hlubší jámy. Časem se povaly propadaly za vzniku mladších pinek. Přesto kolem hlubších jam bývají zachovány, oproti poměrům v okolí, rozsáhlejší hlušinové odvaly. Stará průzkumná zkušenost říká, čím větší odval, tím je v něm více hlušiny a málo rudy.

Pro podsednutí ložisek ve větších hloubkách bylo ve svažitém terénu použití štol zcela přirozené. Nejdříve směrných, ražených buď přímo v ložisku, či podél něj. Nutnost dopravy rudy k jednomu místu zpracování, stejně jako potřeba odvodnění ložiska si obvykle vynutily ražbu „dědičné“ stoly, která často byla kosá či příčná ke směru ložiska. Tento metodicko-technologický postup prací byl v zemích Koruny české používán nejméně od poloviny 13. století. A pokud ložisko bylo dostatečně bohaté a vydatné, práce postupovaly do značných hloubek rychle. Příkladem může být Kutná Hora, v níž během první stovky let, a to již před koncem 14. století, dosáhly báňské práce hloubek větších než sto metrů. Dalším příkladem rychlého postupu do hloubek v dobách předhusitských je těžba zlata v Jílovém (Morávek 1971, Morávek et al. 1992).

Po nález ložiska byly propůjčovány důlní míry. V Kutnohorském revíru zpočátku podle Jihlavského horního práva, po roce 1300 podle ustanovení „Ius regale montanorum“ Václava II. Tyto míry, vymezující důlní pole, později nesly názvy dolů na nich vyhloubených. Míry byly pokládány zpravidla směrně, tj. delší stranou rovnoběžně se směrem žíly. Zvětralé části ložiska byly těženy povrchově, a pokud rudy měly dostatečnou kovnatost, byly ihned upravovány a hutněny. Při větších mocnostech sedimentů byly napříč důlním polem hloubeny linie šachtic, z nichž byly raženy průzkumné, případně těžební rozrážky ve snadno rozpojitelných horninách pod bázi sedimentů. Šachtice, ve kterých bylo nalezeno zajímavé zrudnění, postupně přerůstaly v hlubší, 20–30 m hluboké jámy, vybavené rumpály.

Vyřizování ložiska bylo, bez ohledu na to, co říkaly horní

předpisy, značně živelné. Je třeba si uvědomit, že kritickým uzlem těžby pod úrovní dědičných štol bylo větrání a odvodňování dobývek. J. Kořínek (1997) působivě popisuje nejen utonutí havířů při průvlezech důlních vod, ale i černou a bílou smrt (udušení pro nedostatek kyslíku a otravu kysličníkem uhelnatým). G. Agricola (1556) prezentuje různá povrchová zařízení pro větrání dolů, ale jak je patrné z více ilustrací v jeho díle, kouř valící se z výdušných jam svědčí o používání ohně nejen při ražbě – „sázení ohně“, ale i k pohonu výdušných větrů. Například pod druhým patrem Turkaňské jámy (ca 200 mpp – metrů pod povrchem) byla nalezena úzká vysoká, pravděpodobně ranně novověká chodba, s dřevěným patrem vystlaným senem a z vnitřní strany opatřená jílovým výmazem. Vnitřní strana tohoto větrného potrubí byla pokryta několik centimetrů mocnou vrstvou sazí. Uhlíky a zbytky výmazů zbarvené sazemi byly nalezeny i ve výplni dobývky na 5. patře Benátské žíly ca 400 mpp. Tato dobývka pochází z konce 16. století.

Při vyřizování ložiska byly z úklonných jam, hloubených většinou v podloží žil, vyraženy manipulační překopy. Z nich slednými chodbami a úklonnými hloubeními – „hašply“ – byla sledována mineralizace směrně a do hloubky. Hloubky hašplů (úpadnic) na Staročeském pásmu v 15.–16. století byly většinou 20–30 m a díla byla opatřena vrátky – lanovými rumpály. Směrná vzdálenost těžebních hašplů byla okolo 10–12 m. Ruda byla z boků hašplů dobývána dovrchně, od počvy na obě strany do vzdálenosti 4–5 metrů. Vytěžené dobývky byly zaplňovány hlušinou, odpady, či byly zatopeny. U souvisle zrudněných úseků žíly byly ponechávány celíky, budována výdřeva či dokonce stavěny kamenné pilíře. Celíky byly ponechávány i podél důležitých dopravních děl. Podrobnou představu o systému přípravy a dopravy dává Urbanovo ortogonální schéma dopravních cest na Staročeském pásmu (Urban 1960).

Pro modelové výpočty produkce je důležité, jakou část geologických zásob starci vytěžili, neboli jaká byla výrubnost zásob. Podle J. Bílka (Bílek 2000b) se jednalo o „... selektivní, do hloubky rychle pokračující způsob dobývání bohatých rudních odstavců a čoček.“ Pro alespoň semikvantitativní odhad výrubnosti je nutné si učinit představu o středověkých a ranně novověkých způsobech vyřízení ložiska, o přípravách těžby a o použitých těžebních metodách. Nejlépe s pomocí třetí až sedmé Agricolovy knihy o hornictví. Ke kvantifikaci výrubnosti můžeme poté použít Stočesovy Základy hornictví (Stočes 1951).

Nalezená zrudnění byla v malých hloubkách téměř souvisle vydobyta, neboli výrubnost byla vysoká.

Při postupu do větších hloubek – pod ca 40–50 metrů – se objevovaly nové problémy. Při úklonu žil okolo 65–70° práce pronikaly do důlních měř vytyčených v nadloží mocnějších ložiskových poloh. Vycházím z předpokladu, že hranice vytyčených důlních měř byly do hloubky vertikální. Ale v Kutnohorském revíru by situaci příliš nezměnila okolnost, že by důlní míry sledovaly ložisko i po úklonu. Nadložní žíly a odžilky jsou většinou variabilní ve směru a sklonu, bývají strmější, často odbíhají od hlavních struktur, nebo se k nim

přimykají. Navíc v místech vzájemných styků struktur bývá vyvinuto mocnější zrudnění. Proto problémy s průniky důlních děl do cizích důlních měr existovaly v obou případech.

V rudních žilách, v jejichž okolí měly dostatečnou mocnost dobře rozpojitelné hydrotermálně alterované horniny, byla díla ražena rychleji, méně pracně a s nižšími náklady. V drobných žilách, na nichž bylo nutné razit potřebné profily zčásti v pevných, obtížně rozpojitelných horninách, práce do hloubky postupovaly pomalu. Navíc výnosy z drobných, málo mocných žil jen s obtížemi kryly náklady.

Ražbu hloubení a chodeb v profilech v prvních m<sup>2</sup> vyžadoval nejen provoz (doprava rudy, hlušiny a případně i vody z rubání a čeleb, a doprava dřeva, hlíny a dalších potřeb opačným směrem), ale hlavně v historických studiih opomíjené větrání. Kutnohorské doly byly, až na výjimky, oproti obecnému mínění suché. Do hloubek několika desítek metrů pod hranici krystalinika – sedimentární pokryv zasahují jen ojedinělé otevřené vodonosné pukliny a trhliny. Při včasné a řádné podchyzení a odvedení přítékajících vod (často i krasových) z uvedené hranice, zůstávaly ražby v krystaliniku suché. Jiná situace vznikla při obnově dolů po válkách husitských. Starší doly byly zatopeny a díky horizontálním komunikacím mezi doly docházelo k průvalům stařinových vod.

Pro postup do větších hloubek nájemci důlních měr buď spojovali své síly, nebo kapitálově silnější těžaři přebírali propůjčky slabších. Neznamenalo to, že těžařstva z převzatých dolů fyzicky těžila, ale potřebovala jen legalizovat svou těžbu z větších hloubek, z převzatých sousedních důlních měr. Fyzicky převzaté doly byly zčásti ponechávány osudu, nebo sloužily k čerpání vod a k odvětrávání prací na hlavních strukturách. Při postupu do hloubek proto klesal počet skutečně těžících dolů, i když množství propůjček zůstávalo stejné.

Rudní sloupy galenit – freibergitového stadia (Pb-Ag rudy) na Rejzském pásmu vytvářely štíhlé ploché čočky dlouhé desítky metrů, s mírně upadající delší osou. Ve vertikálním směru tyto čočky často rychle vyklíňovaly. Podobná situace byla zjištěna i při pokusné těžbě galenitového zrudnění na III. obzoru Grejfské jámy.

Větrání bylo limitujícím faktorem postupů do velkých hloubek a směrný rozsah současně těžících bloků se do hloubky rychle zmenšoval a výrubnost do hloubek rychle klesala.

Zde považuji za vhodné poděkovat báňským inženýrům Augustinu Dufkovi, mému strýci, který po válce vedl práce na Rejzkém a Turkaňském pásmu, dále Karlu Pektorovi, jemuž báňské práce v Kutné Hoře značně zkrátily život, dlouholetému hlavnímu inženýru RD Kutná Hora Jindrovi Bětíkovi a „last, but not least“ báňskému radovi Václavu Auerovi, nestorovi rudného hornictví v Čechách. Díky jejich znalostem jsem si počátkem sedmdesátých let mohl udělat představu o dobývacích postupech starců.

#### VÝRUBNOST, ZNEČIŠTĚNÍ A ZTRÁTY RUDY

Výrubnost vypočtených těžebních zásob, stejně jako znečištění a ztráty rudy při těžbě jsou důležité, průběžně sle-

dované parametry nutné pro hodnocení efektivity těžební metody a stupně využití zásob rudy na ložisku (podrobněji in B. Stočes 1951). Výrubnost bývá udávána v tunách či procentech a je nepřímou úměrnou technologickým ztrátám, na příklad ztrátě rudy zanechané v ochranných pilířích. Další ztráty rudy, vnikají z různých důvodů při vlastním dobývání, její dopravě a zpracování. Kovnatost těžené rudy je snižována hlavně napadávkami hlušiny a přibírkami. Je-li mocnost žíly menší, než minimální potřebná šířka chodby nebo dobývky, je přibírán jeden nebo oba boky. V případě kontrastních žil bývala hlušina z boků zakládána do vytěžených prostor. V případě nekontrastních žil je a byla přibírka pokládána za rudu, pokud její kovnatost uhradí náklady na její dopravu a zpracování.

Velikosti výrubnosti a dalších parametrů pro středověké a rané novověké hornictví neznáme. V konkrétních případech si můžeme vypomoci parametry dobývacích metod, uvedených v pracích B. Stočesa – například in (Stočes 1951), nebo poznatky získanými při zmáhání starých dobývek. Odhady výrubnosti potřebné pro odhad produkce rudniny jsou uvedeny a zdůvodněny níže u jednotlivých žil.

#### ODHAD MINIMÁLNÍCH BILANČNÍCH KOVNATOSTÍ

Výskyty a ložiska rud obsahujících stříbro a těžené v českých zemích před průmyslovou revolucí rozdělil v obsáhlé studii M. Králík et al. (1985) na objekty s chudými rudami, obsahujícími v průměru méně než 50 g/t Ag, výskyty s bohatými rudami obsahujícími více než 50 g/t Ag a nejbohatší výskyty s ušlechtilými rudami stříbra. K tomuto rozdělení dospěl při statistickém zpracování několik set v minulosti těžných a prozkoumávaných výskytů.

Při hodnocení archivních ložiskových dat je však nutné kriticky přistupovat k údajům o kovnatostech rud. V pozdním středověku a raném novověku byly většinou analyzovány a v archivních materiálech jsou uváděny výsledky analýz z vybraných nálomů rudy, často ještě přebírané či gravitačně upravované. A z výsledku průběh se jen usuzovalo ((viz na mnoha místech (dle L. Erckera 1574) Vitouš 1974, dále J. Kořan 1988 a J. Majer 2004)), zda takto analyzovaná ruda pokryje při těžbě veškeré náklady, například i na nutnou ražbu příprav, přibírku hlušiny, odvodnění a větrání, úpravu a hutnění, atd. Skutečně profesionální vzorkování, ze kterého lze soudit na kovnatosti rud v rostlém stavu, se začalo objevovat až v době tereziánské obnovy dolování.

I když kvantitativní vstupní údaje do výpočtu nemáme, lze se pokusit alespoň o semikvantitativní odhad minimálních kovnatostí stříbronosných rud, kovnatostí potřebných pro rentabilní těžbu okolo poloviny 13. století, v době před nálezem bohatého kutnohorského ložiska. Tento odhad vychází z analogie, lépe řečeno z extrapolace znalostí o minimálních kovnatostech rud těžných na kutnohorském ložisku po polovině 15. století, ze znalosti lokální ložiskové situace v Jihlavském a Brodském revíru a z porovnání znění hodnoty lidské pracovní síly od poloviny 13. století do třicetileté války.

Na Kutnohorském ložisku se postupně vyvinul rudokupecský systém výkupu rud od havířů. Cena vykupované rudy závisela na množství stříbra v rudě obsaženém. Celkovou představu o vývoji systému výkupu stříbra pro kutnohorskou mincovnu popisuje E. Leminger (1912) a roztroušeně J. Bílek (1985, 2000a–f). Před polovinou 16. století převzal panovník rudokupectví do své správy a centralizoval hutnění v „Císařské huti“ v údolí Vrchlice. Zároveň zavedl jednotný systém cen za vykupovanou rudu. Tento cenový systém, i když preferoval velké nákladníky oproti drobným lénhavířům, stanovoval i minimální kovnatosti vykupovaných rud. Při přepočtu rudokupecských kovnatostí na jednotky SI je třeba mít na paměti, že prubířský centnýř pro tyto případy používaný měl jen 100 liber, nikoliv 120 ((dle Erckera 1574 kniha I (Vitouš 1974))). Proto je nutné kovnatosti přepočítávat poměrem 1 lot stříbra v centnýři je 300 g/t Ag, nikoliv obvykle používaných 260 g/t Ag.

Při obnovování těžeb v druhé polovině 15. století minimální kovnatosti limitních kyzových rud, odvozené z kontrolního vzorkování v moderních průzkumných dílech a z interpretace historických dat se pohybovaly mezi 100–150 g/t Ag v rostlé rudě dobývané zhruba do hloubek 50 metrů pod štolovými patry.

Archivní údaje o obsazích stříbra ve vykupovaných rudách byly pro porovnávání převzaty z nepublikovaných Zpráv báňsko – historických výzkumů jednotlivých rudních pásem – (Z. Šimon a J. Urban 1958, J. Urban 1960 a J. Bílek 1962, 1969, 1972) z Geofondu Kutná Hora. V těchto zprávách jsou uvedeny i údaje o změnách cen vykupovaných stříbrných rud. Podstatně méně časově souvislých údajů je o souhrnných nákladech na dobývání a hutnění.

V 16. a počátkem 17. století byly při výkupu rozlišovány leštěncové (zvané též stříbrné) a kyzové rudy, což bylo dáno odchylnými technologiemi jejich úpravy a hutnění. Kutnohorské leštěncové rudy byly po vypražení snadno hutnitelné redukčním tavením s olovem a následným oxidačním „sháněním“ olova – kupelací. Leštěncové – galenitové – gravitační koncentráty však obsahovaly další minerály rudniny. V Kutné Hoře postupně převládla metoda hutnění, zvaná „staré české šmelcování“, při níž se většina těkavých škodlivin – síra, arzén, zinek, antimon – odstranila pražením. Při pražení se navíc dekrepitací (výbuchy kapalných mikrouzavřenin) rozmělnoval i křemen a silikáty rudniny. Při tavbě byla v peci nejdříve roztavena světlá – „lehká a tektutá“ – olovo obsahující struska získaná z minulých taveb. Do této téměř eutektické silikátové taveniny byl postupně přidáván praženec, olovo, klejt, a struskotvorné přísady – potaš, soda, nebo jen popel z dřevěného uhlí. Přidáním kyzů (hlavně lehce tavitelného pyrotinu s vysokým obsahem železa oproti ostatním kyzům) se dosáhlo toho, že měď přecházela do kamínku, a zvýšený obsah železa v tavenině měnil rozpustnost stříbra, které lépe přecházelo do olova. Při tavbě tak vznikala i „těžká“ tmavá a lesklá železitá struska, většinou považovaná za odpad. V 16. století vzrostla těžba kyzových rud s obsahem mědi. Tyto rudy, bohužel kyselé, byly hutněny koncentračním tavením na kamínek. Ten

vzniká při hutnění rud obsahujících směs sulfidů Pb, Zn, Cu, Fe aj. Fázově se jedná o stabilní vysokoteplotní komplexní sulfid prakticky nerozdělitelný za teplot dosahovaných při tavbě pomocí dřevěného uhlí. Pro dokonalejší oddělení komplexního sulfidu od viskózní silikátové strusky bylo z technologických důvodů – snížení viskozity a usnadnění likvace kamínku – přidáváno vápno. Bohužel dřevěným uhlím nebylo možné dosáhnout dlouhodobě potřebných teplot pro spojení kapének roztaveného kamínku. Proto byly strusky po vychladnutí drceny, šlichovány a šlichy znovu hutněny (více in: Holub et Malý 2012 a lit. tam uvedená).

Minimální kovnatost kondičních stříbrných (galenit – freibergitových) rud v průběhu 16. století stoupla z prvních několika desítek g/t Ag na téměř sto g/t Ag. Naopak u kyzových rud klesla z přibližných 250–300 g/t Ag asi na polovinu. Koncem 16. století se drsně promítla do ekonomického systému kutnohorských dolů téměř stoletá západoevropská „plíživá“ inflace (Porteous, 1969). Počátkem 17. století panovník opustil důlní podnikání a nedostatek investičního kapitálu vedl, spolu s dalšími vlivy, ke zhroucení těžby stříbra v Kutné Hoře. Limitní kovnatosti kyzových rud vzrostly během třicetileté války ze 100–200 g/t nad úroveň 500–700 g/t Ag.

K odhadu minimálních kovnatostí kondičních rud v předhusitském období nemáme dostatek báňsko historických podkladů. Jedna z možností, jak extrapolovat do minulosti minimální kovnatosti kondičních rud, je zjištění změn ceny stříbra (jeho kupní síly) či nákladů na jeho výrobu pro příslušné období. Změny lze zjistit například porovnáním ceny lidské práce vyjádřené ve váze čistého stříbra, nikoliv v peněžních jednotkách podléhajících devaluaci způsobené snižováním váhy stříbra v minci. K odhadu – extrapolaci – byly použity přehledné údaje o mzdách a cenách uvedené in Sejbal (1979) a Staněk (1995). Pro dobu předhusitskou byly základem práce F. Grause (Graus 1949, 1957) doplněné podle Z. Fialy (Fiala 1968), I. Pánka a Č. Hladíka (Pánek et Hladík 1968). Pro pohusitské období byla použita i data roztroušená in: Leminger (1912) a Bílek (1962, 1969, 1970, 1972, 1985, 2000a–f), dále data z přehledné tabulky in Hus (1987). Jsem si vědom neúplnosti vstupních dat. Doufám však, že pro informativní odhad shromážděná data dostačují. Zároveň zde děkuji Jiřímu Doleželovi (AÚ ČSAV Brno) za pomoc při vyhledávání údajů o cenách a mzdách.

Pro potřebu orientačního přepočtu ceny lidské práce na jednotný základ byly sledovány hlavně mzdy kvalifikovaných pracovníků – tesařů, zedníků a havířů, v době pohusitské rozdělené na tovaryše a mistry. Dále mzdy a další odměny zemědělských dělníků či nádeníků. Pro sledování vývoje cen byly použity ceny obilovin, drůbeže a vajec, z chovného dobytka volů a ovcí. Z řemeslnických výrobků ceny bot a oděvů. Rovněž byly sledovány změny cen některých potřeb a nástrojů používaných při těžbě a hutnění stříbra – kladiv, sekýr, dřevěného uhlí a olova.

Snad nejzajímavějším výsledkem provedeného porovnání je potvrzení relativní stability (s přihlédnutím k útržkovitosti informací a k lokálním a kratším časovým odchylkám

(jejich výstižný přehled in Graus 1957) většiny sledovaných cen a mezd v době předhusitské, cen a mezd vyjádřených nikoliv v peněžních jednotkách, ale v gramech stříbra. Mzdová úroveň od poklesu za válek husitských se během prvních tří čtvrtin 16. století v průměru vyrovnávala na obdobné hladině s dobou předhusitskou.

Ceny zemědělských produktů, po rozkolísaném stavu na počátku 14. století (Graus 1957), byly až do husitských válek stabilní. Naproti tomu ceny řemeslných potřeb měly mírně klesající tendenci. Po husitských válkách se relace cen jednotlivých zemědělských komodit měnily a pokračoval relativní pokles cen řemeslnických výrobků vzhledem k cenám zemědělských produktů.

Zlevňování stříbra, snižování jeho kupní síly patrné z růstu cen přepočtených na ryzí kov, spjaté s prudce rostoucím dovozem stříbra ze zámoří po r. 1520 (Staněk 1995) se projevilo v Čechách po polovině 16. století hlavně u těch sledovaných komodit, které byly vhodné i pro obchod s okolními státy (obilí, olovo, měď). U ostatního zboží a zemědělských produktů došlo ke skokové změně poměrů (zlevnění stříbra) až na počátku 17. století. Totéž se týká i sledovaných mezd.

Číselné metody zpracování dat o cenách a mzdách nelze bohužel použít pro konec 13. a počátek 14. století. Mince byly ve 13. století získávány na lokálních trzích zemědělci z fiskálních důvodů nevhodně, neboť řemeslná centra měla na své výrobky téměř monopol (například Fiala 1968, Graus 1957). S postupujícím přechodem venkova na emfyteutické vztahy a s růstem hustoty trhových center se cenové relace vyrovnávaly, jak je patrné z téměř řádového vzrůstu cen (vyjádřených v ryzím stříbře) obilí, vajec a drůbeže od velmi rozkolísaných cen na počátku 13. století do relativně stabilních cen třetí čtvrtiny 14. století a z relativní stability, případně i poklesu cen řemeslných výrobků po této době.

Z útržkových vstupů lze dospět k semikvantitativnímu závěru, že cena lidské práce vyjádřená ve stříbře byla v první polovině 14. století přibližně o čtvrtinu až třetinu nižší oproti polovině 16. století. Podobný závěr lze učinit i ze sledování kupní síly ryzího stříbra. Pro polovinu 16. století máme doloženou relativně ekonomicky reálnou úroveň minimálních kovnatostí stříbra požadovanou panovníkovým monopolem v Kutné Hoře. Z údajů, které jsou k dispozici plyne, že okolo poloviny 13. století byla cena práce ještě nižší (tj. kupní síla stříbra vyšší), není však jisté o kolik. Z předběžného odhadu je pravděpodobné, že rozdíl je nejméně půl řádu.

Podle P. Morávka (Morávek 1971, Morávek et al. 1992) byly v první polovině 14. století na ložisku Jílové těženy zlaté rudy až k limitní kovnatosti 2 g/t Au. Při případném přepočtu limitní kovnatosti Au na limitní kovnatost Ag je nutné vzít v úvahu také změny kurzu zlata, který podle J. Skalského (Skalský 1950) vzrostl v první polovině 14. století z obvyklého poměru 1 : 10–1 : 12 (před rokem 1300) stoupl na 1 : 18 (do r. 1325) a poté až na 1 : 25 (po r. 1335). Na konci 30. let začal klesat a v polovině století se pohyboval opět okolo 1 : 12. Od poslední čtvrtiny 14. století kurz zlata stoupal hlavně při válečných událostech. Odhadnuté poměry limitních kovnatostí obou drahých kovů se příliš neodchyloují

od převládajícího kurzovního poměru 1 : 10 až 1 : 12, což znamená, že náklady na podzemní těžbu, úpravu a hutnění obou drahých kovů se příliš nelišily.

Použijeme-li odhadnutou relaci ceny lidské práce (ca ½ řádu) i na změnu požadovaných kovnatosti stříbronosné kondiční rudy – vzhledem k polovině 16. století – je pravděpodobné, že v době před „sběhem na kutnu“ se pohybovala potřebná minimální kovnatost ve výši středních desítek g/t Ag v rostlé rudě. Tato hodnota platí pro rudu dobývanou v malých hloubkách, v dosahu rumpálových šachtic, pro rudu s možností relativně snadného rozdrůžování, ručního a gravitačního obohacování. Přitom nezáleželo na tom, zda šlo o rudy z pásma větrání, či pro rudy primární.

#### METODA ODHADU MNOŽSTVÍ VYTĚŽENÉ RUDY A STŘÍBRA V NÍ OBSAŽENÉHO

Výpočet zásob je v principu početně jednoduchou záležitostí. Množství zásob rudy zjistíme vynásobením plochy zásob jejich průměrnou mocností a průměrnou objemovou hmotností. Pokud výsledek vynásobíme průměrnou kovnatostí a neuděláme chybu v řádech a desetinných čárkách, zjistíme množství kovu. Opatrnost je při výpočtu na místě. Zásoby jsou počítány v milionech či tisících tunách (Mt, nebo kt), objemová hmotnost v tisících kg na m<sup>3</sup>, kovnatosti v % nebo v gramech kovu v tuně rudy – (g/t, též ppm). V praxi při výpočtu zásob však vzniká řada jiných problémů, hlavně při zjišťování spolehlivých vstupních dat do výpočtu.

Výsledky odhadů a výpočtů zásob nerostných surovin lze rozdělit na prognózy, zjišťované statisticky či analogicky, a na zásoby prozkoumané či připravené k těžbě, jejichž množství, kvalita a lokalizace jsou vypočteny s požadovanou přesností. Vypočtené zásoby suroviny bývají děleny také na zásoby geologické a těžební. Při vymezení geologických zásob se v první řadě bere ohled na geologické vlastnosti objektu a jeho okolí. Při vymezení těžebních zásob je nutné respektovat zvolenou dobývací metodu a technologii dalšího zpracování suroviny. Kontura zásob je obvykle dána ekonomicky, a to minimálním obsahem kovu v rudě, který ještě pokryje náklady na těžbu a zpracování rudy. Podle J. Majera (Majer 2004) bývala taková ruda starci označována jako ruda chudá. Dnes je hraniční obsah označován jako kondiční, limitní či minimální těžitelný (cutt-off ore). Ruda s vyššími obsahy byla starci označována jako ruda bohatá, dnes ruda bilanční či ekonomicky těžitelná. Hranice „chudé“ a „bohaté“ rudy nejsou neměnnou konstantou, ale závisí hlavně na vlastnostech ložiska, ekonomické a technologické úrovni společnosti v konkrétní době a v konkrétním místě, i na postoji této společnosti k těžbě surovin. Různé hranice „chudé rudy“ platné v různých dobách jsou v tomto odhadu produkce stříbra zohledněny při volbě velikosti koeficientu plošné rudonosnosti, který udává kolik procent plochy bloku je zrudněno. Při nižší hranici „chudé rudy“ je rudonosnost vysoká a naopak. Zda vypočtené množství suroviny je rudou se rozhoduje až po výpočtu srovnáním s podmínkami dobytelnosti (bilančnosti). Pokud vypočtené zásoby těmto podmínkám nevyhoví, je výpočet nutné opakovat s novými vstupy.

Vlastnosti strmých žil bývají zobrazovány v průmětu na vertikální rovinu, či rovinu rovnoběžnou s plochou žíly. Oba způsoby mají odchylné výhody a nevýhody.

Základními vstupy pro výpočet zásob suroviny v jednoduchém obdélníkovém bloku jsou směrná délka, úklonná délka (hloubka), průměrná mocnost (pravá či horizontální), průměrná kovnatost a průměrná měrná hmotnost.

Přesnost výpočtů zásob nerostných surovin je ovlivněna mnoha faktory, objektivními i subjektivními. Pro posuzování přesnosti výpočtu zásob je nutné znát hranici mezi statistickými a lokalizovanými zásobami, hranici danou hustotou vzorkování objektu a variabilitu vstupních dat – zvláště mocností a kovnatostí. Metodou postupného ředění sítí průzkumných prací jsme zjistili (Holub et Mikuš 1984), že průzkumná síť s plochou vlivu průzkumného díla 2500 m<sup>2</sup> (tj. síť 50 \* 50 m) je vhodná pro Hlavní žílu Staročeského pásma. Rudní sloupy turkaňského typu jsou spolehlivě lokalizovány průzkumnou sítí 50 \* 25 m. Pro menší rudní sloupy, jaké jsou na příklad známy z Rejzského či Grunteckého pásma, je potřeba průzkumná síť o čtyřikrát větší hustotě prací. Znamená to zároveň, že na průzkum struktury dlouhé 1 km do hloubky 300 m je nutné realizovat přibližně 100–150 průzkumných průsečíků rudonosnou strukturou. Je-li průsečíků méně než 15–20, mají výsledky jen statistický charakter a je nutné je označit jako prognózy, nikoliv jako lokalizované zásoby, tj. zásoby se známými souřadnicemi.

Významné rudní žíly a žilná pásma ložiska Kutná Hora je možné rozdělit podle ložiskové prozkoumanosti na objekty dostatečně známé z báňských prací (pásma Rejzské, Turkaňské a Staročeské), z kombinace vrtných a báňských prací (Grejfsko-Hloušské), či z vrtných prací (Rovenské), nebo jen z báňsko-historických výzkumů (pásma Grejfské a Oselské). Těžba z těchto sedmi pásem představovala zhruba 80–90 % veškeré produkce rud ve středověku a raném novověku. Při výpočtu zásob suroviny na žilách je vhodné objekt rozdělit na bloky s obdobnými vlastnostmi geologickými, technologickými a podle úrovně prozkoumanosti. Stříbro patří v zemské kůře mezi stopové prvky, které při obvyklém způsobu vzorkování mají v geologických objektech lognormální rozdělení obsahů. Při moderním vzorkování rud je stříbro považováno za doprovodný prvek. V blocích pro výpočet zásob se obsahy Ag pohybují i ve čtyřech řádech (na příklad na Roveňském pásmu) a výpočet průměrného obsahu metodami založenými na předpokladu normálního rozdělení obsahů Ag (aritmetický a vážený aritmetický průměr) jsou velmi nespolehlivé. Proto ve výpočtových blocích používám pro kovnatost hodnotu nejčtenější a pro interval kovnatostí rozsah druhého a třetího kvartilů. Pro bloky, pro něž jsou k dispozici jen historická data, která mohou být výběrově zkeslená směrem k lepším obsahům, používám pro kontrolu výpočtu interval vstupních kovnatostí v hranicích 300–800 g/t Ag. Mocnost a objemová hmotnost nemívají u žil vyšší variabilitu. Proto ovlivňují přesnost výsledků v relativně menší míře. Tvarová charakteristika ložiskového objektu je podstatně více ovlivněna individuální interpretací výsledků průzkumných prací – na příklad propojováním

(paralelizací) navrtaných žil mezi průzkumnými vrty, či při historickém výzkumu mezi starými doly, atd.

Výsledky mnou provedených variantních výpočtů zásob, vzhledem k topografické nerovnoměrnosti vzorkování, nestejnému původu dat a k nemožnosti vstupu do výpočtu prověřit z hlediska jejich přesnosti metodami obvyklými při průzkumu nerostných surovin, považuji výsledky za řádovou (ordinální) proměnnou a vyjadřuji je slovně. Výsledky uvádím, místo obvyklé kategorizace přesnosti zásob, v intervalu, v němž každá hodnota má stejnou pravděpodobnost výskytu jako hodnoty ostatní.

## ODHAD MNOŽSTVÍ STŘÍBRA OBSAŽENÉHO VE VYTĚŽENÉ RUDĚ

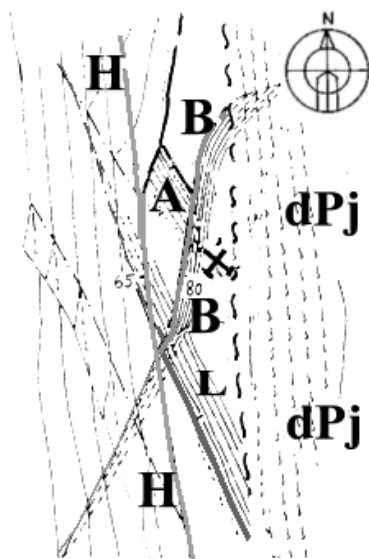
### STAROČESKÉ PÁSMO

Staročeské žilné pásmo (obr. 3) považuje J. Bílek (Bílek 2000c), na rozdíl od starších autorů zabývajících se historií kutnohorského dolování, za nejvýznamnější zdroj stříbronosných rud v revíru. Toto hodnocení určitě platí od poloviny 15. století, neboť je opřeno o studium rozsáhlé listinné dokumentace. Historickou produkci stříbra ze Staročeského pásma uvádí J. Bílek (2000c) ve výši 200 tun kovu z Hlavní žíly, 50 tun z Benátecké žíly a asi 50 tun z ostatních žil. Způsob odhadu J. Bílek neuvádí, ani není jasné, zda se jedná o stříbro obsažené ve vytěžené rudě, či o produkci hutní. Pouze u produkce z Benátecké žíly poznamenává, že jde o odhad "podle spolehlivých dokladů o těžbě kyzů". Z kontextu jeho publikace plyne, že použil v případě Hlavní žíly průměrnou kovnatost kyzů 200–250 g/t, množství kyzů v rudě ve výši 40–60 %, vytěžené množství rudy okolo 1,5–2 milionu tun (délka struktury 1200 m, vytěžená do ca 300 m, mocnost dobývek okolo 1,5–2 m, objemová hmotnost asi 3 t/m<sup>3</sup>). Žíly Staročeského pásma byly však dobývány již v předhusitském období. Písemné údaje o kvalitě dobývaných rud se však nezachovaly.

Ze srovnání zpráv starých vizitačních komisí uvedených J. Bílkem (Bílek 1969, 1970, 1972, 2000c) s výsledky moderního geologického průzkumu, je patrné, že zprávy vizitačních komisí jsou zatíženy výběrovým efektem. Komise byly svolávány při problémech s těžbou rud. Pokud byly kovnatosti vysoké, mocnosti rudy příznivé a přítoky důlních vod zvládnutelné, o komise kutnohorští důlní úředníci nestáli. Ekonomická situace nejen kutnohorského dolování přestávala být ve druhé polovině 16. století příznivá (Janáček 1972, Kořan 1988, Kolektiv 2003, Majer 2004), a to z mnoha důvodů. Závěry komisí byly mírně optimistické, neboť stále se nalézaly kyzы s kovnatostí mírně nad kovnatostí chudých rud a vždy existovaly „vorty“ – důlní pracoviště, které stály za další průzkum. Proto je nutné historická data pro odhady produkce kriticky vyhodnocovat (obr. 4, 5).

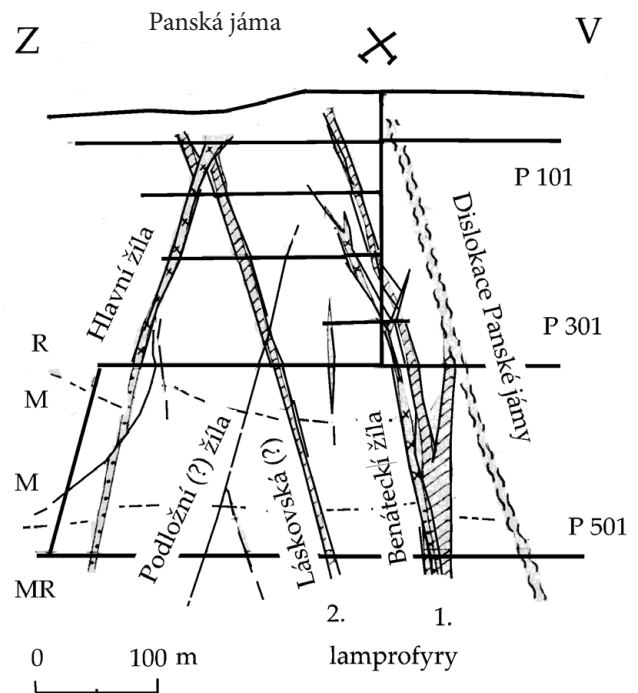
Základem pro odhad zde použitých průměrných mocností a kovnatostí jsou údaje zpracované in Holub et al. (1974) a doplněné podle poznatků pozdějších průzkumných prací (Mikuš et Hušpauer 1980, Hušpauer et Mikuš 1989). Pro odhad průměrné mocnosti je používáno pravidlo, že u poměrně pravidelných žil mají hodnoty mocnosti přibližně





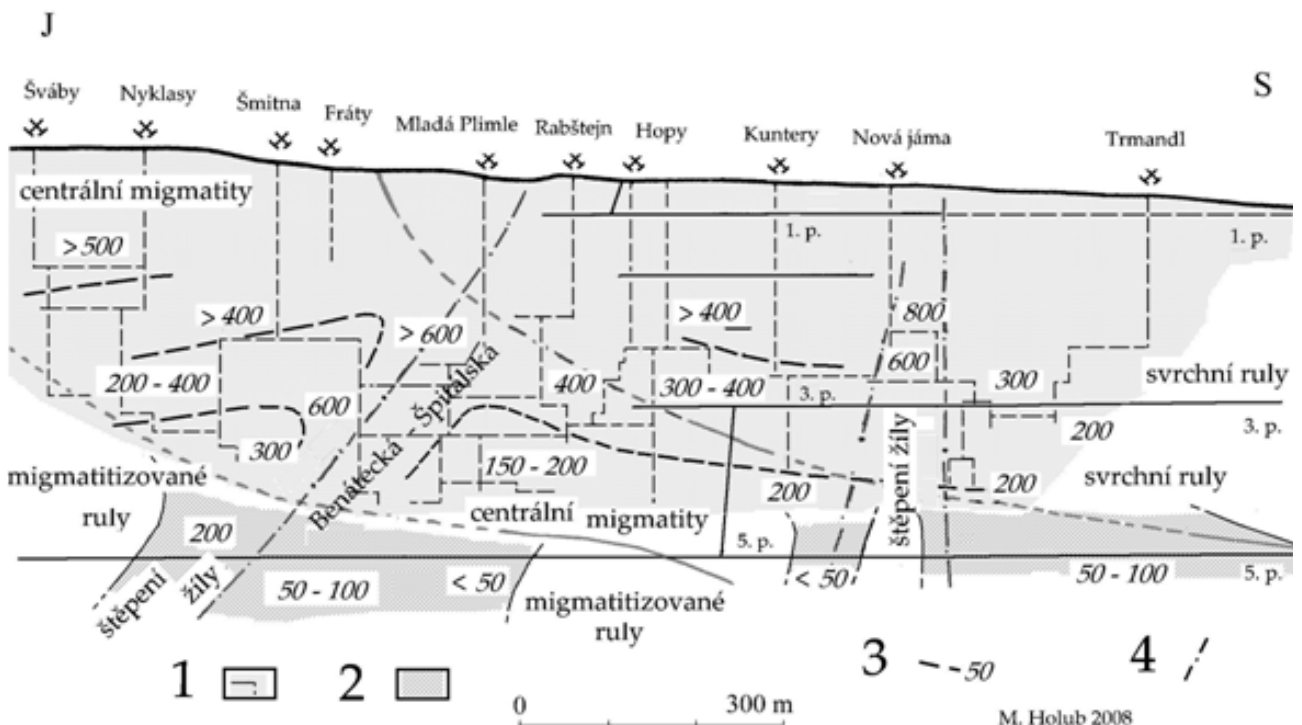
Obr. 3. Schéma žilných struktur v širším okolí Panské jámy. Metoda zobrazení – kótované promítání, vrstevnice po 100 m. dPj – dislokace Panské jámy, H – Hlavní žíla, B – Benátecká žíla, L – Láskovská žíla, A – Apatická (?) žíla. Zobrazena délka ca 900 m ve směru sever – jih.

Fig. 3. Outline of the vein system in the vicinity of the Panská jáma shaft. View method – quoted projection, contours at 100 m interval. dPj – dislocation of Panská jáma, H – Hlavní vein, B – Benátecká vein, L – Láskovská vein, A – Apatická (?) vein. The displayed length is ca 900 m in the N-S direction.



Obr. 4. Schematický příčný řez Staročeským žilným pásmem v okolí Panské jámy. R – ruly, M – migmatity, MR – migmatizované ruly.

Fig. 4. Cross section of the Staročeské pásmo vein system near Panská jáma shaft. R – gneisses, M – migmatites, MR – migmatized gneisses.



Obr. 5. Mapa plochy Hlavní žíly Staročeského pásma. 1 – rozsah starých dobývek s vyznačením hlavních komunikací 2 – ověřený rozsah rudních sloupců Cu-rudy, 3 – izolonie obsahů Ag v g/t, 4 – linie průniků rudonosných struktur.

Fig. 5. The plane of the Hlavní žíla (Main vein). 1 – old mined out part of the vein with old transport shafts and corridors, 2 – newly found Cu-re bodies, 3 – isolines of the Ag content in g/t, 4 – lines of penetration or ore bearing zones

normální rozdělení. Za nejstabilnější střední hodnotu považují v tomto případě medián. Vzhledem ke zcela nepravidelné síti dat byly za základ odhadů průměrných kovnatostí vzaty izoliny kovnatostí Ag. Pro konstrukci izoliny byly použity nejen údaje uvedené v Bílkových zprávách z let 1969–1972, ale i další údaje o kovnatostech rud, které J. Bílek později nacházel v záznamech rudokupců. Pro rudokupce a mincovnu bylo v druhé polovině 16. století týdně analyzováno několik set vzorků ((dle Ercker 1574 (Vitouš 1974), Leminger 1912)).

Historické záznamy o kovnatostech rud byly srovnány s výsledky moderního vzorkování. V případě rud Staročeského pásma se výsledky moderního vzorkování křemenných žil a prokřeměných zón se sulfidy prakticky shodují (nebo jsou mírně nižší) s hodnotami uváděnými J. Bílkem z blízkých míst, zvláště po převedení dat na izoliny. V případě prožilků a vtroušenin sulfidů z okolozilných přeměn – „kaňkovi“ – byly rudy buď selektivně těženy, nebo již v podzemí vybírány a tříděny. Tím docházelo k nabohacení vykupované stříbronosné rudy dvakrát až třikrát, výjimečně i vícekrát oproti výsledkům metrových zásekových vzorků.

Měrná hmotnost sulfidické rudy je přímo úměrná obsahu celkové síry. Obsah síry se ve vzorcích ze žil při moderním průzkumu pohyboval mezi 14 až 25 %, při měrné hmotnosti v intervalu 3,0 až 3,5 t/m<sup>3</sup>. Při tomto odhadu používám spodní hranici uvedeného rozpětí měrné hmotnosti.

Považuji za účelné dodržet pro odhad produkce stříbra v Kutnohorském revíru Kořanovo (Kořan 1988) rozdělení hornické činnosti v Českých zemích na období slávy hornictví – první v době předhusitské a druhé od poloviny 15. století do třicetileté války. Třetí období slávy, začínající tereziánskou obnovou, se Kutné Hory týká jen nepatrně.

Z historického i ložiskového hlediska lze rozdělit dobývání žil Staročeského pásma do tří hlavních etap. Jednak jde o dobývání mělce uložených zvětralých a navětralých rud, které následovalo po objevu ložiska. Druhou etapou je předhusitské dobývání primárních rud do relativně menších hloubek. Ve třetí etapě byly za Jiřího z Poděbrad obnovovány doly a následovala těžba z hlubších částí žil. Každá z těchto etap probíhala v odchylných ekonomických podmínkách a za odchylných technologických znalostí těžby, úpravy

a hutnění rud. Proto je nutné pro každou z těchto etap použít jiné podmínky těžitelnosti rud, neboli jinou hranici toho, co ještě byla ruda chudá, která při těžbě a zpracování nepřinášela zisk, a co naopak byla ruda bohatá, jejíž dobývání bylo ziskové.

Pro odhad množství stříbra obsaženého ve vytěžené rudě je potřeba v první řadě vymezit konturu těch částí žil, které jsou postiženy starou těžbou. Po nález ložiska byly zprvu vydobyty jeho přepovrchové části. Předpokládám, že zvětralé a navětralé rudy dosahovaly na Staročeském pásmu hloubky maximálně 10–15 m (Kořan 1988). Vzhledem k několika metrů mocnému pokryvu spraše, která kryla většinu výchozu žil pásma (s výjimkou nejjižnější části), měli staří horníci ztíženou práci. Pokud dopravovali rudu rumpály až na povrch, mohli zvětralé rudy dobývat do hloubky 10–20 m pod spodní hranici spraše. Hlubší části již byli nuceni vyřizovat kombinací vertikálních a horizontálních děl – hašplů (úpadnic) a chodeb.

O rozsahu předhusitského dolování primárních rud neexistují spolehlivé informace. Kořan (1950) předpokládal dosah dobývání v tomto období do hloubky maximálně 100 m. J. Bílek již koncem 60. let (ústní sdělení) uvažoval o větším hloubkovém dosahu předhusitského dobývání, neboť za Jiřího z Poděbrad byly staré doly zmáhány a neperpektivní rychle opouštěny. Souhlasím s jeho názorem, že ve válkou zničeném hospodářství nebylo dostatek prostředků na hromadné prohlubování šachet v celém revíru. Několik set metrů hluboký dosah předhusitských dobývek uvádí i P. Morávek (Morávek et al. 1992) z Jílového.

Důkazy o hloubkách předhusitského dolování přesahujících 100 m přinesl průzkum na Roveňském pásmu (Mikuš et Hušpauer 1988).

Z doby pohusitské obnovy dolů na Staročeském pásmu podrobné zprávy chybí (Bílek 2000c). Od počátku 16. století postupně přebírali doly do své správy panovníci a z této doby se zachoval rozsáhlý archiv písemností i vzácných map. Tento fond ve 20. století postupně zpracovávali J. Kořan (1950, 1988), Z. Šimon a J. Urban (1958), J. Urban (1960) a J. Bílek (1969, 1970, 1972, 1985, 2000a–f). Hloubky jam a dosah dobývek po přepočtu na svislé hloubky jsou uvedeny v tabulce 1. Je z ní zřejmé, že nejhlubší jámy i dobývky byly na severním konci pásma. Vezme-li se v úvahu i konfigurace

Tab. 1. Vertikální hloubky starých těžních jam a dosah dobývek (v metrech) na Staročeském pásmu. Sestaveno z údajů in: Urban (1960), Bílek (1969, 1970, 1972, 2000c), Mikuš et Hušpauer (1980).

Tab. 1. Vertical depth of the old shafts and mined out ore bodies (in meters). Staročeské pásmo vein zone. According Urban (1960), Bílek (1969, 1970, 1972, 2000c), Mikuš et Hušpauer (1980).

Název dolu	jámy	dobývky	název dolu	jámy	dobývky
Trmandl	163	285	Fráty	93	320
Šafary	143	350	Šmitna	157	325
Kuntery	185	300	Protiklonná žíla	–	360
Nová jáma	130	320	Nyklasy	115	300
Hoppy	153	330	Nyklasy	115	300
Rabštejn	115	275	Šváby	?	320
Mladá Plimle	110	310	Jižnější doly	?	ca 300
Špitálská žíla	.	315	Panská jáma	220	450

terénu, dobývky na Hlavní žíle dosáhly zde nejméně 100 až 130 m podmořské hloubky (m pm), na žíle Benátecké ca 200 m pm.

Pro odhad produkce stříbra jsem rozdělil Staročeské pásmo na několik, podle mého názoru přirozeně ložiskově a informačně definovaných bloků: blok přípovrchových zvětralých a navětralých rud, blok strukturního uzlu v okolí Panské jámy, a bloky lokalizované na Hlavní žíle: – blok severního vykliňování zrudnění v okolí šachty Trmandl (lokalizace jam je zřejmá z podélného řezu), blok strukturního uzlu dolů Šafary a Kuntery, blok centrální části žíly (Nová, Hoppy a Rabštejn), bloky strukturního uzlu Špitálské žíly (Mladá Plimle) se samostatnými bloky na Hlavní a Špitálské žíle, blok jižního pokračování Hlavní žíly (Šmitna, Nyklasy a Šváby) a konečně blok jižního štěpení žíly.

Výrubnost rudních sloupů blíže povrchu byla, podle pozorování ve stařinách Turkaňského a Rejzkého pásma 80–90 %. Obdobně je vydobita Hlavní žíla Staročeského pásma na patře dědičné štoly. Kyzové rudy Hlavní žíly Staročeského pásma v hloubce 250 m pod povrchem (mpp) jsou, podle výsledku báňských průzkumných prací, vydobyty minimálně z 80 %. Bohatší rudy Benátecké žíly jsou v hloubce 350 mpp vydobyty ca z 90 %.

Prvý výpočtový blok je definován v přípovrchové části pásma. V první, pionýrské fázi těžby byly dobývány zvětřalé a navětralé rudy. Hloubka zvětrání a navětrání rud na Staročeském pásmu není přesněji známá. Povrch pásma, s výjimkou nejj jižnější části, byl před nálezem ložiska pokryt několikametrovou vrstvou spraše. Nyní je situace komplikována pozůstatky po staleté hornické činnosti a obytnou zástavbou. Podle sledování občasných propadů starých dobývek předpokládám, že hloubka zvětrání a navětrání rud se pohybovala v metrech. J. Bílek (1985) předpokládal těžbu bohatých cementačních rud stříbra. Pro jejich vznik a uchování, podobně jako pro vznik stříbrných černí, nebyly na Staročeském pásmu vhodné podmínky (Holub 2006a, 2006b). J. Kořan (1988) uvádí na Staročeském pásmu dosah zvětrání okolo 10 m a těžbu zvětralin s kovnatostmi až 700 g/t Ag. Tyto zvětralinové údaje obsahovaly drátkové stříbro.

Pro odhad pravděpodobného množství stříbra obsaženého ve vytěžených zvětralých rudách byla zvolena metoda variantního výpočtu v přípovrchovém bloku. Blok pokrývá celý výchoz pásma. Vstupy do výpočtu byly zvoleny v intervalech: délka pásma 1200–1400 m, šířka pásma 100–150 m, mocnost zvětralých a navětralých rud 3–10 m, objemová hmotnost 2000 kg/m<sup>3</sup>, průměrná kovnatost 20–200 g/t Ag, výrubnost 10–40 %. Na příklad při šířce pásma 100 m a průměrné šířce vytěžených zvětralin 25 m na třech až čtyřech produktivních zónách je výrubnost bloku 25 %.

Při variantních výpočtech byla sledována i citlivost na změny jednotlivých parametrů (podrobněji in Holub 1989, 1993). Výsledek modelového výpočtu je nejcitlivější na změny průměrné kovnatosti a koeficientu výrubnosti. Pokud se průměrná kovnatost pohybovala okolo 50 g/t, a výrubnost okolo 20–30 %, množství vytěženého stříbra dosáhlo pravděpodobně prvé desítky tun kovu.

V nověji prozkoumaném prostoru mezi Panskou jámou na východní straně pásma, a jámami Kuntery a Nová šachta na západním okraji pásma (viz příčný řez pásmem), lze jednoznačně identifikovat Hlavní a Benáteckou žílu, a s určitou rezervou i některé další žíly – Podložní souklonnou, Láskovskou a Apatickou. V okolí Panské jámy dislokace nesoucí její jméno, severojižního směru a východního úklonu, spolu se zpeřenou souklonnou Benáteckou žílou směřující k JJZ, žílou Apatickou a také s prvním lamprofyrem přicházejícím od SSZ, vytvářejí strukturní uzel, na němž se vyskytovaly i kilogramové obsahy stříbra (Holub 2014). Kovnatosti těžených kyzů uvádí J. Bílek (2000c) ve výši 150–400 g/t, mocnost Benátecké žíly do jednoho až dvou metrů, mocnosti těžených kyzů 3–6 dm, výjimečně vyšší. Průzkumem zjištěné stařiny nebyly, až na výjimky, při průzkumu procházeny. Podle orientačních vrtů z čelb překopů mocnosti vytěžených a většinou zaplněných prostor byly vždy několik metrů. Nesoulad mezi menšími mocnostmi těžené rudy uváděné v historických zprávách a většími mocnostmi nafáraných stařin může být způsoben řadou příčin. Výběrový efekt v relacích vizitačních komisí, které nechtěly být příliš optimistické či pesimistické, byl již zmíněn. J. Bílkem (Bílek 2000c) uváděné napadávkou z nadloží rovněž nevyřeší vše. Koeficient nakypření napadávek je okolo 1,5–2, a tak k úplnému zaplnění dva metry mocné dobývky je potřeba dalších 1–1,5 m rostlé horniny. Napadávkou nemají, jak bylo možné pozorovat na Benátecké žíle vhodnou zrnitost, uvolněné bloky jsou často značné velikosti a tak nárůst mocností na účet napadávek nelze považovat za hlavní důvod. Mluví pro to i běžně nacházená výplň dobývek. Drobné úlomky alterovaných hornin bývají většinou uloženy v jílovité hmotě s uhlíky, pravděpodobně pozůstatkem po sázení ohně.

Podle mého názoru je řešení v tehdejší ekonomice. Zisk z dobývání drahého kovu byl realizován až ražbou mince a urburou panovníka. Na zisku se různým způsobem podíleli báňští podnikatelé a to i úlevami a svobodami, které neměli s důlním podnikáním nic společného. Proto hraniční kovnatost vykupované rudy byla stanovena tak, aby panovník dostával urburu a ostatní zúčastnění mohli žít způsobem odpovídajícím době. Maximalizace osobního zisku nebyla cílem, neboť panovník rychle bohatnoucí podnikatele vždy dokázal přesvědčit, aby mu postoupili část svého zisku. Takže řešením rozdílů v mocnostech jsou přibírky prožilků – „kaňkovi“. Ty byly těženy, pokud měly kovnatost schopnou uhradit náklady na dopravu a hutnění.

Z údajů uváděných in (Bílek 2000c) je možné odhadnout, že limitní kovnatost a mocnost rudy byly mezi 150 až 250 g/t Ag a 15 až 50 cm mocnosti kyzů, při minimální šíři dobývky okolo 50–60 cm. Byla-li mocnost rudy či její kovnatost vyšší, bylo přibíráno „kaňkovi“- zrudněné prožilky v bocích. Přibírka bývá levnější než vlastní ražba a rozdíl v nákladech tak umožňoval těžit i méně mocné či chudší prožilky a „vtroušeniny“. Hlušina se ihned používala k založení již vydobytych prostor.

Na strukturním uzlu v okolí Panské jámy byl vyvinut rudní sloup – vlastní Benátecká žíla starců – z něhož byly

„podle spolehlivých záznamů“ (Bílek 2000c) vytěženy kyzы obsahující ca 50 tun stříbra. O spolehlivosti archivních záznamů nepochybuji, pochybuji však o jejich úplnosti. Podle těžže záznamů byl koncem šedesátých let minulého století prognózován rudní sloup na Benátské žíle v sousedství se stařinami. Ten však byl, jak ukázal průzkum na počátku sedmdesátých let, starci z větší části vydobyt do hloubky okolo 450 m pod povrchem a v této další vytěžené části obsahoval pravděpodobně další desítky tun stříbra. Jiné, v záznamech o Benátské žíle neevidované stříbro pocházelo z doby prvních nálezů bohatých nálomů v nálezných překopech zhruba na úrovni 3. patra pozdější Panské jámy.

Celkové množství vytěženého stříbra z uvedeného strukturního uzlu dosáhlo pravděpodobně vyšší desítky tun a mohlo přesáhnout i sto tun kovu. Toto množství vytěženého stříbra odpovídá i středním hodnotám výsledků kontrolního variantního výpočtu zásob rostlé rudy ze vstupů: – směrná délka bloku 150–250 m, úklonná hloubka bloku 300–350 m, průměrná mocnost 2–3 m, objemová hmotnost 3000 kg/m<sup>3</sup>, průměrná kovnatost 300–500 g/t Ag, výrubnost 70–90 %. Třetí výpočtový blok je vymezen na severním vyklínování Hlavní žíly nad hranicí souvrství svrchních rul s centrálními migmatity. Rozhraní obou celků upadá pod středním úhlem k severu a je vyvinuto jako několik desítek metrů mocná zóna střídání rul a migmatitů. Hloubkový dosah předhusitského dobývání není znám a i o pozdějším dobývání existuje, podle J. Bílka (Bílek 2000c), velmi málo ložiskových údajů. Důl Trmandl byl spojen organizačně i technicky s dolem Šafary, a byl používán již v první polovině 16. století pro čerpání důlních vod. Blok byl nově prozkoumán báňsky na 3. a 5. patře Turkaňské jámy.

V jižní části důlního pole dolu Trmandl, v jeho hlubších částech, měla Hlavní žíla mocnost 2–3 m, z toho kyzы tvořily 30–50 %. Zrudnění tvořilo krátká čočkovitá tělesa. Průměrné obsahy stříbra v kyzých těžných v druhé polovině 16. století se pohybovaly mezi 130 až 260 g/t. Pod dolem Trmandl, na úrovni 3. patra protíná Hlavní žíla 2. lamprofyr, strukturu, na níž je vyvinuta Láskovská žíla. Toto protětí je sledováno štíhlým rudním sloupem s obsahy Ag do 100 g/t (v zásekovém vzorkování). Obsah Ag klesá na úrovni 5. patra na ca 50 g/t. Polymetalická mineralizace dosahuje na Hlavní žíle ve významnější míře asi 50–80 m nad uvedenou hranici souvrství a postupně se rozpadá směrem k severu v drobnější rudní čočky. Zrudnění je tvořeno na 5. patře zónou Cu-rud s obsahy Ag 80–100 g/t v metrových zásekových vzorcích. Na 3. patře, na němž mineralizace přechází do zóny Zn-rud, byly zastíženy stařiny až po protětí 2. lamprofyru. Ovkorkované zbylé rudy mají obsahy Ag ve vyšších desítkách g/t.

Deset metrů u povrchu považuji za vytěžené zvětralé a navětralé rudy, které do bloku nezapočítávám. Jižní hranici bloku u povrchu kladu 150 m jižně od dolu Trmandl: Hranice je svislá a končí v hloubce 285 m (viz tab. 3 – dosah dobývek). Severní hranice bloku začíná u povrchu rovněž ve vzdálenosti 150 m od jámy Trmandl. Odtud směřuje k dobývkám na 3. patře u 2. lamprofyru tak, že hloubku 100 m protíná ve

vzdálenosti 60 m severně od jámy Trmandl. Od hranice na 3. patře pokračuje ploše k hloubce 285 m na jižní hranici bloku. Hlavní žíla dosahuje v rudních odstavcích mocnosti 2–3 m. Směrem k severu rudních odstavců ubývá, jejich zastoupení v ploše žíly klesá ze 60 na 30 %. Mezi rudními odstavci je Hlavní žíla zrudněna prožily „kaňkovými a vtroušeninami“ sulfidů. Kovnatosti kyzů ve spodní části bloku, vezmeme-li v úvahu selektivní dobývání a přebírání rud, se pohybovaly v rozmezí 130–250 g/t Ag. Pro svrchní část bloku chybí údaje. Vzhledem k zonálnosti rud lze předpokládat o něco vyšší kovnatosti, a to okolo 300 g/t. Výrubnost menších odstavců byla zřejmě vysoká, dobýváno bylo i „kaňkoví“ mezi rudními odstavci.

Z variantních výpočtů plyne, že z tohoto bloku mohly být vytěženy první desítky tun stříbra.

Čtvrtý blok je vymezen na strukturním uzlu jámy Šafary a zaujímá i severní část důlního pole jámy Kuntery. Hlavní žíla zde prochází rojem struktur ssv.–jjz. směru, na nichž existuje mnoho odžilků, které byly zčásti označovány jako samostatné žíly (podložní – „lintové“ i nadložní „hantové“). Uzel je blíže povrchu komplikován protětím 2. lamprofyru a v hlubších částech hranicí souvrství svrchních rul s centrálními migmatity. Rozhraní obou celků upadá pod středním úhlem k severu a dílčí rudní sloupy jsou orientovány paralelně s tímto rozhraním. Blok byl báňsky prozkoumán mezi 1. a 5. patrem.

O dobývání existují, podle J. Bílka (Bílek 2000c), ložiskové údaje převážně z hloubek větších jak 200 m. V těchto částech měla Hlavní žíla mocnost 2–3 m, v svrchních částech uzlu i více. Kyzы tvořily 40–80 % žiloviny. V odžilkách kyzы tvořily až několik decimetrů mocné lité zrudnění. Zrudnění v rudním sloupu strukturního uzlu, podle rozsahu dobývek na 1. a 3. patře a podle vývoje žíly na 5. patře, vyplňovalo 70–90% plochy žíly. Průměrné obsahy stříbra v kyzých těžných v druhé polovině 16. století se ve středních hloubkách (ca do 250 mpp) pohybovaly mezi 300–400 g/t. Ve větších hloubkách klesaly na 130 až 260 g/t. Dobývky na tomto rudním sloupu v poli dolu Šafary dosáhly 350 m pod povrch, směrem k dolu Kuntery spodní hranice dobývek stoupá na hloubku 300 mpp. Mocnost kyzů v těchto hloubkách zůstávala v metrech. Ve svrchních částech uzlu, v místech protětí 2. lamptofyru lze předpokládat obsahy Ag i ve vyšších stovkách g/t. Svislá severní hranice bloku je totožná s jižní hranicí předchozího bloku. Délka bloku ke svislé jižní hranici je 200 m.

Z variantních výpočtů plyne, že z tohoto bloku pravděpodobně byly vytěženy nižší až střední desítky tun stříbra.

Pátý blok je vymezen na centrální části Hlavní žíly. Zaujímá jižní část důlního pole dolu Kuntery, dále důlní pole jam Nová, Hoppy a spodní část pole dolu Rabštejn. Blok byl nově báňsky prozkoumán mezi 1. a 5. patrem. Rudní sloupy na Hlavní žíle sledují hranici souvrství svrchních rul s centrálními migmatity. Migmatity ve spodní jižní části bloku přecházejí již do souvrství migmatitizovaných rul. Rozhraní obou horninových celků upadá mírně k severu a dílčí rudní sloupy jsou orientovány paralelně s tímto rozhraním. Na 5.

patře je Hlavní žíla mocná 1–3 m, místy i více. Má brekciovitou texturu a je zde vyvinuta nejhlubší As-mineralizace rudního zonálního řezu s nízkými obsahy Ag (maximálně X0 g/t) a zvýšenými obsahy Au (maximálně 0,X g/t).

Údaje o starém obývání existují z hloubek větších jak 150–200 m. V těchto částech – na dolu Hoppy – měla Hlavní žíla mocnost 2–3 m, ve svrchních částech i více. Na Nové jámě v hloubkách okolo 200 m existují rozsáhlé vydobyté prostory mocné až 7 m, průměrně snad 4–5 m. Indicie o podobných mocnostech existují i na vyšších částech důlního pole jámy Rabštejn. J. Bílek (2000c) uvažuje o zvětšení prostor vlivem napadávek. I když napadávky určitou roli hrát mohou, spíše zde byly přibírány žilky kyzů v okolorudních alteracích – „kaňkovi“ starců. V hlubších částech kyzů tvořily 40–80 % žiloviny. Zrudnění v rudním sloupu vyplňovalo 70–90% plochy žíly, soudě podle rozsahu dobývek na 1. až 3. patře a podle vývoje žíly na 5. patře. Průměrné obsahy stříbra v kyzech se ve středních hloubkách (ca do 150–200 mpp) pohybovaly mezi 300–400 g/t, ve větších hloubkách klesaly na 130 až 260 g/t. Dobývky v poli dolů Nová a Hoppy dosáhly 320–330 m pod povrch, směrem k dolu Rabštejn hranice dobývek stoupá na 270–280 mpp. Svislá severní hranice bloku je totožná s jižní hranicí předchozího bloku. Délka bloku k šikmé jižní hranici je u povrchu 200 m, v hloubce 300 m je 400 m.

Z variantních výpočtů plyne, že z bloku centrální části Hlavní žíly mohlo být vytěženo okolo sto tun stříbra.

Šestý blok je vymezen na strukturním uzlu jámy Mladá Plimle. Strukturní uzel u povrchu začíná v prostoru dolu Fráty, zaujímá i důlní pole jámy Mladá Plimle a v nejhlubších částech zasahuje do důlního pole dolu Šmitna. Rudní sloup upadá v ploše Hlavní žíly pod středním až strmým úhlem k jihu. Hlavní žíla zde prochází protiklonnou strukturou téměř sv.–jz. směru, která je jižním pokračováním rudonosné struktury Benátecké žíly. Průnik obou struktur byl prozkoumán na 5. patře, v hloubce ca 400 m pod povrchem. V zóně průniku obou struktur, směrné délky okolo 200 m, existuje mnoho odžilků a drobnějších zpeřených žil, jak souklonných, tak protiklonných k Hlavní žíle. Která z těchto struktur odpovídá Špitálské žíle starců, není možné rozhodnout (Holub 2014, obr. 3). Dílčí rudní sloupky jsou orientovány paralelně s hranicí souvrství centrálních migmatitů s podložními migmatitizovanými rulami. Rozhraní obou celků upadá pod mírným úhlem k severu. V prostoru tohoto strukturního uzlu také začíná jižní štěpení Hlavní žíly do několika subparalelních struktur.

Mocnosti Hlavní žíly na 5. patře, ve směrně rozsáhlých rudních sloupech, jsou 1,5–2 m, při obsahu Zn 1–1,5 %, Cu pod 1 %, Ag 50–150 g/t a okolo 3 % As. Pyrrhotinové zrudnění s chalkopyritem a obdobnými obsahy Ag se vyskytuje i na zpeřených žilkách proměnlivé mocnosti a obtížné propojitelnosti mezi překopy raženými na mocnost alterovaného pásma. Vtroušené zrudnění a prožilky vyplňují i nejbližší okolí zpeřených žil. O starém dobývání existují ložiskové údaje převážně z hloubek větších jak 150 m. V těchto částech měla Hlavní žíla mocnost 2–3 m, ve svrchních částech uzlu

i více. Žilovina obsahovala 50–80 % kyzů. V odžilkách kyzů tvořily až několik decimetrů mocné lité zrudnění. Zrudnění v rudním sloupu strukturního uzlu, podle analogie se severněji prozkoumanou částí žíly a podle vývoje žíly na 5. patře, vyplňovalo 70–90 % plochy žíly. Těžené mocnosti na podložní (Špitálské) žíle byly nižší, okolo jednoho metru a většinu výplně tvořily kyzky. Pravděpodobně na zpeřených žilách v podloží Hlavní žíly existovalo více paralelních dobývek, což přispělo k nereálné paralelizaci žil v Bílkově schématu žilné stavby Staročeského pásma (Bílek 2000c, srovnej s Holub 2014).

Průměrné obsahy stříbra v kyzech z Hlavní žíly se ve středních hloubkách (ca 200–250 m pp) pohybovaly mezi 300–400 g/t, výše se vyskytovaly obsahy i mezi 600–800 g/t. Ve větších hloubkách obsahy klesaly na 130 až 260 g/t Ag. Obsahy Ag na Špitálské žíle a doprovodných žilkách byly mírně vyšší.

Dobývky na tomto rudním sloupu v poli dolu Mladá Plimle dosáhly na obou žilách hloubky 300–320 mpp, směrem k dolu Šmitna dosáhly na podložní protiklonné (Špitálské) žíle spodní hranice v hloubce okolo 350 mpp a na Hlavní žíle končily asi 300 mpp. Ukloněná severní hranice bloku je totožná s jižní hranicí předchozího bloku. S ní rovnoběžná jižní hranice bloku je směrně vzdálená 200 m na Hlavní žíle. Délku bloku na Podložní protiklonné žíle (Špitálské) uvažují v rozmezí 50–150 m.

Z variantních výpočtů plyne, že z bloku strukturního uzlu Hlavní a Podložní protiklonné (Špitálské) žíly bylo vytěženo nejspíše sto, maximálně až dvě stě tun stříbra.

Šedý blok je vymezen na jižní, větvičí se části Hlavní žíly. Zaujímá svrchní část důlního pole jámy Šmitna, dále důlní pole jam Nyklasy a Šváby. Obě větve Hlavní žíly byly, podle J. Bílka (Bílek 2000c), na dolech Nyklasy a Šváby považovány za samostatné žíly. Spodní část bloku byla nově báňsky prozkoumána na 5. patře. Rudní sloupky na Hlavní žíle sledují v hloubce hranicí souvrství centrálních migmatitů postupně přecházejících do podložního souvrství migmatitizovaných rul. Rozhraní obou celků upadá mírně k severu a dílčí rudní sloupky jsou orientovány paralelně s tímto rozhraním.

Na 5. patře je Hlavní žíla mocná 1–2 m a má rozsáhlou zónu hydrotermálních přeměn se sulfidy. Žíla má brekciovitou texturu metasomatického typu a je zde vyvinuta zóna Cu-rud s obsahy Ag (v metrových zásekových vzorcích) 50–100 g/t, ojediněle i vyššími. V příčném řezu alterovanou zónou, v jejích periferních částech byl pozorován i galenit. V hloubkách 100–200 mpp, v severní části bloku zůstaly nevýdobyté mocné a rozsáhlé polohy kyzů chudých stříbrem (Bílek 2000c). Pravděpodobně v této části žíly přechází mineralizace do zóny Zn-rud, v níž se stříbro vyskytuje v obsazích zajímavějších starce jen v nejvyšších částech rudních sloupů. Zóna Zn-rud přechází k jihu do zóny Pb–Zn rud s obsahy mezi 500–800 g/t Ag. Mocnosti v této zóně jsou nízké, většinou v prvních decimetrech. Plošná rudonosnost je neznámá. Podle analogie s Rejzským pásmem je pod 50 %, nejspíše okolo 30 %. Dobývky na těchto bohatších rudách lokálně dosáhly hloubku 300 m.

Kosá severní hranice bloku je totožná s jižní hranicí předchozího bloku, jižní hranice je svislá. Délka bloku u povrchu je 450 m, v hloubce 300 mpp je 250 m.

Z variantních výpočtů plyne, že z bloku jižního štěpení Hlavní žíly bylo vytěženo pravděpodobně okolo desíti tun stříbra, maximálně snad až prvé desítky tun tohoto kovu.

Nejižnější část pásma – jižní štěpení Hlavní žíly -netvoří, ve smyslu výpočtu zásob, ucelený ložiskový blok. Pásmo je zde prezentováno řadou žil a žilek, o jejichž průběhu a vlastnostech je málo informací. Na těchto žilách byl po polovině 16. století jen omezený provoz. Některé zdejší dobývky dosáhly snad hloubek až 300 m (Bílek 2000c).

Mineralizace je uložena v nehomogenním souvrství migmatitizovaných rul a je již značně vzdálená od mineralizačního centra Staročeského pásma. Lze proto očekávat, že rudní sloupy jsou zde menších rozměrů a jsou tvořeny Zn-Pb a Pb rudami, v nichž hlavním kyzem je pyrit. Podle Bílkových výzkumů (Bílek 2000c), mocnosti žil jsou převážně v centimetrech až decimetrech. Žilovinu tvořil křemen, v rudě byl častý galenit s pyritem. Obsahy Ag se pohybovaly mezi 500–800 g/t, místy byly i vyšší. Plošná rudonositost je neznámá. Podle analogie s Rejzským pásmem je nejspíše pod 30 %, a v případě bohatších, hlouběji těžených rud snad jen okolo 10 %.

Z variantních výpočtů plyne, že z tohoto bloku bylo vytěženo maximálně okolo desíti tun stříbra.

Tab. 2. Sumář množství stříbra (tuny) obsaženého ve starci vytěžené rudě Staročeského pásma.

Tab. 2. The summary of the silver (tons) in mined out ore. Staročeské pásmo vein zone.

Blok	množství vytěženého kovu (tuny)
Výchozová část	prvé desítky
Uzel Panské jámy	vyšší desítky až stovka
Severní vyklínování žíly	prvé desítky
Uzel Šafary – Kuntery	nižší až střední desítky
Centrální část žíly	okolo stovky
Uzel Mladé Plimle	sto až do dvou set
Jižní pokračování žíly	deset až dvacet
Jižní štěpení žíly	okolo deseti

Podle mého odhadu ruda vytěžená z hlavních rudních struktur Staročeského pásma obsahovala střední až vyšší stovky tun stříbra. Pokud jde o produkci stříbra z celého Staročeského pásma, přikláním se k odhadu ve vyšších stovkách tun kovu. K údajům v tabulce je nutné přiřadit i těžbu z ostatních žil pásma. J. Bílek (2000c) sice o nich uvádí ložiskové údaje, ty však nejsou informačně stejnocenné s údaji o blocích Hlavní a Benátské žíly, neboť nejsou alespoň zčásti kontrolovatelné výsledky novodobého průzkumu.

Další důvody jsou ložiskové. Vezme-li se v úvahu zornost rud a indicie přítomnosti galenitu ve svrchních a periferních částech zpeřených žil, je pravděpodobné, že i relativně nevelké odstavce (do prvních desítek metrů), se zrudněním mocným „na prsty až dlaň“, s obsahy stříbra v nižších stovkách g/t, snad nebyly bilanční podle ekonomických kritérií na králem vlastněných dolech v 16. sto-

letí. Mohly být ale vítaným cílem drobných soukromých podnikatelů. Ti mohli těžit tyto rudy do malých, přirozeně relativně dobře větratelných hloubek několika desítek metrů. Takovéto vlastnosti měly průzkumem ve 20. století zastížení žíly na severu ložiska – na příklad žíla Václav, či žíly Alžbětina a Niffelského pásma. I když množství stříbra získané z takovýchto jednotlivých jam starců bylo nejspíše v desítkách až stovkách kilogramů, vzhledem k velkému, blíže neznámému počtu drobných dolů, mohla tato „drobná“ těžba dodat do celkového množství vytěženého stříbra snad až další desítky tun kovu.

#### TURKAŇSKÉ A REJZKÉ PÁSMO

V severní části Kutnohorského ložiska, na východním okraji Turkaňku vystupují na den Turkaňské a Rejzské pásmo (obr. 6, 7). J. Bílek (1985) zde předpokládal, vzhledem k blízkosti Malína – někdejšího sídla slavníkovské mincovny – omezenou těžbu stříbra již v 10. století“. Písemné a archeologické doklady i současné geochemické výzkumy však takovouto časnou těžbu stříbra nepotvrzují.

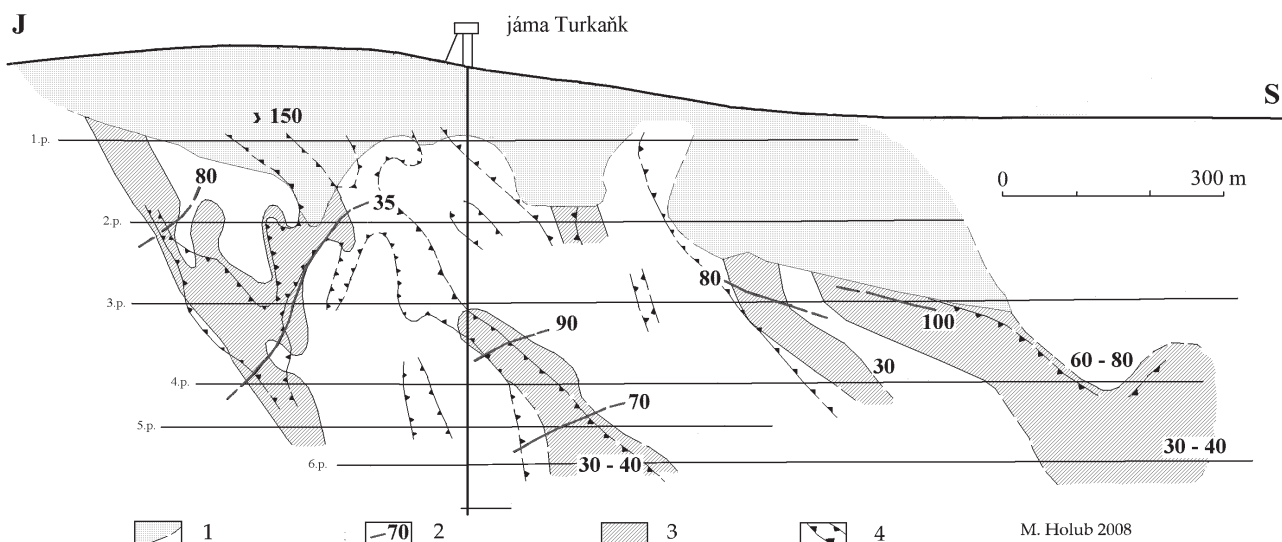
Archivní písemné zprávy o produkci rudy z dolů na žilách těchto pásem nebyly souhrnně zpracovány a publikovány. Při obnově prací po husitských válkách se pracovalo hlavně na Rejzském pásmu. Nedostatek kyzů pro hutnění podnítil v druhé polovině 16. století opětné zahájení provozu na Turkaňském pásmu. Při zmáhání starších dolů byly poměrně blízko povrchu odkryty ještě nevydobyté nálohy kyzů s obsahy 300–500 g/t Ag. Ve větších hloubkách obsahy stříbra poklesly. V té době skončil provoz na sousedním Rejzském pásmu. Koncem 17. století, po krizi třicetileté války, byla na obou pásmech obnovena větší produkce. „Na všech dolech, které byly znovu otevřeny na severu revíru (včetně Hloušického pásma), pracovalo kolem 50 až 80 havířů. Celková roční produkce se pohybovala mezi 400 až 600 tunami kyzů a rud, z nichž bylo získáno snad 200 až 300 kg stříbra“ (Bílek 1985). Průměrná kovnatost kyzů byla tedy okolo 500g/t. Největší podíl na této produkci mělo Turkaňské pásmo (Hrabák 1902).

Žíly Turkaňského a Rejzského pásma mají společnou zornost rud a jsou vyvinuty na protilehlých okrajích drobné zdvihové zlomové struktury ssv. směru, upadající k západu. Mineralizace vyplňuje poměrně složitý systém vzájemně se prostupujících a na sebe navazujících trhlin. Mocnost hydrotermálně alterovaných zón kolísá od několika metrů do několika desítek metrů. Zóny nejsou mineralizovány v celém průběhu, zrudnění je soustředěno do několika hlavních a řady drobnějších sloupů s dosti složitou, převážně čočkovitou vnitřní stavbou. Jednotlivé čočky byly v minulosti často označovány jako samostatné žíly.

Průměrná poloha mineralizované (Hlavní) žíly Turkaňského pásma je vyjádřena směrem 20° a úklonem 65° k západu. Méně mineralizované struktury, často odbíhající do podloží a nadloží, mají směr 340°–350° a strmější úklon k západu. Hydrotermálně alterované zpeřené struktury téměř bez mineralizace mají směr okolo 30°–40° a mírnější sklon 50°–65° k západu. Nejmladší kalcit je lokalizován na

strukturách směru sever – jih. Doprovodné mladší dislokace – „hlaďáky“ – většinou lemují křemenné a prokřemenné části žil a intenzivněji jsou vyvinuty v hluchých úsecích pásma. Pro žílu je typický vývin mohutných, několik metrů mocných brekciových zón, tmelených křemenem a sulfidy. Tyto zóny jsou vyvinuty ve velkých rudních sloupech v místech jejich křížení s hranicemi souvrství ruly/migmatity a podél linií křížení rudonosných struktur.

Křemen vytváří víceméně souvislé sloupy, upadající pod  $40^{\circ}$ – $50^{\circ}$  k severu. V nejsevernější části se tento úhel zmírňuje na  $30^{\circ}$ . Druhý, méně výrazný je směr upadání sloupů pod  $70^{\circ}$  k jihu. Směry delších os těchto sloupů souhlasí se směry průsečnic (tautozonalita) hlavních struktur stavby, souhlasí i s hodnotami os naměřenými v podzemí na drobných čočkách a na vlnění žilných ploch. V jižním sloupu průběh maximálních mocností křemene souhlasí s linií rozdvojení

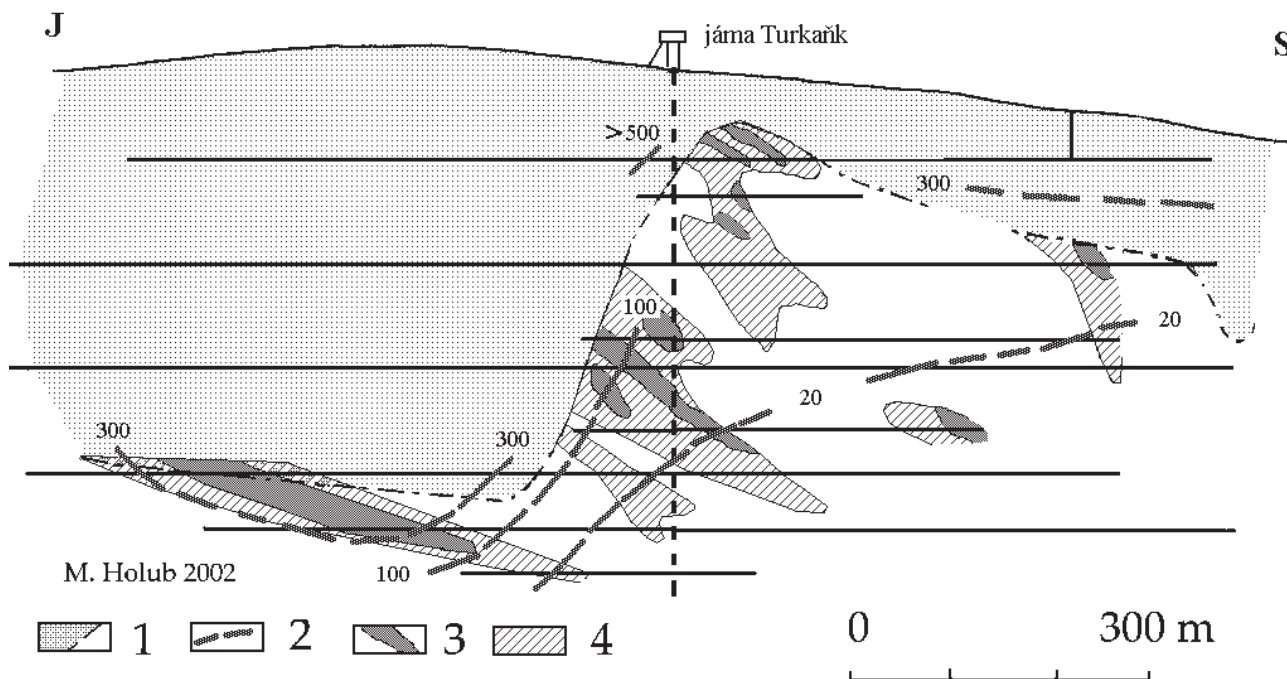


Obr. 6. Schema distribuce rudních sloupů v ploše Turkaňského pásma.

1 – dosah starých dobývek, 2 – izolinie obsahů Ag (g/t, ppm), 3 – sloupy Zn-rudy – kontura jedno metrprocento, 4 – sloupy křemene a prokřemění – kontura jeden metr pravé mocnosti.

Fig. 6. The distribution of ore bodies in the plane of the Turkaň vein zone

1 – old mined out part of the vein, 2 – isolines of the Ag content in g/t, 3 – Zn – ore bodies (contour one m<sup>2</sup>%), 4 – barren quartzite bodies (contour one m).



Obr. 7. Schema distribuce rudních sloupů v ploše Rejzského pásma.

1 – dosah starých dobývek, 2 – izolinie obsahů Ag (g/t, ppm), 3 – sloupy Pb rudy – kontura jedno metrprocento, 4 – sloupy Zn-rudy – kontura jedno metrprocento.

Fig. 7. The distribution of ore bodies in the plane of the Rejz vein zone.

1 – old mined out part of the vein, 2 – isolines of the Ag content in g/t, 3 – Pb – ore bodies (contour one m<sup>2</sup>%), 4 – Zn – ore bodies (contour one m<sup>2</sup>%).

žily. Maximální mocnosti křemene a prokřemenění jsou většinou v migmatitech.

Suma sulfidů sledovaná jako obsahy síry tvoří obdobné sloupy jako křemen, maxima jsou však většinou posunuta do svrchních částí křemenných sloupů. Plošně zaujímá izolinie 3 m<sup>3</sup>% síry (tzn. součin mocnosti a kovnatosti) asi 60 % plochy žíly. Sfalerit má maxima výskytu ve svrchních částech křemenných sloupů, avšak pod hlavními akumulacemi síry. Izolinie 6 m<sup>3</sup>% Zn (součin mocnosti a kovnatosti) zaujímá 35 % plochy žíly. Galenit se vyskytuje v podobě čoček v nejvyšších částech sloupů sulfidů.

Obdobné poměry v distribuci mineralizace jako na Turkaňském pásmu byly zjištěny i na pásmu Rejzském.

Rudní sloupy v něm byly složeny z řady dílčích čočkovitých útvarů s osami upadajícími pod 30°–40° k severu. Výraznější je zde přítomnost sloupů galenitu, který, podobně jako Ag, je lokalizován v jižních a svrchních částech sloupů tvořených převážně pyritem a sfaleritem.

Případné druhotně obohacené rudy na výchozech obou pásem byly, pokud v geologické minulosti vznikly, zničeny abrazí křídového moře.

Pro odhad množství stříbra obsaženého ve vytěžených rudách obou pásem vycházím z výsledků báňských průzkumů obou pásem a z výsledků studia ložiskových zákonitostí (Holub et al. 1974, Holub 1975, Holub, Hoffman, Mikuš, Trdlička 1982). Hlavními rudními minerály byly pyrit a sfalerit. Na Rejzském pásmu i galenit. Množství křemenné žiloviny bylo proměnlivé, hlušinou příměs tvořily i hydrotermálně přeměněné minerály rul a migmatitů. Většina staré těžby pocházela ze tří velkých rudních sloupů, severního a jižního na Turkaňském pásmu a jižního na Rejzském pásmu. Nad úrovní dědičných štol (a mírně pod ní), odvádějících samospádem důlní vody a usnadňujících i větrání, byly těženy i drobnější rudní čočky nalézané mezi velkými rudními sloupy. Pro odhad množství stříbra obsaženého ve vytěžené rudě je posuzován každý sloup jako samostatný blok. Různá intenzita těžby nad a pod úrovní dědičných štol je zohledněna koeficientem výrubnosti. Velikost produkce rudy nad úrovní dědičných štol mimo hlavní rudní sloupy je počítána samostatně.

Jižní rudní sloup na Turkaňském pásmu je lokalizován pod hřbetem Turkaňku, kolmo k jeho hřbetnici. Směrná délka sloupu je téměř 400 m. Rudní sloup se do hloubky směrně zkracuje, ale množství sulfidů v něm do hloubky roste. Maximum rudních minerálů zóny Zn rud je mezi 2.–4. patrem Turkaňské jámy.

Podle J. H. Bernarda (Bernard 1953) a podle provozního vzorkování Rudných dolů v žilovině svrchní části sloupu převažuje křemen, karbonáty jsou řídké. Ze sulfidů převládá pyrit, hojný je sfalerit, místy je přítomen galenit a tetradrit. Arzenopyrit a pyrotin převládají v okoložilných impregnacích. Obsahy stříbra na spodním okraji dobývek byly v rostlé rudě, podle vzorkování Rudných dolů, okolo 100 g/t. V zanechaných pilířích hluchých částí žíly, v převážně pyritových impregnacích ve svrchních částech sloupů byly zjištěny obsahy Ag i nad 200 g/t. Pro obsahy stříbra v částech

s hojnějším galenitem je použita analogie se sousedním Rejzským pásmem. Zvýšené obsahy galenitu byly vázány na svrchní části vzhůru se větvícího sloupu a zabíraly pravděpodobně okolo 10 % plochy sloupu. Obsahy Ag v nich byly ve vyšších stovkách g/t. Rudní sloup se směrem vzhůru větví v několik paralelních, postupně se vzdalujících žil a čoček. Mocnost Zn rudy v okolí 3. patra dosahuje až šesti metrů. Podle mocnosti dobývek na 1. patře lze soudit, že mocnost dobývaného zrudnění kolísala od několika centimetrů do několika metrů. Vzhledem k tomu, že většina vytěženého rudního sloupu byla nad úrovní dědičných štol, či mělce pod ní, byly přibírány i méně kovnaté impregnace a žilky v okolí vřdčího zrudnění. Celková výrubnost je pravděpodobně vysoká, snad okolo 60–90 %. Rudnina vytěžená z tohoto sloupu do 19. století obsahovala pravděpodobně prvé desítky tun stříbra.

Severní rudní sloup na Turkaňském pásmu je lokalizován na severním svahu Turkaňku. Byl starci vydobyt v úklonné délce asi 450–600 m, s osou mírně upadající k severu, do hloubky ca 200 v jižní části a až 280 mpp v severní části sloupu. Od poloviny 16. století zde byly dobývány kyzové rudy obsahující 300–500 g/t Ag (Bílek 1985). Podle ovzorkování starých pilířů jsou to obsahy v selektivně těžené a vybírané rudě. Obsahy stříbra na spodním okraji dobývek a v zanechaných pilířích byly v rostlé rudě okolo 100–200 g/t. Mocnost Zn rudy v okolí 1. patra dosahovala, včetně impregnací a prožilků až šesti metrů. Plošná rudonosnost uvnitř rudního sloupu přesahovala 60 %. Ve svrchní, vytěžené části se mohla pohybovat mezi 70–80 %. Většina vytěženého rudního sloupu je pod úrovní dědičných štol. Proto celkový koeficient výrubnosti je pravděpodobně nižší, než u jižního sloupu. Soudě podle rozsahu nafáraných stařin v okolí 2. patra Turkaňské jámy je výrubnost snad okolo 50–70 %. Rudnina vytěžená z tohoto sloupu do 19. století obsahovala pravděpodobně prvé až střední desítky tun stříbra.

Jižní rudní sloup na Rejzském pásmu je lokalizován u povrchu pod hřbetem Turkaňku, kolmo k jeho hřbetnici, v délce téměř 900 m. Rudní sloup se do hloubky v ploše žíly mírně zužuje, v hloubce 400 mpp je dlouhý ca 700 m. Je směrem od jihu starci vytěžen asi ze tří čtvrtin, zbytek byl vytěžen v padesátých letech minulého století. Zrudnění vytváří uvnitř rudního sloupu štíhlé rudní čočky upadající v ploše žíly pod mírným úhlem k severu. Galenitové čočky provázené stříbronosným tetradritem jsou lokalizovány ve svrchních částech sfaleritových rudních čoček a nezdávka přecházejí do jejich směrného nadloží. Podle J. H. Bernarda (Bernard 1953) v žilovině sloupu převažuje křemen, karbonáty jsou řídké. Ze sulfidů převládá pyrit, hojný je sfalerit, místy i galenit a tetradrit. Arzenopyrit a pyrit jsou časté v okoložilných, slabě sulfidy impregnacích hydrotermálně přeměněných horninách.

Obsahy stříbra na okrajích starých dobývek byly podle moderního vzorkování v rostlé rudě, v místech dílčích rudních čoček bez galenitu okolo 100–200 g/t. Na spodním okraji dobývek, v čočce Pb – Zn rudy byly i nad 300 g/t. Zvý-



šené obsahy galenitu byly vázány na drobnější rudní čočky, které v ploše rudního sloupu zaujímaly, soudě podle průběhu starých důlních děl, snad až 30 % plochy rudního sloupu. Obsahy stříbra, vázaného převážně na tetraedrit, směrem vzhůru v dílčích rudních čočkách stoupaly a nad prvním patrem se patrně pohybovaly i v prvních tisících g/t Ag.

Rudní sloup se směrem vzhůru opět větví v několik paralelních, postupně se vzdalujících žil a čoček. Mocnost Pb – Zn rudy byly většinou v dm, místy dosáhly i 2 m. Hydrotermální alterace nemají většinou tak velký rozsah jako na sousedním Turkaňském pásmu. Výrubnost rudních čoček je vysoká, pro celý rudní sloup klesá asi na 50–70 %. Rudní sloup vyvinutý nad 1. patrem a mírně pod ním byl nad úrovní dědičných štol. Proto je tato část sloupu počítána samostatně v následujícím bloku. Rudnina v jižního sloupu vytěžená do 19. století obsahovala pravděpodobně prvé až střední desítky tun stříbra.

Rudy ze svrchních částí Rejzského pásma byly podle technologického hlediska starců pokládány za rudy stříbrné, nikoliv kyzové. Minerální složení rud je stejné jako v předchozím bloku. Lze však, v důsledku zonálnosti rud předpokládat vyšší zastoupení galenitu a tetraedritu – freibergitu v rudě. Pro zachování bohatých sekundárních rud stříbra nebyly na Rejzkém pásmu vhodné podmínky, neboť měkčí zvětraliny hydrotermálně alterovaných hornin byly vymyty příbojem křídového moře a vzniklé rokle byly vyplněny slepenci s vápnitým tmelem a dalšími vápnitými sedimenty.

Rudní blok nad dnešním 1. patrem byl dobře odvodňován a odvětráván dědičnými štolami. Proto v něm byly dobývány i drobnější, málo mocné žíly a odžilký, které v hlubších částech pásma byly z ekonomických důvodů nedobyvatelné.

Blok připovrchové zóny Rejzského pásma je omezen linií povrchu a 1. patrem Turkaňské jámy, které je v nejhlubším místě téměř 100 m pod povrchem. Do bloku nezahrnují připovrchových 5–10 m porušených křídovým příbojem. Délka bloku při povrchu je 1200–1500 m. Rudnina vytěžená z této zóny obsahovala pravděpodobně prvé desítky tun stříbra.

Z variantních výpočtů plyne, že rudnina vytěžená z obou pásem do 19. století obsahovala pravděpodobně sto až dvě stě tun stříbra.

#### HLOUŠECKO-GRUNTECKÉ PÁSMO

Hloušecké pásmo, které pokračuje od Kutné Hory k severu podél silnice ke Gruntě, „náleželo v minulosti mezi vedlejší ložiska kutnohorského revíru“ (Bílek 2000d). Rudonosné struktury pokračují k severu, podle výsledků nedávného vrtného a báňského průzkumu, podél východního okraje Grunty snad až k Libenicím (Hoffman et al. 1982, Hušpauer et Mikuš 1989). Rudonosné struktury jsou na jihu, pod městskou zástavbou, nesledovatelné technickými průzkumnými pracemi. Směřují však do území Oselského pásma.

Hloušecké pásmo je podsednuto dědičnou štolou, na severním úseku v hloubkách 35 až 40 mpp, s ústím v oblasti Lorce. Západní větev této štoly odvodňovala Grejfské pásmo. Podle poznatků báňsko-historického výzkumu (Bílek 2000d) byly na tomto pásmu dobývány čtyři významnější žíly

severního až severovýchodního směru (Hlavní hloušecká, Nadložní, Šesti bratří neboli sv. Vavřince a Hložecká). I když pásmo bylo předmětem starší těžby, archivní prameny pocházejí hlavně až z druhé poloviny 16. a ze 17. století. V té době byl provoz soustředěn na severním úseku pásma. Na Hloušeckém pásmu se většinou dobývalo v relativně malých hloubkách do 50 m pod povrchem. V místech, v nichž staří sledovali bohatší rudní čočky (doly Havířský, Sv. Vavřinec) dobývky mohly dosáhnout až 150 m, jak to potvrdil i moderní vrtný průzkum. Území pásma je pokryto sedimenty křídového stáří a dědičná štola procházela nehluboko pod rozhraním křída/krystalinikum. Cílem starců proto byly, vzhledem k nízkým obsahům stříbra v primárních rudách, zvětralinové rudy, místy druhotně obohacené.

Podle J. Bílka „...průměrné obsahy odváděných rud se pohybovaly kolem 200 až 300 g/t Ag. Přihlédne-li se k faktu, že se většinou jednalo o rudy vytríděné, pak jejich původní kovnatost lze odhadovat na pouhých 50 až 100 g/t Ag ... ..rudní složka hloušeckých ložisek je tvořena převážně vtrošeným nebo krystalickým pyritem a z menší části i tmavým sfaleritem. Galenit se vyskytuje jen akcesoricky, buď v podobě jemných impregnací nebo malých závalků v křemenné a někdy i v kalcitové výplni. Ve větším množství je údajně zastoupen jen na hložecké žíle“ (Bílek 2000d).

Při odhadu produkce stříbra z Hloušeckého pásma re-spektoval J. Bílek výsledky vrtného průzkumu současného s jeho historickou studií. Produkci odhadl takto: „Vezme-li se tedy v úvahu na jedné straně počet hloušeckých dolů i doba a rozsah jejich dřívějšího provozu a na druhé straně relativně nízká kvalita zdejších ložisek, lze odhadovat, že na tomto pásmu se v minulosti vytěžilo úhrnem 25 až 50 tisíc tun rudniny s přibližně 10 až 20 tunami stříbra, při čemž zhruba 4/5 této produkce pocházely z tzv. hlavní hloušecké žíly“ ((Bílek 2000d). Průměrná kovnatost tedy okolo 400 g/t Ag.

Směrně na sebe navazující Hloušecké a Gruntecké pásmo mají, podle výsledků vrtného a báňského průzkumu severo-jížní směr a úklon 65–70° k západu. Jsou 10–30 m mocnou zónou intenzivně hydrotermálně alterovaných hornin. Celková, vrty ověřená délka pásma je 2,5 km. Pásmo je mineralizovanou poruchovou zónou se sumárním poklesem a horizontálním posunem západní kry k jihu ve vyšších desítkách metrů. Vůdčí zóna pásma je v podloží i nadloží provázána paralelními a zpeřenými strukturami. Vnitřní stavbě pásma dominují porudní dislokace, vyvinuté zvláště při podloží intenzivně hydrotermálně alterované zóny. Dislokace jsou vyplněny šedým až černým plastickým tektonickým jílem, místy mají brekciovitý vývoj. Mineralizace je spjata s prokřemeněním, tmavě i světle šedým křemenem a nepravidelnými žilkami bílého křemene. Polohy a čočky křemene jsou vázány na podložní a střední části pásma. Prokřemenění v gruntecké části pásma ubývá směrem k severu.

Ekonomicky zajímavé zrudnění (Zn v řádu X %, Pb okolo 0,2–0,3 %, Ag 30–50 g/t, As pod 1 %) tvoří významnější rudní sloupy a čočky vázané na křížení pásma s kosými strukturami (zvláště se žilami Kuklického pásma na severu a Grejfského na jihu) a na průchod pásma rozhraním ruly

– migmatity – migmatitizované ruly v nadložní (západní) tektonické kře. Na pásmech je zřetelná zonálnost mineralizace, maxima Cu (do 0,3 %) a minima Pb (pod 0,1 %) jsou v okolí sedla gruntecké silnice. Na sever i na jih obsah Cu klesá pod 0,1 % a obsahy Pb stoupají. Obsah síry je závislý na množství pyritu a pohybuje se od 1 do 8 %, maximálně, až do 21 %. Hlavními sulfidickými nerosty zrudnění jsou starší pyrit, sfalerit a pyrhotin. Vedlejšími arzenopyrit, mladší pyrit, galenit a markazit. Mezi akcesoriemi jsou nejhojnější stanin, chalkopyrit, freibergit a ryzí Bi. V žilovině převládá křemenem obou prvních generací nad kalcitem a karbonátem dolomitové skupiny. Z hlediska obsahu Ag v minerálech je zajímavé, že nejstarší pyrit má zvýšené obsahy tohoto kovu oproti jiným žilným pásmům Kutnohorského ložiska. Naproti tomu obsahy stříbra v galenitu patří k nejnižším. Mocnost zrudnění Zn rudy se pohybuje od 1,5 do 6 m. Celková plošná rudonosnost nedosahuje 30 %.

Modelové výpočty produkce vycházejí z výše uvedených údajů. Délka rudonosné struktury 1200–1700 m, dobývané mocnost žíly se pohybovaly převážně v decimetrech, mohly dosáhnout i prvních metrů. Kovnatost těžených rud před tříděním byly okolo 50–100 g/t Ag, ojediněle vyšší. Plošná rudonosnost poloh s galenitem od severu k jihu stoupala od 15 na 35 %. Maximální dosah dobývek byl 150–200 m, většinou však okolo 50 m, tj. 30 m pod hranici křída/krytalinikum. Výrubnost nad úrovní dědičné štoly odhadují na 50–80 %, do hloubky rychle klesala. Z variantních výpočtů plyne, že rudnina z Hloušeckého pásma vytěžená do 19. století obsahovala nejspíše prvních desetky tun stříbra.

#### ROVEŇSKÉ PÁSMO

Roveňské pásmo bylo tradičně řazeno k významným stříbronosným pásmům Kutnohorského ložiska. Základní báňsko-historické a ložiskové údaje o tomto pásmu uvádí J. Kořan (1950, 1988). Podrobně se historií těžby na tomto pásmu zabýval J. Bílek (1982, 2000b). Geologií území studoval J. Koutek (1966), mineralizaci ve „volném“ jižním pokračování pásma u Poličan popsal J. Kutina (1949). Ložiskové poměry pásma byly shrnuty ve studii Holub et al. (1974), výsledky nového vrtného průzkumu pásma uzavřeli M. Mikuš a M. Hušpauer (Mikuš et Hušpauer 1988, Hušpauer et Mikuš 1996). Minimální produkci stříbra z Roveňského pásma odhadl J. Bílek (2000b) na 125 tun a v optimálním případě až na 175 tun kovu.

Roveňské pásmo bylo v minulosti exploatováno na jihu přibližně od bývalé cihelny u železniční zastávky Kutná Hora – předměstí až na severu do prostoru dnešního autobusového nádraží u Lorce. Celková délka pásma v Bílkově pojetí přesahuje ve směru sever-jih asi 2 km a šířka pásma několik set metrů. Pásmo je přibližně uprostřed rozděleno říčkou Vrchlicí. Severní část pásma je téměř celá zastavěna městskou, zčásti historickou zástavbou. Lokalizace a studium rudonosných struktur je zde komplikované a technickými pracemi z povrchu neřešitelné. Jižní část pásma, která byla předmětem moderního vrtného průzkumu, je na povrchu zřetelná podle dlouhé řady starých odvalů. Pásmo je pokryto

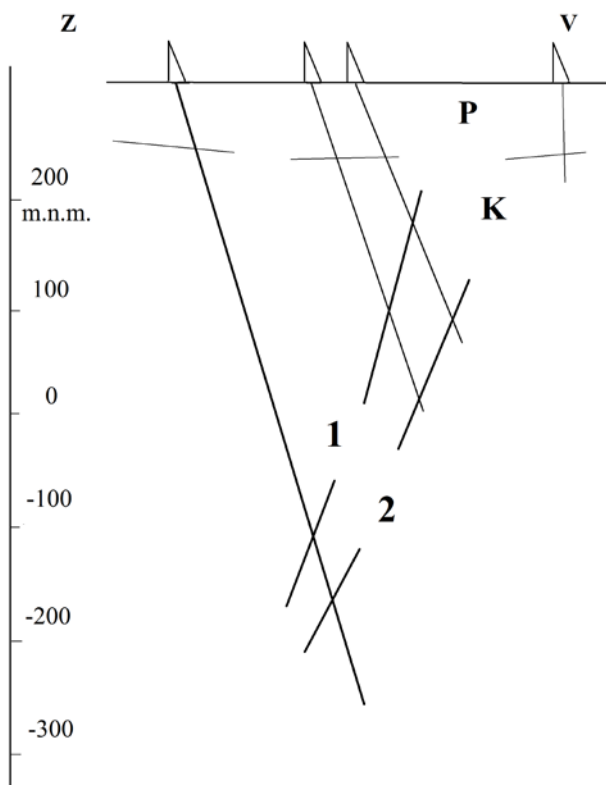
až 30–45 m mocným souvrstvím křídových, terciérních a kvartérních sedimentů. Dědičná štola, ražená pod bázi sedimentů a odvodňující jižní část pásma do říčky Vrchlice, dosáhla největší hloubky okolo 46 m pod povrchem. J. Bílek (1982, 2000b), podobně jako J. Kořan (1950), se ve své studii přiklonil k Lansingerově pojetí stavby žilného pásma zpracované na konce 19. století. Tato koncepce byla podkladem nejen pro hloubení průzkumné Roveňské jámy na konci 19. století, ale i pro projekt vrtného průzkumu pásma. V osmdesátých letech minulého století bylo v jižní části Roveňského pásma, a v jeho předpokládaném pokračování k jihu, odvrtno patnáct šikmých, přibližně 300 m hlubokých ložiskových vrtů a téměř sedmdesát svislých mapovacích vrtů, které pronikly 10–15 m do krystalinika v podloží sedimentů.

Rudonosné struktury jižní části Roveňského pásma protínají horniny svrchního pestrého souvrství pestré jednotky kutnohorského krystalinika. Pro celé souvrství je typické střídání centimetrových až několik metrů mocných poloh hornin ortorulového vzhledu s drobovými rulami, dále s různými typy dvojslídých a svorových rul. Odchylné vložky (amfibolity, mramory, erlány a ojediněle i šedé polohy ortorulového složení) tvoří většinou ploché čočky (budiny) několikametrové velikosti. Struktury severní části pásma pronikají do souvrství spodních migmatitizovaných rul malínské jednotky. Je pro ně typické střídání relativně málo mocných poloh různých typů rul, migmatitizovaných rul a migmatitů.

Vrtný průzkum potvrdil existenci dvou výrazných rudonosných struktur severojižního směru – Kralické (někdy též Hlavní roveňské) žíly mající v podloží Petrskou žílu (zvanou též Petrská klufta – kluftami byly nazývány převážně hluché struktury, dnes většinou označované jako dislokace). Kosá struktura, známá z historického studia v oblasti Kralických jam (tzv. Kralická klufta) nebyla vrty zastížena (obr. 8).

Kralická žíla je historicky nejvýznamnější žílou pásma. Tato žíla (respektive rudonosná struktura) je podle výsledků vrtného průzkumu tvořena starším systémem trhlin provázených různě intenzivními hydrotermálními alteracemi a porušovaných mladšími směrnými dislokacemi. Zóna alterací a dislokací je mocná 10–30 m a uklání se pod úhlem 65–70° k západu. Mineralizace je vyvinuta přímo na žíle v podložní části zóny, či na zpeřených strukturách v těsném nadloží žíly. Kralická rudonosná zóna je většinou vyplněna tektonickou brekcií. Tato výplň bývá tmelena a proniknuta drobnými křemennými či křemen – karbonátovými žilkami, místy se sulfidickým zrudněním. Z rudních minerálů převažuje pyrit nad arzenopyritem, v podřadném až akcesorickém množství byly zjištěny sfalerit, markazit, tetraedrit, galenit a Ag-minerály (pyrargyrit, miargyrit, proustit aj.). Zrudnění je velmi kontrastní. Je vázáno na žilovinu, v okolních alterovaných horninách rudní minerály téměř chybí. Ze 14 ložiskových vrtů odvrtných v produktivní části pásma čtyři navrtaly v zóně Kralické žíly mineralizaci, kterou by bylo možné do počátku 17. století označovat za „bohatou rudu“. Právě mocnosti této žilné mineralizace byly většinou do 0,5 m,

kovnatosti se pohybovaly v řádu X00 g/t Ag. Maximální navrtaná mocnost zóny zpeřených prožilků byla 3,2 m, s kovnatostí 110 g/t Ag. Maximální zjištěná kovnatost byla 1510 g/t Ag při navrtané mocnosti 3 dm.



Obr. 8. Schema stavby Roveňského pásma v příčném vrtném řezu. P – sedimentární pokryv, K – krystalinikum, 1 – Kralická žíla, 2 – Petrská žíla.

Fig. 8. Cross section of the Roveňské pásmo vein system according drilling results. P – overburden, K – crystalline complex, 1 – Kralická vein, 2 – Petrská vein.

Obdobný vývoj tektonické a hydrotermálně alterované zóny má i Petrská žíla (Petrská klufta). I když v minulosti byla druhou významnou ložiskovou strukturou Roveňského pásma, vrtný průzkum na ní zajímavější zrudnění nezastihl. Poruchové pásmo Petrské žíly v podloží Kralické žíly je v pravé vzdálenosti 50–60 m. Dosahuje mocnosti 10–20 m. Uklání se pod úhlem 65–70° rovněž k západu. Do hloubky se obě hlavní struktury pásma sblíží. Je pravděpodobné, že v hloubce okolo 800 mpp splývají.

V nadloží Kralické žíly, v pravé vzdálenosti 50 m, byly vrty zastiženy drobnější rudonosné struktury. Mocnost těchto paralelních, či zpeřených hydrotermálně alterovaných struktur většinou nepřesahuje 10 m. Tektonickým vývojem, alteracemi a mineralizací se neliší od Kralické žíly. Tyto struktury byly v minulosti exploatovány, vrty Ro 104 a Ro 114A zde zastihly středověké dobývky (důl Los?). Na vrtu Ro 115 bylo na jedné z nich zastiženo ze středověkého hlediska zajímavé stříbrnosné zrudnění.

Pro odhad produkce kovu je důležité zjištění, že stříbrné zrudnění je vázáno pouze na křemen – karbonátovou ži-

lovinu a je velmi kontrastní, nepřechází do okolí žiloviny. Nositeli Ag jsou ušlechtilé stříbrné rudy (pyrargyrit, proustit, miargyrit), v malé míře tetradrit a galenit. Zrudnění je velmi variabilní. Obsahy Ag v žilách se ve vzorcích pohybují v rozmezí jednotek až nižších tisícovek g/t, obsahy Pb v řádech 0,00X–0,X %. Mineralizace se nemění do hloubky ca 500 m (vrt Ro 113A). Středověké báňské práce byly vrty prokázány v hloubce až 150 mpp. Maximální předpokládaná hloubka starých dobývek je v širším okolí Kralických jam kolem 200 až 250 mpp. Bílkovu (Bílek 1982, 2000b) argumentaci o způsobu předhusitského dolování a dosažených hloubkách dolů lze bez větších výhrad přijmout. Zde cituji jeho závěry: „Proto také maximální hloubky dolů na roveňském pásmu, zejména těch, které byly otevřeny na nejbohatších zrudněních a zároveň i ve větší vzdálenosti od Vrchlice, jako např. Stará a Mladá Kralice, Tovaryšstvo apod., lze odhadovat asi na 200 až 250 metrů ... okrajové doly u Karlova do 100 m“.

Hloubkový dosah dobývek pro výpočty je uvažován 50–150 m pod hranici sedimentární pokryv/krystalinikum. V okolí Kralických jam 200–250 m v ploše žíly.

Celková topografická délka pásma je do dvou km. Pro modelové výpočty je severní část pásma uvažována v délce 300–400 m. Délka Kralické žíly v jižní části pásma 600–900 m, z toho nejproduktivnější část v okolí Kralických jam v délce 200–300 m. Petrská žíla je uvažována v celkové mineralizované délce 800–1100 m. Nadložní rudonosné struktury uvažují o sumární délce 400–800 m. Mocnost mineralizace na Kralické žíle používám v intervalu 0,5–1,0 m, u ostatních žil 0,1–0,5 m. Měrnou hmotnost uvažují ve výši 2600–2900 kg/m<sup>3</sup>. Plošná rudonosnost je, podle analogie s distribucí Ag mineralizace na Láskovské žíle, Rejzském pásmu a podle výsledků vrtného průzkumu uvažována ve výši 10–30 %. Vyšší hodnoty (až 50 %) jsou uvažovány na Kralické žíle, v okolí Kralických jam. Zde byl pravděpodobně vyvinut výraznější rudní sloup. Výrubnost rud na hranici pokryv – krystalinikum, podle výsledků těžby v 16. století, byla vysoká, určitě kolem 70–90 %. Do hloubky pochopitelně klesala. Pokles výrubnosti byl na druhé straně kompenzován v hlubších částech selektivním dobýváním nejbohatších částí žíly, takže pokles produktivity (celkového množství získaného kovu) nebyl lineární.

Pásmo bylo pro výpočty rozděleno na blok v okolí Kralických jam, blok jižního pokračování Kralické žíly, souhrnný blok Petrské klufty a souhrnný blok nadložních žil a konečně blok severní části pásma. Z modelových výpočtů plyne, že z Kralické žíly mohly být v jižní polovině pásma vytěženy maximálně prvé desítky tun kovu, z Petrské žíly nižší jednotky tun, obdobně jako ze struktur v nadloží Kralické žíly. Použijí-li analogických vstupů, pak severní část pásma mohla maximálně poskytnout prvou desítku tun kovu.

Zvážím-li i možnou přítomnost bohatých stříbrných černí zvláště v severní části pásma, mohu uzavřít, že v rudách z Roveňského pásma vytěžených do husitských válek byly obsaženy prvé desítky tun kovu. Celkové množství kovu ve vytěžené rudě nemohlo překročit hranici 35–45 tun.

### GREJFSKÉ PÁSMO

Grejfské pásmo, nazývané kdysi martinské, případně kutenské, probíhá západně od města od ohybu Bylanky směrem na SSV kolem nemocnice, vodárny na Ptáku a hřbitova Všech Svatých ke gruntecké silnici. Podle různých starších interpretací pozůstatků po dolování má pásmo délku 1,5–2 km. Výchozy žil tohoto pásma byly zakryty až 25–35 m mocnými, převážně vápnitými sedimenty svrchnokřídového stáří a nepravidelnými návějemy spraše. V depresích předkřídového reliéfu zůstaly na výchozech žil a v jejich blízkém okolí zachovány relikty druhotných stříbrných rud – stříbrných černí.

Podle J. Bílka (Bílek 2000a) bylo Grejfské pásmo exploatováno ve 14. až 16. století. Dolování v 17. století mělo velmi omezený rozsah. Dobývány byly zejména Grejfská hlavní žíla, Mišpulská žíla a řada drobnějších žil a odžilků. Dobývky dosáhly hloubky 200–250 m, na některých dolech až 400 m. Ve století šestnáctém to byly práce v okolí dolů Hrušky a Višně. Do stejných míst byly situovány i průzkumné báňské práce na konci 19. století. V 16. století byly těženy primární rudy a je uváděna i těžba stříbrnosných zvětralin.

J. Bílek (2000a) se pokusil, na základě analogie s produkcí stříbra v 16. století, odhadnout i celkové množství stříbra získané z tohoto pásma. Extrapolací zachovaných zpráv o četnosti propůjček dolů, jejich provozu, produkci rud a kovu, dospěl k závěru, že „Při obnově báňského provozu se tedy na grejfském pásmu vytěžilo ve druhé polovině 16. století a na začátku 17. století celkem asi 13.000 tun rudy obsahující 10.000 kg stříbra. ... konečný odhad těžby na grejfském pásmu vycházel za celou historii jeho exploatace asi na 300.000 tun kyzů a zvětralin s cca 300 tunami stříbra.“ Neboli průměrně jeden kilogram stříbra v jedné tuně kyzů – 1000 g/t. Tuto vysokou průměrnou kovnatost však citovaný autor nediskutuje.

J. Bílek (2000a) rozděluje Grejfské pásmo na několik částí. U jihozápadního okraje pásma je skupina dolů „nad trúbami a nad erby“, dále doly přibližně ve středu pásma v okolí bývalého kostela sv. Martina, skupinu dolů „Na Ptáku“ (U vodárny) s významným dolem Višně. Na severním okraji pásma byly doly hruškovské skupiny. Ke grejfskému pásmu řadí také doly v okolí kostela Všech svatých. Údaje o rozsáhlém dolování do počátku 16. století jsou řídké. Většina znalostí o mocnostech žil a složení rudy pochází z obnovy dolování v 16. století a báňského průzkumu z konce 19. století. Nové informace o stavbě krystalinika a výskytech rudonosných zón přinesly mapovací vrty (Mikuš et Hušpauer 1988), které využívám při rozdělení pásma na modelové výpočetní bloky.

Na dolech jihozápadní skupiny se dobývalo několik drobnějších žil směru S–J až SV–JZ. Směrná délka skupiny dolů je přibližně 400 m. Nejvydatnější, údajně Hlavní grejfská žíla, zde měla směr S–J. Výplň žil byla tvořena kyzovými rudami s nepravidelně vtroušeným galenitem. V žilovině byl častý karbonát. Mocnosti žil se pohybovaly od 2 do 25 cm, nejčastěji těžené mocnosti byly 10 až 15 cm. Výpočet v tomto bloku předpokládá jednu žílu hlavní, délky 300–400 m, o mocnosti 10–30 cm. Kovnatost těžených rud je předpokládána

v intervalu 300–800 g/t Ag, plošná rudonosnost 15–30 %. Maximální dosah dobývek 150–200 m pod hranici křída/krystalinikum, výrubnost 50–80 %. Dále jsou do výpočtu zahrnuty dvě vedlejší žíly o sumární délce 200–500 m, mocnosti 10–20 cm, kovnatosti těžených rud 300–800 g/t Ag, plošné rudonosnosti 10–20 %. Maximální dosah dobývek je uvažován 70–100 m pod hranici křída/krystalinikum, výrubnost 40–70 %. Oblast byla odvodněna dědičnou štolou od Bylanky raženou v hloubce 10–30 m, mocnost sedimentárního pokryvu je 10–20 m. Množství stříbra obsažené v rudě vytěžené z této skupiny dolů bylo pravděpodobně ve vyšších tunách.

V okolí někdejšího kostela Sv. Martina byla početná skupina dolů zvaná martinská. Území pokryté starými haldami mělo délku přibližně 500 m a šířku místy až 200 m. Rozsah haldičkami a pinkami porušeného terénu zaznamenaný ve starých mapách na Grejfském pásmu (a i dalších místech s pokryvem sedimentů) bohužel nevyovídá o velikosti těžby, ale vypovídá o rozsahu starého báňského průzkumu. Sedimenty bránily přímému povrchovému sledování rudonosných struktur. Proto bylo nutné v důlním poli hloubit šachtice a v měkkých kaolinizovaných horninách krystalinika pod bázi sedimentů razit vyhledávací překopy a případně sledné chodby. Rubanina z těchto prací byla haldována na povrchu. Cílem báňské prospekce nebyly jen žíly a žilky primárních rud, ale i drobné residuální polohy „stříbrných černí“. Ty, podle zkušeností ze Skaleckého pásma, se vyskytovaly na bázi sedimentů a obsahovaly i několik desítek kilogramů stříbra v tuně rudy. Takováto nahromadění drahého kovu nehluboko pod povrchem představovala nejen v době posledních Přemyslovců, ale i později nevídané bohatství. Tyto rudy mohly být i příčinou legendárního „sběhu na kutnu“. Ostatně i důl Kuttna je lokalizován ve východní části Grejfského pásma a těžil v předhusitských dobách bohaté zvětralinové rudy.

V martinské skupině dolů byly těženy žíly Grejfská, Mišpulská a několik drobnějších žil. Ve svrchních částech žil byla údajně častější přítomnost stříbrnosných rud ojedinele i ryziho stříbra. Rudnina byla převážně kyzová s převahou pyritu a s hojným pyrhotinem – „kyzovitá a fryšovitá“, dále „s vtroušeninami a prožilky galenitu a neodlišovaného tetraedritu“ (Bílek 2000a). Tetraedrit nebo miargyrit mohly být součástí rudy zvané „pletle“ Sfalerit (blejno), i když zde byl přítomen v podstatné míře, většinou nebýval zvlášť uváděn. Byl považován za součást kyzových rud. Žilovina byla křemenná, místy s karbonáty.

Z dolu Kocoury Bílek (2000a) uvádí těžbu zvětralin – „nebohatých umprochů a vitrunků“. Mocnost dobývaných rudních poloh se v 16. století pohybovala mezi 3 až 20 cm. Hloubky dolů byly zde podstatně menší než mezi Višněmi a Hruškami. Pro variantní výpočty jsou použity následující údaje: Hlavní žíla – délka 400–500 m, mocnost 10–30 cm, kovnatost těžených rud 300–800 g/t Ag, plošné rudonosnost 25–50 %, maximální dosah dobývek 150–250 m, výrubnost 50–80 %. Dvě až tři vedlejší žíly o sumární délce 400–600 m, mocnosti 10–20 cm, kovnatost těžených rud 300–800 g/t Ag,

plošná rudonosnost 10–20 %, maximální dosah dobývek 70–100 m, výrubnost 40–70 %. Dědičná štola od Lorce v hloubce ca 60 m, mocnost sedimentárního pokryvu 20–30 m. Vzhledem k pravděpodobné konfiguraci předsedimentárního reliéfu lze zvláště na Grejfské hlavní žíle předpokládat reliktu stříbrem ochuzeného oxidačního a obohaceného cementačního pásma do hloubky 10–20 m pod povrchem krystalinika. Ruda vytěžená z této skupiny dolů obsahovala maximálně prvé desítky tun stříbra.

Směrem k severovýchodu na doly martinské skupiny navazovala skupina dolů „Na Ptáku“, s důležitým dolem Višně. Délka této skupiny dolů je přibližně 350 m, šířka starých hald místy přesahuje 100 m. Těžena byla Grejfská hlavní žíla a několik méně mocných podložních a nadložních žil. Těžené mocnosti rudy se pohybovaly v prvních decimetrech, ojediněle dosahovaly jednoho metru. Rudy byly převážně kyzové s prožilky a vtroušeninami galenitu. Byly těženy též zvětralé rudy, „vitrunky“. Kovnatost Ag většiny rud byla kolem 400–500 g/t. Nejbohatší rudy na dole Višně dosahovaly 2000 až 2500 g/t Ag při mocnosti 15 až 20 cm.

Severovýchodní část Grejfského pásma v okolí dolů Stará a Mladá Hruška tvoří nepravidelný 100 až snad i 200 m široký a 400 m dlouhý pruh zbytků starých hald končící (topograficky) před územím pásma Hloušecko-grunteckého. Ložiskově, tj. průběhem žil, mineralogickým složením a kovatostmi rud mineralizace této skupiny dolů navazuje na předchozí skupinu. Kovnatosti stříbra v těžených rudách dosti kolísaly, pohybovaly se mezi 300 až 700 g/t. Vzdálenost dolů Višně a Hrušky byla přibližně 400 m a jejich dobývací prostory byly provozně propojeny. Hloubky dobývek v okolí dolů Višně a Hrušky přesáhly 400 m. Podle úklonného průběhu starých dobývek a podle výsledků strukturní analýzy (Holub et al. 1974) lze předpokládat existenci rozsáhlejšího rudního sloupu, který pod středním úklonem upadá od dolu Višně pod důl Hruška.

Tato část pásma byla koncem 19. století prozkoumána z Grejfské jámy lokalizované poblíže starého dolu Višně. Grejfská hlavní žíla byla rozfárána v hloubce 300 m pod povrchem (III. obzor), a to 150 m k jihu a 200 m k severu, tj. k dolu Hrušky. Žíla měla odstavcový vývoj svědčící o existenci drobných rudních čoček. Ty se směrem k severu spojovaly v ložiskový útvar vyššího řádu, v rudní sloup. Mocnost žíly byla proměnlivá, od prvních decimetrů až snad po dva metry v místech průvalu na severní čelbě. Výplň žíly byla tvořena prokřemeněnými hydrotermálně alterovanými horninami s jednou až dvěma polohami kyzů – převládá pyrit s markazitem, sfaleritem, zčásti s arzenopyritem a pyrhotinem. Galenit byl přítomen v podobě vtroušenin a drobných žilek. Podle chemických analýz šedých či světlých kyzů byl v rudě místy přítomen tetraedrit a snad i miargyrit (obsahy Ag v řádu 0,X %, tj. X000 g/t). Mocnosti jedné až dvou kyzových poloh se většinou pohybovaly v prvních decimetrech. Z celkem 350 m vyražených na III. obzoru bylo 123 m bilančních podle kritérií z konce 19. století. Předpokládala se těžba kyzů, jejich pražení v kolínské chemičce a následně přidávání výpražků – s vítaným vysokým obsahem železa

– do taveb v příbramské huti. Dalších 100–120 m žíly mělo mocnost a pravděpodobné obsahy stříbra dostačující pro těžbu ve 14. století. Tyto údaje o lineární rudonosnosti jsou zohledněny v modelových výpočtech.

Obě skupiny dolů –Višně a Hrušky – byly zahrnuty do jednoho bloku se vstupy do výpočtu: Hlavní žíla – délka 500–800 m, zrudnění vytváří rudní sloup délky 300–500 m, pod středním úhlem upadajícím k severu. Mocnost žíly 20–50 cm, v rudním sloupu maxima do dvou metrů. Kovnatost těžených rud 300–500 g/t Ag, výjimečně vyšší (900 g/t). Plošná rudonosnost mimo rudní sloup 15–30 %, v rudním sloupu 60–80 %. Maximální dosah dobývek v rudním sloupu 400–450 m, v jeho okolí 200–250. Výrubnost ve svrchních částech rudního sloupu okolo 70–80 %, do hloubky klesá na 30 %. Dvě až tři vedlejší žíly o sumární délce 600–800 m (Mišpulska žíla je zahrnuta až do následující skupiny dolů). Mocnost vedlejších žil 10–20 cm, kovatost těžených rud 300–800 g/t Ag, plošná rudonosnost 15–30 %, maximální dosah dobývek 100–150 m, výrubnost 40–70 %. Dědičná štola od Lorce v hloubce ca 30–50 m, mocnost sedimentárního pokryvu okolo 20 m. Na Hlavní žíle jsou předpokládány reliktu stříbrem ochuzeného oxidačního a obohaceného cementačního pásma do hloubky 10–20 m pod povrchem krystalinika. Ruda vytěžená z nejvýznamnější skupiny dolů obsahovala nejspíše vyšší desítky tun stříbra, množství však nemohlo překročit 120–150 tun kovu.

Východněji na komplex dolů Višeň – Hrušky navazovala skupina dolů u kostela Všech Svatých. Doly této skupiny byly položeny převážně na Mišpulské žíle a okolních drobnějších žilách. Na dole Kuttna byly v 15. století rudy velmi bohaté ryzím stříbrem, „... ale v 16. století se zde převážně dobývalo jen kaňkovi s očky a kyzky o mocnosti několika centimetrů. Na dole Benešov se těžily zmrsky a glancovité (galenit) rudy s červencem (pyrargyrit) 3 cm mocné, na Mišpuli rudy s ředinami anebo zmrsky 20 cm mocné atd.“ (Bílek 2000a). V relacích z druhé poloviny 16. a počátku 17. století je pozornost věnována galenitovým rudám, jejichž mocnosti jen zřídka překračovaly 10 cm. Údajná Mišpulska žíla byla zastížená koncem 19. století na východním konci překopu III. obzoru Grejfské jámy. Složení rud bylo obdobné žíle Hlavní a její mocnost byla v decimetrech.

Mišpulska žíla byla v této skupině dolů dobývána do hloubek kolem 200–250 m pod povrchem. Další vstupy do výpočtu jsou: Mišpulska žíla – délka 400–600 m, mocnost žíly 10–30 cm, kovatost těžených rud 300–800 g/t Ag, plošná rudonosnost 25–50 %, maximální dosah dobývek 150–250 m, výrubnost 40–70 %. Ruda vytěžená z Mišpulské žíly obsahovala maximálně prvé desítky tun stříbra.

Celkem byly ze žil Grejfského pásma, s přihlédnutím i k těžbě sekundárních stříbrných rud, vytěženy vyšší desítky tun, snad i mírně nad sto tun kovu. Celkové množství nemohlo překročit hranici 200 tun stříbra.

#### OSELSKÉ PÁSMO

Oselské pásmo bývalo podle kutnohorské tradice legendou o stříbrném bohatství. Představu umocňovala i přítomnost

nejvýznamnějších kutnohorských staveb – chrámu sv. Barbory přímo ve středu pásma, a Hrádku – sídla královské mincovny – nedaleko tehdy světově proslulého dolu Osel.

Těžba na Oselském pásmu měla maximální rozsah ve 13. až 15. století. Důlní provoz byl definitivně zastaven z ekonomických důvodů před polovinou 16. století, brzy po převzetí dolů panovníkem Ferdinandem I. Z nejstaršího období je nedostatek listinných pramenů, které by umožňovaly montanistickou a ložiskovou rekonstrukci. Historicky nejbohatší část Oselského pásma je lokalizována v bloku, který je na severu vyznačen pod Hrádkem prudkým ohybem Vrchlice k východu a na jihu údolím Bylanky. Obě příčné, geomorfologicky se projevující struktury, stejně jako směry údolí Vrchlice dosud nebyly brány v úvahu při strukturní a ložiskové analýze Oselského pásma. Délka tohoto bloku je přibližně jeden kilometr. Pravděpodobně tektonicky podmíněné údolí Vrchlice odděluje Oselské a Roveňské pásmo. Vrchlice, jejíž tok jižně od Kutné Hory většinou sleduje směry horninových pruhů krystalinika, od soutoku s Bylankou pokračuje k severu, souhlasně se směry podélných tektonických linií obou pásem. Od chrámu sv. Barbory se tok Vrchlice mírně odklání k SSV a pod Hrádkem je zmíněný prudký ohyb k východu.

Výchozy žil Oselského pásma jsou přímému pozorování nepřístupné nejen pro povrchovou zástavbu, ale i pro desku vápnatých pískovců svrchnokřídového stáří spočívající na horninách krystalinika. Do prostoru tohoto intenzivně dobývaného a pravděpodobně silně mineralizovaného bloku směřují severojižní, zčásti mineralizované struktury Grunteckého a Hloušeckého pásma, dále od jihu struktury směru SZ – JV, zčásti paralelní s průběhem krystalinických hornin, jejichž foliace jsou rovněž výrazným strukturním prvkem území.

Ložiskovými poměry Oselského pásma se zabývalo více autorů, naposledy J. Bílek (1985, 2000g a literatura tam uvedená). J. Bílek odmítl názor uvedený in Holub et al. (1974), že hlavní rudní těleso Oselského pásma je vyvinuto v okolí průniků Jelitské klufty – směru přibližně SV–JZ – se severojižními strukturami Oselského pásma. Na základě zejména Práškovy relace z roku 1531 předpokládá, že „... hlavní oselská žíla, která je až na některé úseky vyvinuta většinou v dobytelné formě mezi kostelem sv. Trojice a dnešním autobusovým nádražím, tj. na vzdálenost téměř 2 km, a která zde v podstatě sleduje celkový směr h 2 a mírnější zhruba 60 až 65° ZSZ úklon. Výraznou oselskou strukturu, která zřejmě ovlivnila rozsah a povahu zrudnění tohoto pásma, představuje patrně i několikrát zmíněná dislokace, probíhající ve směru h 11 až 12 centrální částí oselského pásma....“.

V jižní části Oselského pásma mezi údolím Bylanky a kostelem sv. Trojice průzkumné vrty zastihly (Mikuš et Hušpauer 1988) několik metrů mocné polohy hydrotermálně alterovaných hornin krystalinika v zónách mocných okolo 100 m a celkově sledujících směr a místy i sklon horninových pruhů krystalinika. Vrtným průzkumem byly zastíženy dvě výraznější zóny. Západnější hydrotermálně alterovanou zónu považují autoři zprávy za žílu Kaveckou. Významnější

mineralizace zastížena nebyla, nebyly však nalezeny ani výrazněji diferencované anomálie primárních aureol, které by indikovaly přítomnost ekonomicky zajímavé mineralizace. Další struktura, opět bez výrazné mineralizace, pracovním autorem zprávy označená jako Jelitská klufta, odpovídá průběhu Oselské hlavní žíly v Bílkově novém pojetí (Bílek 2000g).

Při strukturní analýze Oselského pásma je nutné mít v patrnosti, že názvy žil mají v první řadě topografický význam a pocházejí většinou od jam či jiných důlních děl, jimiž byly dobývány. Název Hlavní žíla Oselského pásma je novodobého data a vznikl při studiu a interpretaci archivních dokumentů. J. Bílkem použitá přímková extrapolace průběhu žil i do vzdáleného okolí je sice starou prospektorskou metodou, krásně ilustrovanou Peitherovou mapou z roku 1780, mapou žil v okolí Jihlavy a dnešního Havlíčkova Brodu. Bohužel bez ověřování v terénu bývá často zavádějící. Že při korelaci žil lze snadno zabloudit v kruzích logických soudů svědčí příběh „zapomenutého“ rudního sloupu na Láskovské žíle (Holub 2014). V případě Bílkovy nové koncepce stavby Oselského pásma (Bílek 2000g) si může každý z jeho údajů sestavit jednoduchý prostorový náčrt. Zjistí, že severní odříznutý sloup Bílkovy Hlavní žíly má opačný sklon (upadá k severovýchodu), než dobývky podle Práškovy relace.

O strukturní složitosti bloku Oselského pásma mezi Hrádkem a Bylankou svědčí i další Bílkem uváděné blízké nadložní a podložní žíly, nehledě na poněkud vzdálenější, ale strmější žílu Čapčošskou. Považuji za poctivé říci, že ke strukturní a ložiskové analýze nejbohatšího bloku Oselského pásma chybí odpovídající podklady. Lze zde pouze použít analogie, na příklad s průstupem Hlavní a Benátecké žíly (tzv. Špitálská žíla Staročeského pásma) a dalších znalostí o vývoji rudních sloupů v lépe známé severní části revíru.

J. Bílkem (Bílek 2000g) shromážděné údaje o směrech vortů (důlních pracovišť) a směrech v nich dobývané mineralizace nedokazují průběh předpokládané „hlavní žíly oselského pásma“, dokazují pouze vysokou četnost mineralizovaných struktur tohoto směru. Pro ložiskovou a strukturní analýzu znalost směrů planárních strukturních prvků nestačí, neboť jejich poloha v prostoru je určena ještě směrem a velikostí sklonu. Při Bílkem uváděném sklonu této žíly (65° k SZ) je pravděpodobné, že byly dobývány zpeřené tahové mineralizované struktury paralelní s vložkami a foliacemi hornin okolního krystalinika. Rovněž Bílkova interpretace střední části Práškova popisu průběhu dobývek jako severojižní dislokace „odstříhující“ hlavní žílu je, vzhledem k podkladům, odvážná. Navíc pravděpodobně nejde o dislokaci, ale o mineralizovanou strukturu. Staří by jinak neměli důvod razit několik set metrů chodeb a hašplů v nezrudněné dislokaci. A ještě se kvůli ní soudit o důlní míry.

Minerální výplň žil Oselského pásma je, podle J. Bílka (Bílek 2000g) tvořena „...zejména křemenem a vápencem s převážně vtroušeným a místy i jadřným pyritem, sfaleritem a galenitem s obsahy stříbra, vedle nichž se zejména ve vyšších polohách objevovaly sporadicky také bohatší stříbrné rudy, např. proustit, pyrargyrit a další. Proto také průměrné kovnatosti těžené rudniny dosahovaly sice vyšších hodnot

než na jiných pásmech, ale nikoli zvláště závrtných, totiž kolem 500 g a výjimečně kolem 1000 g/t Ag.“

Podle Vl. Hoffmana a Zd. Trdličky, kteří zpracovali mineralogii Oselského pásma (in Holub et al. 1974), se v polymetalických žilách tohoto pásma vyskytují všechny hlavní a vedlejší minerály rud a žiloviny známé i z ostatních žil ložiska. Specifický je relativně nižší výskyt arzenopyritu, pyrhotinu, staninu a staršího chalkopyritu, naopak signifikantní je přítomnost karbonátů Mg a Mn, zvláště kutnahoritu. M. Mikuš a M. Hušpauer (Mikuš et Hušpauer 1988) našli ve vrtech v jižní části pásma „... křemen – karbonátovou mineralizaci, shodnou se známým zrudněním Oselského pásma. Častým hlavním žilovinovým nerostem je vedle křemene karbonát dolomitového typu. Z rudních minerálů jsou vedle pyritu, arzenopyritu a sfaleritu přítomny jako podřadné freibergit, pyrargyrit a další Ag minerály.“ O distribuci mineralizace v ploše žil, tj. o zonalnosti rud v centrálním bloku pásma není nic známo.

Hloubkami dolů a celkovým dosahem dobývek na Oselském pásmu se v nepublikované studii zabýval J. Bílek (1964). Většinu později uveřejněných článků o tomto pásmu, včetně přehledu historických výzkumů doplnil a zahrnul do sborníku (Bílek 2000g). Základem většiny úvah o starci dosažených hloubkách je relace kutnohorského měřiče Zikmunda Práška z roku 1531. „Podle této relace má totiž soustava chodeb a hašplů táhnoucí se od těžné šachty dolu Osel v délce 140 m do úklonné hloubky cca 225 m směr h 3, další část dosahující délky 160 m a úklonné hloubky asi 130 m, směr h 11 a 12 a konečně poslední úsek o délce zhruba 155 m a úklonné hloubce 115 m směr h 4, resp. zčásti neurčený.“ (Bílek 2000g). Úklonná hloubka vlastní jámy Osel byla kolem 170 m. Při úklonu žil mezi 65° až 75° dosáhly dobývky dolu Osel vertikální hloubky okolo 500 m. Systém dobývek dolů Rousy a Flašary směřoval k severu. Podle sporů těžařů (Bílek 1964) tyto doly dobývaly shodné rudní těleso s dolem Osel, a to v „hřbetní“ části sloupu. Doly v jižní části pásma jižně od Bylanky dosáhly, při obnově dolování po husitských válkách, původních 100–200 metrových hloubek (ojediněle i větších) a byly rychle, zčásti již před koncem 15. století opouštěny z ekonomických důvodů.

Základním problémem pro odhad množství stříbra v rudě vytěžené z Oselského pásma je odhad ložiskových parametrů hlavního rudního tělesa v prostoru dolů Osel, Rousy a Flašary. Z rekonstrukce průběhu chodeb a hašplů v uvedených dolech (Holub et al. 1974) plyne, že směrná délka rudního tělesa v hloubce 200–300 m pod povrchem byla nejspíše 300–500 m. Hodnota směrné délky závisí hlavně na lokalizaci dolu Osel. Přijmeme-li přesvědčivou Bílkovu (Bílek 2000g) argumentaci, je pravděpodobnější vyšší hodnota. Mocnosti převážně zpeřených žil a odžilků těžených v první polovině 16. století byly většinou v centimetrech až prvních decimetrech. Vzhledem k pravděpodobné kulisovité stavbě odžilků v okolí prúnků rudonosných struktur, sumární těžené mocnosti promítnuté na plochu žíly mohly dosáhnout i prvních metrů. Kovnatosti stříbrných rud dobývaných v této době se pohybovaly podle J. Bílka (Bílek 2000g) mezi

500–1000 g/t. Rudonosnost plochy hlavního rudního tělesa se mohla pohybovat, podle analogie s rudními sloupy v severní části revíru a s rudonosností nedaleké, vrty ověřené Kralické žíly, okolo 50–70 %. Vysoké kovnatosti Ag okolo 2000–3000 g/t mohly být vyvinuty nejspíše na 10–20 % plochy tohoto sloupu, analogicky jako na Láskovské žíle (Holub 2014). Pro vývoj a rozsah mineralizace v dalších částech a žilách pásma mohou být použity výsledky vrtného průzkumu sousedního pásma Roveňského. Odhad množství vytěžené rudy a obsahu stříbra v ní je v případě Oselského pásma velmi nejistý. Nejspíše byly z hlavního rudního tělesa vytěženy první stovky tun kovu. Spolu s produkcí z ostatních částí pásma nemohlo množství vytěženého stříbra překročit celkovou hranici 400–500 tun kovu.

## DISKUZE

Pokusím-li se číselně vyjádřit celkové množství stříbra obsažené v rudě vytěžené z hlavních rudních pásem, případně celého Kutnohorského ložiska, získávám rozsah hodnot (viz tab. 3), který ukazuje pravděpodobné limity těžby drahého kovu. Po odečtení ztrát při úpravě a hutnění (ca 20–30 %) je možné výsledky srovnat s odhady J. Kořana a J. Bílka. Považuji za nutné zdůraznit, že převod semikvantitativní – řádové – proměnné na číselné hodnoty je subjektivní a je jen ilustrací. Zjednodušuje však sumarizaci a diskuzi.

J. Kořan (1950) odhadl, že z Kutnohorského revíru bylo získáno přibližně 2000 tun stříbra. Později (Kořan 1988) poněkud zvýšil odhad celkové produkce. Zároveň snížil produkci po roce 1450 ze 750 na přibližně 500 tun, a zvýšil produkci předhusitskou. Pro období po roce 1450 použil, podobně jako J. Bílek ve svých odhadech, listinně dokumentované údaje o množství propůjček důlních měř, produkci dolů a jejich skupin. Tyto údaje jsou bohužel nesoustavné a jsou známy jen z některých časových úseků 16. a následujících století. Těch 400–500 tun hutní produkce stříbra získaného po roce 1450 odpovídá i odhadu z mých modelových výpočtů a (tj. 500–600 tun kovu dolové produkce) a lze je považovat za hodnotu blízkou historické realitě.

Na dobu předhusitskou zbývá v Kořanově odhadu produkce vyšší než 1500 tun kovu: Kořanův odhad vychází i z údajů o pronájmech urbury za Jana Lucemburského. Úskalí takového odhadu spočívá ve faktu, že se nejednalo o pronájem budoucí produkce dolů, ale o pronájem zisku

Tab. 3. Odhad množství stříbra obsaženého v rudě vytěžené z hlavních rudních pásem ložiska (tuny kovu).

Tab. 3. The amount of the silver (tons) contained in the mined out ore of the mine ore zones.

Množství stříbra	M. Holub	J. Bílek
Staročeské pásmo	400-650	300
Turkaňské, Rejské	100-200	?
Hloušecké pásmo	10-30	20
Roveňské pásmo	20-40	200
Grejské pásmo	70-130	240-300
Oselské pásmo	200-400	?
Ostatní pásma	10-50	??
Celkem	800-1500	>2500

z budoucí ražby mince. Mincovna v Kutné Hoře byla od roku 1300 monopolní a razila nejen z kovu z místní primární produkce, ale razila i primární kov z ostatních důlních oblastí království. Na příklad produkce dolů z Vysočiny se mohla za Jana Lucemburského pohybovat mezi 1–2 tunami kovu ročně (Kořan 1988). Podle J. Bílka bylo v téže době z Kutnohorského revíru „... ročně získáváno kolem 2 až 3 tisíc kg (stříbra) a později za příznivých okolností i 5 a více tisíc kg tohoto kovu.“ (Bílek 1985, způsob odhadu neuveden). Stříbro z ostatních důlních oblastí tak činilo při ražbě mince významný podíl a tím ovlivňovalo i velikost urbury. Navíc je třeba uvážit, že bylo zmínováno i neznámé množství pagamentu – stříbrného šrotu.

J. Bílek (1985) vyjádřil svou představu časového průběhu produkce stříbra v grafu – pozor – časová osa v grafu je oproti hodnotám posunuta o sto let – v němž se přiklonil k celkovému odhadu produkce snad až 3000 tun. Způsob celkového odhadu neuvádí. V publikacích z roku 2000 prezentuje J. Bílek odhady produkce z některých kutnohorských pásem. Z tabulky 3 je patrné, že Bílkovy odhady se od modelových výpočtů liší nahoru i dolů. V případě Staročeského pásma poznamenává pouze u produkce z Benátské žíly (50 tun kovu), že jde o odhad “podle spolehlivých dokladů o těžbě kyzů”. Způsob odhadu na Hlavní žíle (200 tun kovu) J. Bílek neuvádí. Z kontextu plyne, že v případě Hlavní žíly použil průměrnou kovnatost kyzů 200–250 g/t, množství kyzů v rudě 40–60 %, vytěžené množství rudy okolo 1,5–2 milionu tun (délka struktury 1200 m, vytěžená do ca 300 m, mocnost dobývek okolo 1,5–2 m, objemová hmotnost asi 3 t/m<sup>3</sup>). Produkci z ostatních žil pásma odhadl na dalších 50 tun. Bohužel není jednoznačně zřejmé, která z jím uvedených produkcí je produkce důlní, a která produkcí hutní, snižena o ztráty. Opět z kontextu plyne, že ve většině případů jde nejspíše o produkci hutní, tj. důlní produkce by byla o ca 25 % vyšší.

Při rozdělení žil na bloky obdobných vlastností (pro modelové výpočty) a při uplatnění poznatků získaných při báňském průzkumu pásma (zvláště jde o existenci mocných rudních sloupů v místech strukturních uzlů a stoupání kovnatosti stříbra v kyzech směrem k povrchu) je možné považovat Bílkův odhad za podhodnocený. Jeho odhad se svou velikostí řadí k minimu intervalu pravděpodobné důlní produkce.

Při odhadu produkce z Hloušeckého pásma J. Bílek již zohlednil výsledky průzkumných vrtů (Mikuš et Hušpauer 1988) a oba odhady se příliš neliší.

Další metodu odhadu z historických dat požil J. Bílek pro Roveňské a Grejfské pásmo. „Těžilo-li se v 17. století na 10 až 15 dolech (Roveňského pásma), zpřístupněných jen do úrovně dědičné štoly a osazených nejvýše dvěma až třemi havíři, uvedených zhruba 150 kg stříbra v průměru ročně, potom v období intenzivní činnosti několika desítek dolů a stovek dělníků musela být tato produkce mnohonásobně vyšší. Nejdůležitější období dolování na roveňském pásmu mezi 13. a 15. stoletím trvalo přibližně 150 let. Pokud se tedy aspoň 100 let zde těžilo jen 1000 kg a zbývajících 50 let

kolem 500 kg stříbra ročně, tak se tehdy muselo na celém roveňském pásmu získat úhrnem 125 tun a v příznivějším případě kolem 150 až 175 tun stříbra“ (Bílek 2000b). Uvážíme-li ztráty při úpravě a hutnění, musely by rudy vytěžené z žil Roveňského pásma obsahovat před úpravou a hutněním přibližně 150–200 t kovu. Jediný nepřímý doklad o velikosti produkce stříbra z poloviny 14. století z jižní části pásma uvádí rovněž J. Bílek (2000b): „Mezi příjmy Vyšehradské kapituly jsou zahrnuty také důchody, které plynuly z dolování na jejich pozemcích. Podle několika položek z období 1359 až 1364 získala touto cestou zhruba 115 kg stříbra. Pokud by tato hodnota odpovídala výši tehdejších právních nároků, tj. 1/3 urbury a poplatkům z pronájmu za vrchnostenské lány, musela by produkce stříbra jen na jižním křídle roveňského pásma dosahovat 2000 až 2500 kg, tj. asi 400 kg ročně“.

Výsledky modelových variantních výpočtů, vycházející z výsledků vrtného průzkumu a z analogie s báňsky ověřenými pásmi, jsou řádově nižší. Limitujícími vstupy do výpočtů jsou malá mocnost rudních žil (v decimetrech), vysoká variabilita obsahu stříbra, vysoký kontrast zrudnění (tj. vázanost rudních minerálů pouze na žilné struktury, nikoliv i na přeměněné horniny v okolí žil) a také podstatně nižší kovnatosti rud oproti odhadům vycházejícím z historických zpráv. Jednoduchým výpočtem lze zjistit, že rudní sloup v okolí Kralických jam mohl mít geologické zásoby kovu ve vyšších desítkách tun (délka struktury při povrchu 300–400 m, v hloubce o 100 m méně, úklonná hloubka sloupu okolo 250 m (po zvážení mocnosti pokryvů), mocnost žíly ve vyšších decimetrech, objemová hmotnost v intervalu 2,5–3,0 t/m<sup>3</sup>, kovnatosti okolo 500 g/t Ag. Rudonosnost uvnitř sloupu se mohla pohybovat v širokém rozmezí. Pro stříbrné rudy není spolehlivě ověřena. Na Rejzském a Grejfském pásmu stříbronosný galenit (tj. s tetraedritem) tvořil asi 30–70 % rudního sloupu, ušlechtilé stříbrné rudy podstatně méně, snad maximálně 30–40 % (viz Láskovská žíla Staročeského pásma) a v okolí rudního sloupu ještě méně, do 10 %.

Představa několika set havířů současně těžících rudy na Roveňském pásmu je lehce zpochybnitelná – není jasné, kolik pracovníků skutečně těžilo a kolik se věnovalo dalším činnostem – ražbě průzkumných a přípravných děl, dopravě, větrání, odvodňování, povrchu atd.

Celkovou produkci stříbra na Grejfském pásmu odhadl J. Bílek extrapolací známé produkce některých dolů. Pro rozsah těžby v 16. století použil „zásadní sumární přehled mincmistra Vilíma z Oppersdorfu z roku 1579, z komplexu hrušovsko-višňovských dolů“ Bílek (2000a). Mincmistr uvádí, že v letech 1566–1579 za prodanou rudu bylo utrženo zhruba 16.500 kop grošů. „Centnýř středně kvalitní rudy o obsahu 3 až 4 lotů, tj. cca 850 až 900 g/t Ag, stál přibližně 1/2 kopy grošů. Hodnotě tohoto příjmu odpovídalo zhruba 33 tisíc českých centnýřů neboli 2000 tun rudniny se 1700 až 1800 kg stříbra“ (Bílek 2000a). Průměrná kovnatost prodané rudy byla 850–900 g/t. J. Bílek extrapoloval tento údaj spolu s údaji o produkci dalších menších dolů a dospěl k závěru, že: „Při obnově báňského provozu se tedy na grejfském pásmu vytěžilo ve druhé polovině 16. století a na začátku



17. století celkem asi 13.000 tun rudy obsahující 10.000 kg stříbra“ (Bílek 2000a), tj. o průměrné kovnatosti 750 g/t Ag.

Při výpočtu roční produkce J. Bílek chybně počítá období 1566–1579 jako třináct roků – je to čtrnáct fiskálních let. Také nerespektuje skutečnost, že stříbro bylo váženo v lotech odvozených z váhy hřivny, nikoliv libry, a také nezohledňuje Erckerův popis z roku 1574 (Vitouš 1974): „O vahách, kterých se používá ke zkoušení rud a stříbra. Váha centnýře, podle něhož se všechny rudy, rudní měl, struskový kámen a kterékoliv podobné věci zkoušejí, je od starých německých prubířů tak rozdělena, že centýř právě je saděn na sto liber. A to z té příčiny, že v dnešní době na mnohých místech se kupuje podle váhy ruda, struskový kámen a stříbronosná nevycezená černá měď, právě tak se platí v nich ryzí stříbro podle průby (dříve než se z toho taví). Aby kupci, který musí stříbro z toho vytavit, nevznikly ztráty, přicházejí mu při jeho koupi k dobru ostatní libry, o které váží hornický nebo hutnický centýř více než sto liber“.

Bílkův odhad těžby pro 14. a 15. století spočívá na předchozích výpočtech: „Období největšího rozmachu dolování na grejfském pásmu trvalo od začátku 14. století s menšími intervaly zhruba do konce 15. století“. Extrapolací dospívá k závěru, že „Na základě toho by konečný odhad těžby na grejfském pásmu vycházel za celou historii jeho exploatace asi na 300.000 tun kyzů a zvětralín s cca 300 tunami stříbra“ (Bílek 2000a). V tomto případě je průměrná kovnatost 1000 g/t. Při extrapolaci však J. Bílek nerespektoval množství skutečně těžících dolů z celkového množství propůjček. Pokud těžilo zhruba 50 % dolů z celkového počtu propůjček v předhusitském období, byl by výsledek jeho odhadu srovnatelný s modelovými výpočty.

J. Bílek se pokusil podpořit svůj odhad produkce stříbra z Grejfského pásma výpočtem „... přibližného objemu starých dobývek“. Po řadě předpokladů a logických soudů dospěl k závěru, že „...vydobylo se na grejfském pásmu v uplynulých staletích kolem 600.000 tun rudniny. Při průměrném obsahu stříbra v grejfských rudách 400 až 500 g/t Ag by tedy celkový objem těžby na základě této teoretické úvahy vycházel rovněž asi na 240 až 300 tun stříbra.“ Bílek (2000a). Mimochodem – průměrná kovnatost použitá ve výpočtu je přibližně poloviční proti kovnatostem vycházejícím z citací v předchozích odstavcích. Bílkův výpočet vychází z několika nepřesných vstupů. Do odhadu hloubky dobývek zahrnuje J. Bílek i mocnost sedimentárního pokryvu, která se pohybuje v prvních desítkách metrů. Dále přepokládá, že v rudních úsecích je zrudnění souvislé, tj. rudonosnost je 100 %. V případě rud, jaké byly zjištěny průzkumem koncem 19. století se však uvnitř rudního sloupu rudonosnost pohybuje okolo 80 %, mimo něj je nižší. Vypočtený objem rudy považuje za souvisle vytěžený, tj. uvažuje výrubnost 100 %: Výše zmíněnou rudonosnost, ani rudu ponechanou v pilířích dobývek na ochranu chodeb a hašplů neuvažuje. Rubaninu z technologicky nutných příbírůk v chodbách, hašplech a dobývkách považuje za rudu se stejnou průměrnou kovnatostí, jakou měla ruda z žiloviny. Rozsah dobývek na dalších žilách považuje v sumě za obdobný žíle hlavní.

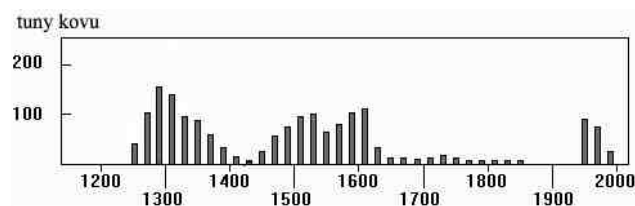
Pokud vstupy do Bílkova výpočtu upravíme podle uvede- ných připomínek, dostaneme jednu z variant výpočtu uvnitř hranic definovaných modelovým výpočtem. Je tedy možné diskuzi o produkci z Grejfského pásma uzavřít tím, že J. Bílek svým výpočtem potvrdil přehnaný předpoklad o velikosti předhusitské produkce z tohoto pásma.

Pro odhad celkové produkce stříbra z Kutnohorského reví- ru má zásadní význam Oselské pásmo. Těžba jeho nejhlubší a nejbohatší části mezi doly Osel a Flašary, tj. mezi Hrádkem a Bylankou, byla v podstatě ukončena před polovinou 16. století. Zachovalo se jen málo spolehlivých informací pro solidní rekonstrukci strukturních a ložiskových poměrů. Z modelových výpočtů, které vycházejí z představy bohatého strukturního a rudního uzlu v uvedeném bloku, plyne, že horní hranice produkce z tohoto úseku je mezi 350–400 tunami kovu v rudě, a že z celého pásma produkce jen stěží mohla překročit 450 tun kovu. Nejpravděpodobněji, při srovnání legendy a vrtným průzkumem ověřenou realitou na sousedním Roveňském pásmu, produkce byla v intervalu 200–400 tun stříbra ve vytěžené rudě.

## ZÁVĚR

Rozsáhlý historický výzkum, geologický průzkum a vý- zkum, stejně jako těžba zinkových rud z Kutnohorského ložiska přinesly v druhé polovině dvacátého století poznatky, které jsem se pokusil použít k odhadu množství stříbra obsaženého ve vytěžených rudách. Vzhledem ke značné inhomogenitě vstupních dat v prostoru a čase, jsem zvolil variantní modelové výpočty se vstupy v mezích daných vlast- nostmi rudních žil ložiska. Výsledky výpočtů na jednotlivých pásmech jsou řádovou proměnnou a jsou vyjádřeny slovně. Sumace výsledků je sice vyjádřena číselně, ale opět se jedná o řádovou proměnnou, u níž nelze přesněji definovat chybu odhadu. To ostatně platí i o odhadech produkce stříbra ostatních autorů.

Celkový odhad množství stříbra vycházející z modelových výpočtů je nižší, než tradiční Kořánův odhad produkce ve výši 2000–2500 tun kovu. Pro dobu obnovy těžby po válkách husitských můžeme považovat za pravděpodobnou hodnotu 400–500 tun stříbra, hodnotu srovnatelnou se solidně doku- mentovaným Bílkovým odhadem. Na předhusitské období tak v mém odhadu zbývá méně než tis tun kovu obsaženého ve vytěžené rudě (obr. 9).



Obr. 9. Hypotetický graf průběhu těžby stříbra na ložisku Kutná Hora. Sloupce ilustrují dvacetileté součty váhy kovu obsaženého ve vytěžené rudě (Holub 2016).

Fig. 9. The hypothetical diagram of the silver amount in the mined out ore. Each column is sum of the twenty year production (Holub 2016).

## LITERATURA

- AGRICOLA G. (1556): *De Re Metallica*. Překlad a vysvětlivky Hoover H., Hoover, L. H. 1912, vydání 1951.
- BARTOŠ M. (2004): Středověké dobývání v Kutné Hoře – In: *Těžba a zpracování drahých kovů: Sídelní a archeologické aspekty*. – *Mediaevalia archaeologica*, 6: 160–168, Praha – Brno – Plzeň.
- BERNARD J. H. (1953): *Geochemie rejského a turkaňského pásma v Kutné Hoře*. – *Rozpravy ČSAV, Řada matematicko přírodních věd*, 63, 59 str, ČSAV Praha.
- BERNARD J. H. et al. (1969): *Mineralogie Československa*, Academia Praha.
- BERNARD J. H., POUBA Z. et al. (1986): *Rudní ložiska a metalogeneze československé části Českého masivu*. ČSAV Praha
- BÍLEK J. (1962): *Historický výzkum Grejfského pásma*. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- BÍLEK J. (1964): *Historický výzkum Oselského pásma*. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- BÍLEK J. (1969): *Historický výzkum Staročeského pásma*. – Díl I. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- BÍLEK J. (1970): *Historický výzkum Staročeského pásma*. – Díl II. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- BÍLEK J. (1972): *Historický výzkum Staročeského pásma*. – Díl III. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- BÍLEK J. (1982): *Historický výzkum Roveňského pásma*. – Díl I-III. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- BÍLEK J. (1985): *Historický přehled dolování v kutnohorském revíru do založení závodu RD Kutná Hora*. – In: ORASKÝ F. et al.: *Tisíc let kutnohorského dolování a mincování*. Kutná Hora, 21–51.
- BÍLEK J. (2000a): *Kutnohorské dolování. 1. Grejfské žilné pásmo*. Kuttna, Kutná Hora.
- BÍLEK J. (2000b): *Kutnohorské dolování. 2. Roveňské žilné pásmo*. Kuttna, Kutná Hora.
- BÍLEK J. (2000c): *Kutnohorské dolování. 5. Staročeské žilné pásmo*. Kuttna, Kutná Hora
- BÍLEK J. (2000 d): *Kutnohorské dolování. 4. Hloušecké a Šipecké žilné pásmo*. Kuttna, Kutná Hora
- BÍLEK J. (2000e): *K začátkům těžby stříbrných rud v kutnohorském revíru*. – *Kutnohorsko – vlastivědný sborník* 6/02: 51–56
- BÍLEK J. (2000f): *Kutnohorské dolování. 6. Skalecké žilné pásmo*. Kuttna, Kutná Hora.
- BÍLEK J. (2000g): *Kutnohorské dolování. 7. Oselské žilné pásmo*. Kuttna, Kutná Hora.
- DUDA J. et al. (1967): *Úvodní studie geologického průzkumu – Kutnohorský revír*. – Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- EGGERS T., RUPPERT H. et KRONZ A. (2000): *Change of copper smelting techniques during medieval times in the Harz-Mountains (Germany)*. – In: RAMMLMAIR D. et al. [eds.]: *Applied Mineralogy*, 971–974, Balkema, Rotterdam.
- ERCKER L. (1574): *Knihy o prubířství*. Překlad: Vitouš P. 1974, Národní technické muzeum Praha. Fiala Z. (1968): *Předhusitské Čechy 1310–1419*. Svoboda, Praha.
- ETTLER V., ČERVINKA R. et JOHAN Z. (2009): *Mineralogy of medieval slags from lead and silver smelting (Bohutín, Příbram district, Czech republic): Towards estimation of historical smelting conditions*. – *University of Oxford, Archaeometry*, Volume 51, Issue 6, 987–1007.
- FIALA Z. (1968): *Předhusitské Čechy 1310–1419*. Svoboda, Praha.
- FROLIK J., ŠREIN V. et TOMÁŠEK M. (2001): *Archeologické doklady zpracování kovů v Čáslavi – 13. až 1. polovina 14. století*. – *Archaeologia historica*, 26: 55–66.
- GRAUS F. (1949): *Chudina městská v době předhusitské. Exkurs I, Mince a ceny*. Praha.
- GRAUS F. (1957): *Dějiny venkovského lidu v Čechách v době předhusitské – II. Exkurs IV, Ceny, 406–433, exkurz V, Mzdy, 434–447*. Praha.
- HAK J. et NOVÁK F. (1970): *Zoning and vertical extent of the ore mineralization in the Kutná Hora ore district*. – In: *Problems of hydrothermal Ore Deposition*, 164–167, IADOG, Praha.
- HÁSKOVÁ J. (1985): *Slavníkovské mincování*. – In: ORASKÝ F. et al.: *Tisíc let kutnohorského dolování a mincování*, pp. 17–19. *Rudné doly Kutná Hora*.
- HOFFMAN V. et al. (1982): *Gruntecké pásmo v severní části kutnohorského revíru*. – *Geologický průzkum*, 20: 65–67.
- HOLUB M. (1975): *Faktory ovlivňující lokalizaci zrudnění v severní části Kutnohorského revíru*. – Ms. [Kandidátská disertační práce. Depon. in: Geofond Praha].
- HOLUB M. (1985): *Příspěvek k poznání geneze ortorul v kutnohorském revíru*. – *Časopis pro mineralogii a geologii*, 30 (1): 65–74.
- HOLUB M. (1989): *Modelování kovnatosti okrajového vzorku rudních ložisek*. – *Geologický průzkum*, 2: 370–372.
- HOLUB M. (1993): *Modelování vztahu kovnatost – zásoby na některých žilách kutnohorského revíru*. – In: MIKUŠ M. et al. (1995): *Rebilance zásob kutnohorského ložiska*. – Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- HOLUB M. (2002): *Pokus o odhad množství síry a arzenu obsaženého v rudách drahých a barevných kovů vytěžených v Čechách a na Moravě do poloviny devatenáctého století*. – *Uhlí – Rudy*, 4: 21–26.
- HOLUB M. (2005): *Několik poznámek ložiskového geologa ke sborníku „Těžba a zpracování drahých kovů: Sídelní a archeologické aspekty”*. – *Mediaevalia archaeologica* 6. “. *Archeologické rozhledy*, LVII, 390–409. Praha.
- HOLUB M. (2006a): *K možnostem vzniku a zachování bohatých sekundárních rud stříbra v Kutnohorském revíru*. – In: *Slavníkovci v Českých dějinách*. – *Antiqua Cuthna*, 2: 122–140.
- HOLUB M. (2006b): *Pohled ložiskového geologa na článek Jaroslava Bílka „K začátkům těžby stříbrných rud v kutnohorském revíru”*. – *Příspěvky k dějinám dolování stříbra*, 3: 45–49.
- HOLUB M. (2007): *Poznámky k existenci větráním obohacených zón stříbrnosných rud v Brodském a Jihlavském rudním revíru*. – *Sborník Stříbrná Jihlava: Studie k ději-*

- nám hornictví a důlních prací, 206–215, Jihlava – Brno.
- HOLUB M. (20014): Sloup stříbrné rudy „zapomenutý“ v 16. století na Láskovské žíle Kutnohorského ložiska. – *Acta rerum naturalium*, 16: 155–163.
- HOLUB M., HOFFMAN V. et TRDLIČKA Z. (1974): Kutnohorský revír – mineralogická, geochemická, strukturní a ložisková studie. Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- HOLUB M., HOFFMAN V. et TRDLIČKA Z. (1978): Chemický charakter rudních žil a jejich primárních aureol v severní části kutnohorského revíru. – *Informační zpravodaj Ústavu nerostných surovin*, 4, Kutná Hora.
- HOLUB M., HOFFMAN V., MIKUŠ M. et TRDLIČKA Z. (1982): Polymetalická mineralizace kutnohorského revíru. – In: *Sborník geologických věd – řada LGM*, 69–124, Ústřední ústav geologický, Praha.
- HOLUB M. et JURÁK L. (1978): Structural development of some polymetallic ore districts in the Moldanubian Pluton area. – *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 53: 205–217.
- HOLUB M. et MALÝ K. (2012): Separátní hutnění galenitových, stříbrem bohatých rud těžených na Českomoravské vrchovině. – *Acta rerum naturalium*, 12: 1–14.
- HOLUB M. et MIKUŠ M. (1984): Stanovení minima průzkumných vrtů pro kategorizaci zásob v kutnohorském revíru. – *Geologický průzkum*, 2: 37–38.
- HRABÁK J. (1902): *Hornictví a hutnictví v království českém*. Řivnáč, Praha.
- HRUBÝ P., HEJHAL P. et MALÝ K. (2012): Dva zaniklé důlní a zpracovatelské provozy na Českomoravské vrchovině. – *Acta rerum naturalium*, 12: 145–180.
- HRUBÝ P., HEJHAL P. et MALÝ K. (2014): K metalurgii při středověké produkci stříbra. – *Archeologia technica*, 23: 21–25.
- HUS M. (1987): Tolarový nález ze Sytna, okr. Tachov a jeho historické souvislosti. – *Numismatické listy*, 5–6: 129–42.
- HUŠPAUER M. et MIKUŠ M. (1989): Závěrečná zpráva úkolu Kutnohorský revír – severní pokračování revíru. – Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- HUŠPAUER M. et MIKUŠ M. (1995): Rebilance zásob ČR, II. fáze, Kutnohorský revír. – Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- HUŠPAUER M. et MIKUŠ M. (1996): Rebilance výhradních ložisek ČR – Ložiska kutnohorského rudního revíru. – Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- JANÁČEK J. (1972): Stříbro a ekonomika českých zemí. – *Československý časopis historický*, 20: 875–906.
- KATZER B. (1885): Rudný obvod kutnohorský. – *Rozpravy České akademie věd*, Třída II, 4, Praha.
- KOLEKTIV (2003): Rudné a uranové hornictví České republiky. ANAGRAM, Ostrava.
- KOŘAN J. (1950): *Dějiny dolování v rudním okrsku kutnohorském*. Geotechnica, Praha.
- Kořan J. (1988): Sláva a pád starého českého rudného hornictví. Příbram.
- KOŘÍNEK J. (1997): Staré paměti Kuttno- Horské. Kutná Hora. Kuttna (první vydání: Praha 1675).
- KOUTEK J. (1951): Rudní žíly v severní části kutnohorského revíru. – *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 26(1): 50–55.
- KOUTEK J. (1966): Geologie kutnohorského rudního obvodu. – *Sborník oblastního muzea Kutná Hora*, B, č. 8-9.
- KRÁLÍK M. et al. (1985): Zhodnocení prognózních zdrojů Ag v Českém masívu. – Ms. [Depon. in: Geofond Praha].
- KUTINA J. (1949): Chemismus rudních žil ze štoly Sv. Antonína Paduanského od Poličan u Kutné hory. – *Rozpravy České akademie věd a umění*, 59(24): 1–25.
- LEGIERSKI J. et VANĚČEK M. (1965): The use of isotopic composition of common lead for the solution of metallogenic problems of the Czech massif. – *Krystalinikum*, 3: 87–98.
- LEMINGER E. (1912): Královská mincovna v Kutné Hoře (s dodatky 1924). Reprint Martin Bartoš 2003, Kutná Hora.
- LEMINGER O. (1924): Pověst o nálezu rudních ložisek kutnohorských. – In: *Kutnohorské příspěvky k dějinám vzdělanosti české*. II řada, 2. sešit, 49–66, Wocel, Kutná Hora.
- LOSERT J. (1961): Contribution to the problem of the pre-asyntian Tektogenesis and Metamorphism in the Moldanubikum of the Bohemian Massif. – *Krystalinikum*, 5: 61–84.
- LOSERT J. (1962): Mandlovcové lamprotyry z kutnohorských dolů. – *Acta Univ. Carolinae, Geologica*, 1/2: 107–126.
- LOSERT J. (1968): Turmalín-kasiteritová formace v kutnohorském revíru. – *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 43: 349–351.
- MAJER J. (2004): Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezli. Libri, Praha.
- MIKUŠ M. et HUŠPAUER M. (1980): Staročeské pásmo. – Ms. [Závěrečná zpráva geologického průzkumu. Depon. in: Geofond Praha].
- MIKUŠ M. et HUŠPAUER M. (1988): Ms. [Závěrečná zpráva úkolu Kutnohorský revír – podloží křídly č. 01 78 2107. Depon. in: Geofond Praha].
- MÍSAŘ Z. et al. (1983): *Geologie ČSSR I*, SPN Praha
- MORÁVEK P. (1971): Ložiskové poměry a mineralizace jílovského zlatonosného revíru. – *Sborník geologických věd*, LG, 13: 1–170.
- MORÁVEK P. et al. (1992): *Zlato v Českém Masívu*. Český geologický ústav, Praha.
- NOVÁČEK K. (2004): Středověká výroba „falešného stříbra“ v Kutné Hoře? K interpretaci technologií v hutnické dílně mezi Malínem a Novými Dvory na Kutnohorsku. – In: NOVÁČEK K. et JEŽEK M.: *Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a archeologické aspekty*. – *Mediaevalia archaeologica* 6: 211–221.
- PÁNEK I. et HLADÍK Č. (1968): Denár a hřivna v českých pramenech do r. 1222. – *Numismatický sborník*, 10: 97–110.
- PETRÁŇ Z. (1998): První české mince, SET OUT, Praha.
- PORTEOUS J. (1969): *Münzen – Geschichte und Bedeutung in Wirtschaft, Politik und Kultur*. Ariel Verlag, Frankfurt am Main
- RADOMĚŘSKÝ P. (1973): Mincovnictví Přemyslovců a Slavíkovců. Příspěvek k objasnění původu materiálové zá-

- kladny a mincovní techniky jejich stříbrné ražby 10. věku. Studie z dějin hornictví 4. – Rozpravy Národního technického muzea v Praze, 59: 79–106.
- SEJBAL J. (1979): Dějiny peněz na Moravě. Blok.
- SKALSKÝ G. (1950): Měnová politika Karla IV. – Numismatický časopis., 19: 37–54.
- SMIRNOV V. I. (1982): Geologija poleznych iskopajemych. Moskva, Nedra.
- SOKOL R. (1925:) Geologie okolí Kutné Hory. – Sborník vlastivědných statí polit. okresu kutnohorského, 29–65. Kutná Hora.
- STANĚK J. (1995): Peníze v Českých zemích. P.A.S. Praha
- STOČES B. (1951): Základy hornictví. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- STRNAD J. (1972): Hadce a jejich niklonosná residua v podloží křídly v okolí Kutné Hory. – Věstník Ústředního ústavu geologického, 47(2): 117–120.
- ŠIMON Z. et URBAN J. (1958): Zpráva o báňsko-historickém výzkumu lokality Kutná Hora (usek Fráty-Sedlák). – Ms. [Geofond Kutná Hora].
- ŠREIN V. et al. (2006): Zlato! Příčina vyvraždění Slavníkovců. In: Slavníkovci v Českých dějinách. – Antiqua Cuthna 2: 150–164.
- THEOPHILI R. (1847): De divetsis artibus, překlad Hendrie, R. Londýn.
- URBAN J. (1960): Ortogonální schéma dopravních cest na Hlavní žíle Staročeského pásma. – Ms. [Depon. in: Geofond Kutná Hora].
- VANĚK V. et VELEBIL D. (2007): Staré hutnictví stříbra. – In: Stříbrná Jihlava 2007 – Studie k dějinám hornictví a důlních prací, 216–227, Jihlava – Brno.
- VESELÝ J. (2000): The History of metal pollution recorded in the sediments of Bohemian Forest lakes: Since the Bronze age to the present. Silva Gabreta, Šumava National Park, CZ-341 92, Kašperské Hory.
- ZAVŘEL J. et MAŘÍK J. (2012): Nové doklady zpracování drahých kovů v raném středověku (předběžné sdělení).
- ŽÁK K. et al. (1993): Sulfide mineralization of the Kutná Hora ore district. – In: Stable isotope and fluid inclusion study Metamorphic fluids and Mineral deposits, Český geologický ústav, Praha
- ŽEMLIČKA J. (1998): Století posledních Přemyslovců. Melantrich, Praha.