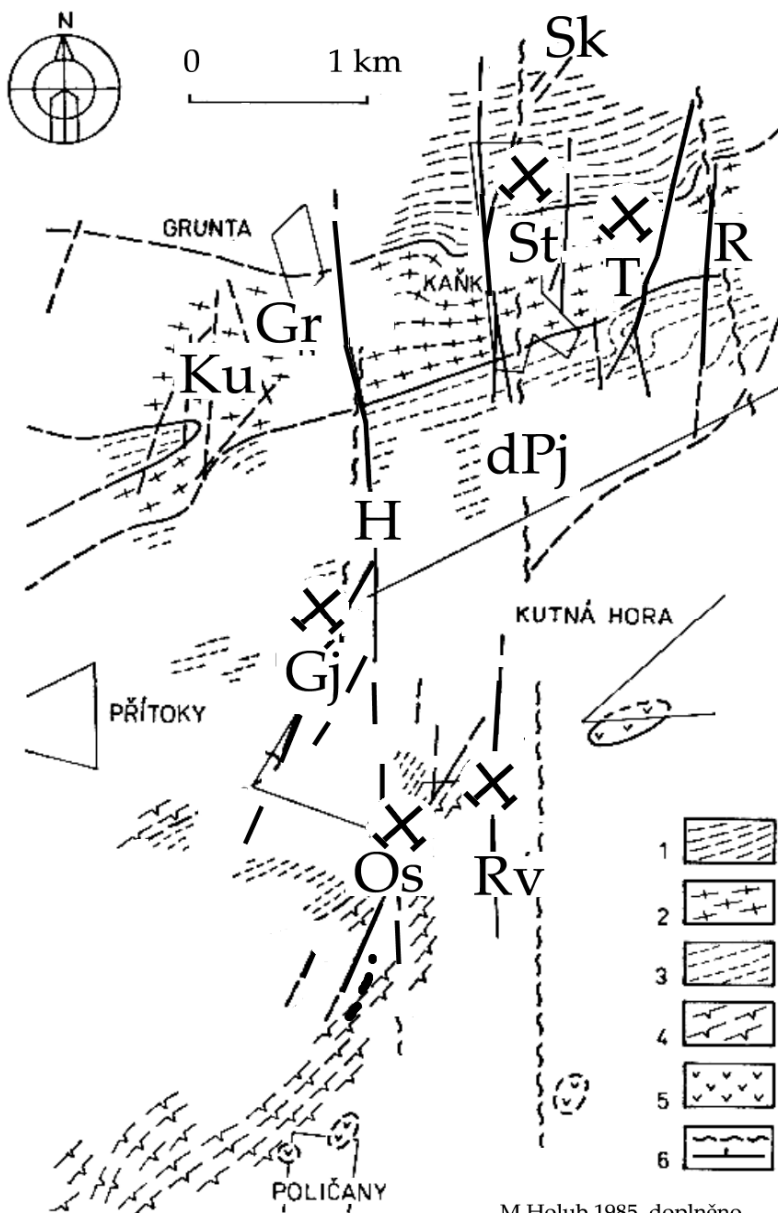




# **PŘÍSPĚVKY K DĚJINÁM DOLOVÁNÍ STŘÍBRA**

**4**

**KUTNOHORSKO - VLASTIVĚDNÝ SBORNÍK 14/10**



M.Holub 1985, doplněno

**Geologické schéma kutnohorského revíru**

**Malínská jednotka:** 1 - svrchní ruly, 2 - centrální migmatity, 3 - spodní migmatitizované 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.

Jsou vyznačena ústí jam Panské (Staročeské pásmo), Turkaňské, Grejfské, Roveňské a důl Osel.

(K článku: M. Holub - Odhad množství stříbra...)

# ODHAD MNOŽSTVÍ STŘÍBRA OBSAŽENÉHO V RUĎĚ VYTĚŽENÉ Z HLAVNÍCH RUDNÍCH PÁSEM KUTNOHORSKÉHO REVÍRU

Milan Holub

Několik set dolů produkovalo za posledních Přemyslovců a za Jana Lucemburského v Kutnohorském revíru na evropské poměry značné množství stříbra. Podle nečetných údajů o velikosti urburu (neboli o zisku panovníka z ražby mince) v předhusitském období a podle neúplných údajů o produkci dolů v pohusitských dobách usoudil J. Kořan (1950), že z Kutnohorského revíru bylo získáno přibližně 2000 tun stříbra. Toto množství převzali do své studie Holub et al. (1974, 1982) a na základě Bílkových (1962, 1969, 1971, 1972) nepublikovaných zpráv o historii těžby na některých žilných pásmech revíru odhadli celkovou produkci rudy do poloviny 19. století na 10 milionů tun.

Podle J. Bílka (1985), který se montanistickou problematikou revíru z historického hlediska dále zabýval, bylo v předhusitských dobách *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 stagnace. Krize třicetileté války byla těžkou ranou kutnohorskému dolování, ze které se již nepovedlo k bývalé slávě a velikosti.

J. Bílek (1985) vyjádřil svou představu časového průběhu produkce stříbra v grafu, v němž se přiklonil k celkovému odhadu produkce téměř až 3000 tun. Kořan (1988), snad 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 do 20. 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,<sup>1</sup> která obsahovala 44.600 tun zinku (průměrná kovnatost necelých 1,8% Zn) a něco mezi 100 až 300 tunami stříbra. Většina stříbra, stejně jako zinek a olovo z rudy vytěžené z Rejzského pásma, však skončila v odpadech (odkaliště, odnos vodami při oxidaci na haldě, zmíněný nadjezd).

V polovině devadesátých let jsem pro J. Veselého z ČGÚ zpracovával pravděpodobnou historickou produkci arzénu a síry z hlavních ložisek v Českém masivu metodami variantních modelových výpočtů zásob nerostných surovin (Holub 2002). Při tom jsem zjistil, že odhad celkové produkce základního kovu závisí hlavně na obtížně odhadnutelné výši předhusitské těžby.

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

Po získání údajů z průzkumných prací posledního dvacetiletí předchozího století od kolegů M. Mikuše a M. Hušpauera (1980, 1988, 1989, 1995, 1996) a po sérii publikací J. Bílka z let 2000-2002 o výsledcích historicko-montanistického výzkumu v Kutnohorském revíru jsem se k problému vrátil. Pro snížení nejistoty výsledků jsem se orientoval na variantní výpočty zásob hlavních a vedlejších žil doplněné o pravděpodobnou velikost těžeb rud. 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.

---

<sup>1</sup> Část rudy, hlavně z Rejzského pásma, však neprošla úpravou a po spontánní oxidaci na haldě skončila jako stavební materiál pro nadjezd v Malíně.

## Charakteristika vstupních dat a přesnost výsledků výpočtů

Výsledky odhadů a výpočtů zásob nerostných surovin lze rozdělit na prognózy, zjišťované pomocí statistiky a analogií, 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 prvé řadě bere ohled na geologické vlastnosti objektu a jeho okolí. Při konturaci těžebních zásob je nutné respektovat zvolenou dobývací metodu a technologii dalšího zpracování suroviny. Kontura zásob rud je obvykle dána ekonomicky, a to minimálním obsahem kovu v rudě, který ještě pokryje náklady na těžbu a zpracování rudy. Podle Majera (2004) bývala takováto ruda starci označována jako ruda chudá. Dnes je hraniční obsah označován jako **kondiční, limitní** či **minimální těžitelný** (cut-off ore). Ruda s vyššími obsahy byla starci označována jako **ruda bohatá**, dnes **ruda bilanční** či **ekonomicky těžitelná**.<sup>2</sup>

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. Z historického hlediska bývá dobývání v Kutnohorském revíru děleno do více etap (Bílek 1985, Kořan 1988), s nimiž změny baňsko-technických podmínek dobývání, úpravy a hutnění rudy koincidují jen částečně.<sup>3</sup>

### *Měnící se podmínky dobytelnosti rud*

Po objevu revíru koncem 13. století byly nejprve dobývány mělce uložené zvětralé a navětralé rudy. Druhou etapou bylo předhusitské dobývání primárních rud do relativně menších hloubek a postupné pronikání do větších hloubek v místech výskytů bohatých rudních sloupů. Je pravděpodobné, že v době před *sběhem ke kutně* dostačovala kondiční kovnatost prvních desítek g/t Ag pro mělkou podzemní těžbu v dosahu lanových rumpálových šachtic. Pro konec 14. století a pro období obnovy dolů za Jiřího z Poděbrad se limitní kovnatost pohybovala ve vyšších desítkách gramů na tunu,<sup>4</sup> pro hlubší doly pod úrovní dědičných štol potřebná kovnatost dosahovala nejméně 100 g/t.<sup>5</sup>

V další etapě byly za Jiřího z Poděbrad obnovovány doly a poté následovala v 16. století jednak těžba z hlubších částí žil, jednak paběrkování starci zanechaných rud ve vyšších částech žil. Pro 16. století můžeme použít Lemingerovy (1912) údaje o výkupních cenách stříbrných rud v Kutnohorském revíru po polovině 16. století. Kyzové rudy byly vykupovány až k hraniční kovnatosti 140-150 g/t Ag. Hraniční kovnatost vykupovaných stříbrných rud se pohybovala o několik desítek g/t výše.<sup>6</sup>

---

<sup>2</sup> Různé hranice *chudé rudy* platné v různých dobách jsou v tomto odhadu produkce stříbra zohledněny při volbě velikosti koeficientu plošné rudonositosti, který udává kolik procent plochy bloku je rudněno. Při nižší hranici *chudé rudy* je rudonositost vysoká a naopak.

<sup>3</sup> Podrobnější diskuse problematiky in Holub (2009c).

<sup>4</sup> Nepřímo vyšší limitních kovnatostí dosvědčuje i opouštění stříbrných dolů na Vrchovině v době po *sběhu ke kutně*.

<sup>5</sup> Podle Bílka (2000e) hloubky dolů založených v nejpříznivěji vyvinutých částech ložisek rychle narůstaly a na sklonku 14. a nejspíše na začátku 15. století dosáhly na grejfském a rejzském pásmu kolem 400 m a na oselském pásmu kolem 500 m, tehdy daleko největších hloubek na světě.

<sup>6</sup> Kutnohorské stříbrné rudy byly z dobového technologického hlediska děleny (L. Ercker 1574, překlad P. Vitouš 1974) na lehkotavitelné (subtilní), a to bohaté (jasnorudek a ostatní červeně prorostlé rudy stříbrné, černě prorostlé rudy) či nepravidelně bohaté (olověné rudy leštěncové, jemné leštěnce neobsahující kzyzy a blejna), a konečně ostatní rudy převážně těžkotavitelné (hrubé, pevné a surové), mezi nimiž převládaly různé kyzovité a prokřemeněné rudy.

Prvá skupina byla souhrnně označována jako *rudy*, druhá jako *kyzy*. Obě slupiny rud se rozdílily *chovaly v ohni*, byly rozdílne praženy a hutněny. Protože lehkotavitelné rudy byly často vtroušené a prožilkované, uvězněné v křemenné žilovině, dělily se ručně. Po rozbití na velikost oříšků byly však

## Vstupy do výpočtu

Při výpočtu zásob suroviny<sup>7</sup> na žilách je vhodné objekt rozdělit na bloky o obdobných vlastnostech geologických, technologických (dobývání, úprava, hutnění) a o obdobné úrovni prozkoumanosti. Základními vstupy pro výpočet zásob suroviny v jednoduchém obdélníkovém bloku<sup>8</sup> je směrná délka, úklonná délka (hloubka), průměrná mocnost (pravá či horizontální), průměrná kovnatost a průměrná měrná hmotnost.

Při rozdělení rudních výskytů kutnohorského revíru pro potřeby tohoto odhadu jsem se přidržel tradiční představy, že revír je složen z pásem žil. Rudní výskyt<sup>9</sup> v kutnohorském revíru bývají spojovány do skupin označovaných jako pásma (rudní, žilná) a jejich počet kolísá mezi 14 až 20. Rozdíl mezi pásmy a žilami spočívá, podle některých autorů (na př. Koutek 1966 a Bílek v řadě prací) v tom, že pásma jsou tvořena několik metrů až desítek metrů mocnými zónami hydrotermálně přeměněných (alterovaných) hornin, v nichž se ruda vyskytuje v podobě jednotlivých sloupců a žil. Bývá zdůrazňováno, že *pravé* žíly s úzkými lemy obsahují relativně více rudy. Při bližším pohledu zjistíme, že název pásmo má v první řadě topografický význam.<sup>10</sup> Rozdíl v mineralizaci a v mocnosti alterací mezi některými mineralizovanými zónami a žilami je způsoben různým vztahem k hlavním strukturám revíru - na příklad na Staročeském pásmu k dislokaci Panské jámy.

Polymetalická mineralizace v Kutnohorském revíru je dělena do několika mineralizačních stadií, z nichž tři měla ekonomický význam. Jedním z nejstarších minerálů každého stadia bývá křemen, který indikuje prvou, kyselou fázi vývoje mineralizace. Po hlavní mase sulfidů stádia obvykle krystalizují karbonáty, indikující neutralizační roztoků a jisté uklidnění procesů. Po tektonických pohybech, při kterých bývají opět otevřeny rudoносné 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 (SiO<sub>2</sub>) krystalizovala hlavní masa arzenopyritu (FeAsS) a pyritu (FeS<sub>2</sub>). Rudní perioda prvního stadia pokračovala krystalizací sfaleritu (ZnS) a pyrhotinu (FeS) provázených staninem (Cu<sub>2</sub>FeSnS<sub>4</sub>), starším chalkopyritem (Cu<sub>2</sub>FeS<sub>4</sub>) a mladším pyritem. Druhé vývojové stadium (*rudní* nebo *Pb-Cu-Ag-rudní*) začíná většinou po slabším tektonickém neklidu krystalizací křemene, následovaného galenitem (PbS), mladším chalkopyritem a stříbrnosným tetradritem (Cu,Fe,Ag,Zn)<sub>12</sub>(Sb,As)<sub>4</sub>S<sub>13</sub> (freibergitem). Galenit s freibergitem se nachází převážně ve svrchních částech žil. Chalkopyrit, rovněž provázený freibergitem, se vyskytuje v jejich spodních částech.

Minerály prvních dvou vývojových stadií jsou na žilách vždy přítomny a to v podobě rudních sloupců, zaplňujících část rudoносné struktury. Minerály třetího stadia se vyskytují jen lokálně, často vytvářejí samostatně orientované žilky. Rudní minerály třetího vývojového stadia (*ušlechtilých rud stříbrných* či *Ag-Sb stadium*) vytváří dvě asociace minerálů, které se vyskytují i samostatně. Pro prvou asociaci jsou typické Ag minerály pyrargyrit, proustit a miargyrit, pro druhou asociaci Sb-minerály bertierit a antimonit.

---

jen zčásti odděleny od křemenné či silikátové hlušiny. Ag-sulfidy těchto rud byly křehké (subtilní) a při nabohacování ve stoupách vznikaly nepříjemně velké ztráty drahého kovu. Proto prorostlé, ručně neoddělitelné rudy byl taveny dohromady s kyzovitými rudami. Ty, pro svůj vysoký obsah železa přecházejícího do strusky a kamínku, snižovaly teplotu tavení strusky a její viskozitu a zvyšovaly poměr stříbra přecházejícího do přidávaného olova.

<sup>7</sup> Zda vypočtené množství suroviny je rudou se rozhoduje až po výpočtu srovnáním s podmínkami dobývání (bilančnosti). Ruda a ložisko jsou termíny ekonomické.

<sup>8</sup> Vlastnosti strmých žil bývají zobrazovány v průmětu na vertikální rovinu, či rovinu rovnoběžnou s plochou žíly. Oba způsoby mají odchýlné výhody a nevýhody.

<sup>9</sup> O geologii a mineralizaci revíru podrobněji in Holub (2009a).

<sup>10</sup> Diskuze o pokračování, ohýbání a křížení pásem nemají ložiskový význam.

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 jílu a jílovité výplni žilných struktur vytvářejí často velké, dobře omezené krystaly a drúzy rostoucí do volných prostor. Typickými minerály tohoto stadia jsou křemen, pyrit s markazitem a kalcit.

Zrudnění vytváří v rudonosné struktuře stavebně 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.

Velikost rudních sloupů závisí v prvé řadě na řádu rudonosné struktury a na stavbě, petrografii (chemizmu) okolní krystalinické jednotky. Největší rudní sloupy, několik set metrů dlouhé, jsou vyvinuty v severní části revíru v okolí průníků hlavních rudonosných struktur s hranicemi souvrství rul a migmatitů malínské jednotky. Tyto rudní sloupy existují na všech hlavních rudních strukturách v severní části revíru. Sloupy se noří pod mírnými úhly k severu paralelně s osou průníků dílčích struktur, včetně foliací metamorfitů. 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 průníků či štěpení rudonosných struktur sledují i rozhraní různých souvrství. Je to případ jižního sloupu na Turkaňském pásmu nebo sloupu na severu Benátecké žíly. Zastoupení rudních sloupů na rudonosných strukturách je důležité pro odhad plošné rudonosnosti zkoumané struktury.

### **Přesnost výsledků výpočtů**

Z hlediska množství a kvality vstupních dat do výpočtů a zároveň i přesnosti výsledků výpočtu je možné rozdělit rudní pásma revíru na pásma otevřená baňskými pracemi (Gruntecké, Staročeské, Turkaňské a Rejzské), dále na pásma ověřená vrtným průzkumem (Hloušecké, Roveňské) a pásma známá jen z baňsko-historického výzkumu (Grejfské, Oselské a další, drobnější pásma).<sup>11</sup>

Přesnost výpočtů zásob nerostných surovin je ovlivněna mnoha faktory, objektivními i subjektivními. Pro posuzování přesnosti výpočtu zásob je nutné znát hranici danou hustotou vzorkování objektu, hranici mezi statistickými a lokalizovanými zásobami, tj. zásobami, jejichž souřadnice jsou známy. Metodou postupného ředění sítí průzkumných prací jsme zjistili (Holub-Míkuš 1984), že průzkumná síť s plochou vlivu průzkumného díla 2500 m<sup>2</sup> (tj. síť 50×50 m) je vhodná pro Staročeské pásmo. 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 průzkumu 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 informativní charakter a je nutné je označit jako prognózy.

Stříbro patří v zemské kůře mezi stopové prvky, které při obvyklém způsobu vzorkování mají v geologických objektech lognormální rozdělení obsahů. V blocích pro výpočet zásob se obsahy Ag pohybují i ve čtyřech řádech (na př. Roveňské pásmo) a výpočet průměrného obsahu metodami založenými na předpokladu normálního rozdělení obsahů Ag (aritmetický, či

<sup>11</sup> Pro představu o množství dat, z nichž vychází tento odhad produkce stříbra, uvádím přibližný fyzický rozsah technických a analytických prací. Pro studii z roku 1974 (Holub et al.) bylo dokumentováno a reambulováno téměř 40 km důlních chodeb a zpracováno na 20 tisíc chemických analýz rud, hornin a minerálů. V následných průzkumných akcích (M. Holub, M. Míkuš, M. Hušpauer) bylo do roku 1988 dokumentováno dalších téměř 15 km důlních chodeb, ca 50 km průzkumných vrtů (podzemních a povrchových) a vyhodnoceno více než 10 000 nových chemických vzorků rud, hornin a minerálů. Souhrn zpráv o historickém výzkumu (hlavně B. Šimon, J. Urban a J. Bílek) má několik tisíc stran textu a obrazových příloh.

aritmetický vážený průměr) mohou být nespolehlivé. Proto ve výpočtových blocích používám pro kovnatost hodnotu nejčtetnější kovnatosti a pro interval kovnatostí rozsah druhého a třetího kvartilu. Pro bloky, pro něž jsou k dispozici jen historická data, která mohou být výběrově zkeslená směrem k lepšímu obsahům, používám pro kontrolu 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 propojování (paralelizací) navrtaných žil mezi průzkumnými vrty či při historickém výzkumu mezi starými doly, atd.

Výsledky variantních výpočtů, vzhledem k topografické nerovnoměrnosti vzorkování, nestejnému původu, nekontrolovatelné kvalitě a k variabilitě vstupních dat, považuji za řádovou (ordinální) proměnnou a vyjadřuji je slovně. Protože vstupy do výpočtu nelze prověřit z hlediska jejich přesnosti metodami obvyklými při průzkumu nerostných surovin, uvádím výsledky (místo obvyklé kategorizace přesnosti zásob) v intervalu, v němž má každá hodnota stejnou pravděpodobnost výskytu jako hodnoty ostatní.<sup>12</sup>

## **Odhad množství stříbra obsaženého v rudě vytěžené z jednotlivých pásem**

### **Staročeské pásmo**

Staročeské pásmo považuje J. Bílek (2000d), 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 zachované listinné dokumentace. Historickou produkci stříbra ze Staročeského pásma<sup>13</sup> uvádí Bílek (2000d) ve výši 200 tun kovu z Hlavní žíly, 50 tun z Benátecké žíly a asi 50 tun z ostatních žil.<sup>14</sup> Staročeské pásmo je přirozeně vymezeno na západě strukturou Hlavní žíly a na východě dislokací Panské jámy. Tyto dvě struktury vytvářejí drobnou hrást' severojižního směru. Hydrotermální roztoky pronikaly oběma okrajovými strukturami do složitěho systému puklin a trhlin uvnitř hrástě a vytvářely mineralizaci drobnějších zpeřených žil. Zrudnění je koncentrováno do rudních sloupů uvnitř žil.

Staročeské pásmo bylo dobýváno již v předhusitských dobách, z nichž se písemné údaje o dobývaných rudách nezachovaly. Písemné doklady jsou hojně až z doby po převzetí dolů panovníkem, tj. od 16. století (Bílek 2000d). Na Staročeském pásmu lze údaje o dobývaných mocnostech a kovnatostech zjistit nejen historickým výzkumem, ale je nutné použít výsledky moderních geologických výzkumů a průzkumů. Zčásti je nutné použít analogie z lépe známých pásem. Základem pro odhad vstupů do výpočtů v případě Staročeského pásma jsou údaje zpracované in Holub et al. (1974) a doplněné o poznatky pozdějších průzkumných prací (Mikuš-Hušpauer 1980). V pásmu bylo vyděleno osm bloků na Hlavní, Benátecké a Špitálské

---

<sup>12</sup> Přesnost výpočtu zásob ve výpočtových blocích baňsky a vrtné ověřených objektů dosahuje přesností potřebné pro výpočet doprovodných surovin, v příslušné kategorii zásob těžitelných, geologických či prognózních.

<sup>13</sup> Je třeba rozlišovat mezi množstvím stříbra obsaženého ve vytěžené rudě a mezi množstvím stříbra, které z vytěžené rudy produkovaly hutě. Nejde jen o ztráty, které vznikaly při úpravě a hutnění. Část vytěžených kyzů, která měla obsah stříbra nižší než hut' či mincovna proplácela (Leminger 1912), byla skladována na haldách a později v 16. a 17. století sloužila k výrobě vitriolu (Bílek 2000d).

<sup>14</sup> Způsob odhadu Bílek neuvádí, pouze u produkce z Benátecké žíly poznamenává, že jde o odhad *podle spolehlivých dokladů o těžbě kyzů*. Z kontextu jeho publikace plyne, že J. Bílek použil v případě Hlavní žíly 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 dobovýek okolo 1,5-2 m, objemová hmotnost asi 3 t/m<sup>3</sup>).

žíle v místech mineralizovaných strukturních uzlů a úsecích klidného vývoje žíly. Rozblokování, diskuze vstupních dat, výsledky výpočtů a diskuze výsledků jsou podrobněji uvedeny in Holub (2009c).

*Odhad množství stříbra obsaženého v rudě starci vytěžené ze Staročeského pásma:*

Výpočetní blok	odhadované množství kovu (tuny)
výchozové části	prvé desítky
uzel Panské jámy	vyšší desítky až stovka
severní vykliňování žíly	prvé desítky
uzel Šafary - Kuntery	nižší až střední desítky
centrální část žíly	okolo stovky
uzel Mladé Plimle	sto až dvě stě
jižní pokračování žíly	deset až dvacet
jižní štěpení žíly	okolo deseti

***Podle tohoto 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. K údajům v tabulce je nutné přiřadit i těžbu z ostatních žil pásma. J. Bílek (2000d) 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 průzkumu.

### **Turkaňské a Rejzké pásmo**

V severní části revíru na východním okraji Turkaňku vystupují na den Turkaňské a Rejzké pásmo. 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.

Písemné zprávy o produkci rudy z dolů na těchto pásmech jsou do převzetí dolů panovníkem vzácné. Při obnově prací po husitských válkách se pracovalo hlavně na Rejzkém pásmu. Nedostatek kyzů pro hutnění podnítl v druhé polovině 16. století opětné zahájení provozu na Turkaňském pásmu. Při zmáhání starších dolů byly (Bílek 1985) poměrně blízko povrchu odkryty ještě nevydobyte nálohy kyzů s 300-500 g/t Ag. Ve větších hloubkách obsahy stříbra poklesly. V té době skončil provoz na sousedním Rejzkém pásmu. Po krizi třicetileté války byla větší produkce na obou pásmech obnovena koncem 17. století. *Na všech dolech, které byly znovu otevřeny na severu revíru (včetně Hloušického pásma), pracovalo kolem 50 až 80 ha-vířů. 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). Největší podíl produkce pocházel z Turkaňského pásma.

Turkaňské a Rejzké pásmo mají společnou zonalnost rud a jsou vyvinuty na protilehlých okrajích drobné zdvihové zlomové struktury severo-severovýchodního 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 dosti složitě, převážně čočkovité vnitřní stavby. Jednotlivé čočky byly v minulosti 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



(*hladáky*) většinou lemují křemenné a prokřemeněné části žil a intenzivněji jsou vyvinuty v hluchých úsecích pásma. Pro žilu 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 40-50° k severu. V nejsevernější části se tento úhel zmírňuje na 30°. Druhý, méně výrazný je směr upadání sloupů pod 70° k jihu. Směry delších os těchto sloupů souhlasí se směry průsečnic hlavních struktur stavby, souhlasí i s hodnotami naměřenými v podzemí na drobných čočkách a na vlnění žilných ploch. V jižním sloupu průběh maximálních mocností křemene souhlasí s linií rozdvojení žíly. 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% síry (součin mocnosti a kovnatosti) asi 60% plochy žíly. Sfalerit má maxima vyskytů ve svrchních částech křemenných sloupů, avšak pod hlavními akumulacemi sumy sulfidů. Izolinie 6 m% Zn 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.<sup>15</sup>

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

### ***Výpočet - vstupy, rozblokování, výsledky***

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). Pro konturaci výpočetních bloků uvažuji minimální šířku dobývky 50-60 cm. Z této šířky dobývky a z poznatku, že v druhé polovině 16. století byly vykupovány kyzy o minimálním obsahu stříbra okolo 140 g/t,<sup>16</sup> vychází druhá podmínka pro konturaci - násobek právě mocnosti (dm) a kovnatosti (g/t) by měl být nejméně 850 až 900.

Měrná hmotnost sulfidické rudy je přímo úměrná obsahům síry. Obsahy síry se ve vzorcích z báňských průzkumů pohybovaly ve vyšších procentech až prvních desítkách procent. Hlavními rudními minerály byly pyrit, sfalerit. Na Rejzském pásmu i galenit. Množství křemenné žiloviny bylo proměnlivé, hlušinou příměs tvořily i hydrotermálně přeměněné minerály rul a migmatitů. Střední objemovou hmotnost rudniny lze proto očekávat v intervalu 3,0 až 3,5 t/m<sup>3</sup>.

Většina staré těžby pocházela ze tří velkých rudních sloupů - severního a jižního na Turkaňském pásmu a jižního na Rejzském pásmu. Nad úrovní (a mírně pod ní) dědičných štol, odvádějících samospádem důlní vody, byly těženy i drobnější rudní čočky 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.

<sup>15</sup> Analýza distribuce prvků a minerálů v ploše žil a v rudních sloupech je základním podkladem pro stanovení rudnosnosti potřebné pro následující výpočty.

<sup>16</sup> 140 g/t Ag je minimální kovnatost rudy v rostlém stavu, po přebírání byly do hutí dodávány kyzy o kovnatosti 300-500 g/t.

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

Podle Bernarda (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 tetraedrit. 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 větvičoho 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, potupně 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 dědičné štoly či mělce pod ní, byly přibírány i méně kovnaté impregnace a žilky v okolí vůdčího zrudnění. Celková výrubnost je pravděpodobně vysoká, snad okolo 60-90%. Rudnina z tohoto sloupu vytěžená 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 úklonně délce asi 450-600 m, s osou mírně upadající k severu, do hloubky ca 200 v jižní části a až 280 m v severní části sloupu. Od poloviny 16. století zde byly dobývány kyzové rudy obsahující 300-500 g/t Ag (Bílek 1985) 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 přesahuje 60% a ve svrchní, vytěžené části, se mohla pro stříbro obsahující kyzu pohybovat mezi 70-80%. Většina vytěženého rudního sloupu je pod úrovní dědičné štoly a proto celkový koeficient výrubnosti je pravděpodobně nižší, než u jižního sloupu. Soudě podle rozsahu nafáraných stařin v okolí 2. patra Turkaňské jámy 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 m 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 tetraedritem jsou lokalizovány ve svrchních částech sfaleritových rudních čoček a nezřídka přecházejí do jejich směrného nadloží. Podle Bernarda (1953) v žilovině sloupu převažuje křemen, karbonáty jsou řídké. Ze sulfidů převládá pyrit, hojný je sfalerit, místy i galenit a tetraedrit. Arzenopyrit a pyrit jsou časté v okoložilných, slabě sulfidy impregnovaných horninách.

Obsahy stříbra na bočních okrajích starých dobývek byly v rostlé rudě v místech dílčích rudních čoček okolo 100-200 g/t. Na spodním okraji dobývek v čočce Pb-Zn rudy byly i nad 300 g/t. Zvýšené 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 prvých tisících g/t Ag.

Rudní sloup se směrem vzhůru opět větví v několik paralelních, potupně 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 mezi 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 z tohoto sloupu vytěžená do 19. století obsahovala pravděpodobně prvé až střední desítky tun stříbra.

Připovrchová zóna Rejzského pásma. Rudy ze svrchních částí 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 v rudě. Pro zachování bohatých sekundárních rud stříbra nebyly na Rejzkém pásmu vhodné podmínky, neboť měkkí zvětralinny hydrotermálně alterovaných hornin byly vymyty příbojem křídového moře a vzniklé rokle byly vyplněny slepenci s vápnitým tmelem a dalšími vápnitými horninami. V nejvyšší části pásma mohly zůstat zachovány, pod křídovými sedimenty drobnější relikty zvětralých rud.

Rudní blok nad dnešním 1. patrem byl dobře odvodňován 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 křídového 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, podle J. Bílka (2000c) *náleželo v minulosti mezi vedlejší ložiska kutnohorského revíru*. 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-Mikuš 1989). Na jihu rudonosné struktury, pod městskou zástavbou technicky nesledovatelné, směřují do území Oselského pásma. Hloušecké pásmo je podsednuto dědičnou štolou (na severním úseku v hloubkách 35 až 40 m pod povrchem) s ústím v oblasti Lorce. Západní větev této štoly odvodňovala Grejfské pásmo.

Podle poznatků báňskohistorického výzkumu (Bílek 2000c) byly na tomto pásmu dobývány čtyři významnější žíly severního až severovýchodního směru (Hlavní hloušecká, Nadložní, Šesti bratří neboli sv. Vavřince a Hloušecká). 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 Havříský, sv. Vavřince) dobývky mohly dosáhnout až 150 m, jak to potvrdil i moderní vrtný průzkum. Převaha malých hlouček dobývek souvisí s tím, že území pásma je pokryto sedimenty křídového stáří a dědičná štola procházela nehluboko pod rozhraním křída/krytalínikem. Cílem starců proto byly, vzhledem k nízkým obsahům stříbra v primárních rudách, zvětralinové rudy, místy druhotně obohacené.

Podle Bílka (2000c) *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 vtroušeným 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.

Při odhadu produkce stříbra z Hloušeckého pásma respektoval J. Bílek (2000c) průběžně výsledky vrtného průzkumu a odhadl ji takto: *Veźme-li se tedy v úvahu na jedné straně počet hložeckých dolů i doba a rozsah jejich dřívějšího provozu a na druhé straně relativně nízká kvalita zdejších ložišek, 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  $\frac{4}{5}$  této produkce pocházely z tzv. hlavní hložecké žíly.*

Směrně na sebe navazující Hloušecké a Gruntecké pásmo mají, podle výsledků vrtného a báňského průzkumu, severojižní 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 Kukiického pásma na severu a Grejfského na jihu) a na průchod pásma rozhraním ruly-migmatity-migmatitizované ruly v nadložní (západní) 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 nejhodnějšími 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 částem revíru. 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%.

#### ***Výpočet - vstupy, rozblokování, výsledky***

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. Kovnatosti těžených rud před tříděním byly okolo 50-100 g/t Ag, ojedinele vyšší. Plošná rudonosnost kyzových poloh s galenitem od severu k jihu stoupala na 15-35%. Maximální dosah dobývek byl 150-200 m, většinou však okolo 50 m, tj. 30 m pod hranici křída-krytalínium. Výrubnost, nad úrovní dědičné štolý 50-80%, do hloubky rychle klesala.

***Z variantních výpočtů plyne, že rudnina z Hloušeckého pásma vytěžena do 19. století obsahovala nejspíše první desítky tun stříbra.***

#### **Roveňské pásmo**

Roveňské pásmo bylo tradičně řazeno k významným stříbronosným pásmům Kutnohorského revíru. Základní báňsko-historické a ložiskové údaje o tomto pásmu uvádí Kořan (1950, 1988). Podrobně se historii těžby na tomto pásmu zabýval Bílek (1982, 2000b). Geologií úze-

mí studoval Koutek (1966), mineralizaci ve *volném* jižním pokračování pásma u Poličan popsal Kutina (1950). Ložiskové poměry pásma byly shrnuty ve studii Holuba et. al. (1974), výsledky nového vrtného průzkumu pásma uzavřeli Mikuš a Hušpauer (1988, 1995).

Podle Bílka (2000b) bylo Roveňské pásmo v minulosti exploatováno přibližně od bývalé cihelny u Železniční zastávky Kutná Hora-předměstí až 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 Vrchlice. Severní část pásma je téměř celá zastavěna městskou, převážně historickou zástavbou. Lokalizace a studium rudonosných struktur je zde komplikované a technickými pracemi z povrchu neřešitelné.

Jižní část pásma, která byla předmětem nedávného vrtného průzkumu, je na povrchu zřetelná podle dlouhé řady starých odvalů. Bílek (2000b) odhaduje minimální produkci stříbra z Roveňského pásma na 125 t a v optimálním případě až na 175 tun kovu.

Jižní polovina Roveňského pásma je pokryta 30-45 m mocným souvrstvím křídových, terciérních a kvartérních sedimentů. Rovněž severní část pásma je pokryta těmito sedimenty.<sup>17</sup> Bílek (1982, 2000b), podobně jako Kořan (1950), se ve své studii přiklonil k Landsingerově pojetí stavby žilného pásma. Tuto koncepci z konce předminulého století J. Bílek podrobně dokumentoval studiem historických písemných pramenů a terénní rekognoskačí ložiskových indicií. Tato koncepce byla podkladem i pro projekt geologického průzkumu pásma. Při vrtném průzkumu 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 dvojslídnych a svorových rul. Odchylné vložky (amfibolity, mramory, erlány a ojedinele i 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<sup>18</sup>). Kosá struktura, známá z historického studia v oblasti Kralických jam (tzv. Kralická klufta) nebyla vrty zastížena.

Kralická žíla je historicky nejvýznamnější žíloú pásma. Tato žíla je (respektive rudonosná struktura této žíly) 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 ve spodní části zóny či na zpeřených strukturách v těsném nadloží žíly. Žíla 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, mi-

<sup>17</sup> Dědičná štola, odvodňující jižní část pásma do říčky Vrchlice, dosáhla největší hloubky okolo 46 m pod povrchem.

<sup>18</sup> *Kluftou* byly historicky nazývány převážně hluché struktury, dnes většinou označované jako *dislokace*.

argyrit, proustit aj.). Zrudnění je velmi kontrastní. Je vázáno na žilovinu, v okolních alterovaných horninách rudní minerály téměř chybí.

Ze 14 ložiskových vrťů, odvrtných v produktivní části pásma, čtyři navrtaly v zóně Kralické žíly mineralizaci, kterou by bylo možné do počátku 17. století označovat za *bohatou rudu*. Pravá mocnost žilné mineralizace byla v decimetrech, 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.

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 ve vzdálenosti 50-60 m. Dosahuje mocnosti 10-20 m a uklání se pod úhlem 65-70° rovněž k západu. Do hloubky se obě hlavní struktury pásma sblížují. Je pravděpodobné, že v hloubce okolo 800 m splývají.

V nadloží Kralické žíly, ve vzdálenosti 50 m, byly vrty zastíženy 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 zastíženo ze středověkého hlediska zajímavé stříbrnosné zrudnění.

#### **Výpočet - vstupy, rozblokování, výsledky**

Stříbrné zrudnění je vázáno pouze na křemen-karbonátovou žilovinu 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 (vrto Ro 113A). Středověké báňské práce byly vrty prokázány v hloubkách až 150 m. Maximální předpokládaná hloubka starých dobývek je v širším okolí Kralických jam kolem 200 až 250 m.<sup>19</sup> Hloubkový dosah dobývek pro výpočty je uvažován 50-150 m pod hranici sedimentární pokryv-krytalinikum, v okolí Kralických jam 200-250 m (měřeno v ploše žíly).

Celková topografická délka pásma je okolo dvou km. Pro modelové výpočty je severní část pásma uvažována v délce 300-400 m. Délka Kralických 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 o sumární délce 400-800 m. Mocnost mineralizace na Kralické žíle uvažují 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, zvláště v okolí Kralických jam. Zde byl pravděpodobně vyvinut výraznější rudní sloup. Výrubnost rud na hranici pokryv-krytalinikum byla podle výsledků těžby v 16. století vysoká, určitě kolem 70-90%. Do hloubky pochopitelně klesala. Pokles výrubnosti byl na druhé straně kompenzován selektivním dobýváním nejbohatších částí žíly, takže pokles produktivity (celkového množství získaného kovu) nebyl lineární.

---

<sup>19</sup> Bílkovu (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 a pod., lze odhadovat asi na 200 až 250 metrů. ... okrajové doły u Karlova do 100 m.*

Pásmo bylo pro výpočty rozděleno na blok v okolí kralických jam, blok jižního pokračování Kralické žíly, souhrnný blok Petrské klufty a souhrnné bloky 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. Použiji-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 a že toto množství nemohlo překročit hranici 35-45 tun kovu.***

### **Grejfské pásmo**

Grejfské pásmo, nazývané kdysi martinské případně kutenské, probíhá západně od města od ohybu Bylanky směrem na severo-severovýchod kolem nemocnice, vodárny na Ptáku a hřbitova Všech Svatých ke gruntecké silnici. Podle různých starších mapových interpretací pozůstatků po dolování má délku 1,5-2 km. Výchozy žil tohoto pásma byly zakryty až 30-35 m mocnými převážně vápnatými sedimenty křídového stáří a nepravidelnými návěji spraší. V depresích předkřídového reliéfu zůstaly na žilách a v jejich blízkém okolí zachovány reliktu druhotných stříbrných rud.<sup>20</sup>

Podle J. Bílka (2000a) bylo grejfské pásmo exploatováno ve 14., 15. a zčásti v 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 hloubek 200-250 m, na některých dolech až 400 m. Ve století 16. byly práce soustředěny na obnovu a těžbu z okolí dolů Hrušky a Višně. Do stejných míst byly situovány i průzkumné báňské práce na konci 19. století. Mimo primárních rud je ve starých relacích uváděna těžba stříbrnosných zvětralin. Nové informace o stavbě krystalinika a výskytech rudonosných zón přinesly mapovací vrty (Mikuš-Hušpauer 1988).

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.*

### **Výpočet - vstupy, rozblokování, výsledky**

Ložiskové poměry pásma zpracoval J. Bílek (2000a). U jihozápadního okraje pásma vydě-

---

<sup>20</sup> Zvětralinové rudy stříbra, při větrání obohacené či ochuzené, vznikaly v kutnohorském revíru před transgresí moře ve svrchní křídě, tj. před 95 miliony let. Při větrání sulfidů jsou sloučeniny stříbra velmi málo rozpustné ve vodě a hromadí se v drobných depresích plochého reliéfu v podobě stříbrných černí. Jejich hlavním Ag minerálem bývá akantit ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ). Hojně bývají v těchto residuích úlomky křemene a dalších minerálů. Sediment bývá tmelen hydroxidy Fe a Mn (Erckerovy černě a hnědě prorostlé rudy stříbra). Tyto rudy nebyly hutněny obvyklým způsobem, ale po vypražení *zoloňovány*, tj. přímo redukovány a rozpouštěny v roztaveném olovu. Nerozpouštěný odpad byl hutněn s ostatními rudami.

V geomorfologicky členitějším terénu ve vlhkých obdobích za přítomnosti snadno větrajících minerálů Fe (pyrotin, arzenopyrit) je Ag rozpouštěno ve větráním vzniklém roztoku kyseliny sírové a síranů železa. Je přenašeno do hlubších částí žíly a v místech s nedostatkem kyslíku v roztoku je opět v různé formě vysráženo. Svrchní oxidační zóna je tak o stříbro ochuzována a spodní cementační zóna je jím obohacována. Toto obohacení vertikálně končí na hranici stagnující spodní vody, tj. na území Grejfského pásma v hloubce 10-20 m pod hranicí sedimenty/krystalinikum.

luje skupinu dolů *nad trúbami a nad erby*, dále doly přibližně ve středu pásma v okolí bývalého kostela sv. Martina a skupinu dolů *Na Ptáku* (u vodárny) s významným dolem Višně. Na severním okraji pásma byly doly hruškovské skupiny. Ke grejfskému pásmu řadí J. Bílek 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.

Při rozdělení pásma na modelové výpočetní bloky vycházím z výše uvedeného Bílkova dělení. 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 grejfské 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, nečastěji 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 těžných rud je předpokládána v intervalu 300-800 g/t Ag, plošná rudonosnost 15-30%. Maximální dosah dobývek 150-200 m, výrubnost 50-80%. Dále jsou do výpočtu zahrnuty dvě vedlejší žíly o sumární délce 200-500 m, mocnosti 10-20 cm, kovnatosti těžných rud 300-800 g/t Ag, plošné rudonosnosti 10-20%. Maximální dosah dobývek je uvažován 70-100 m, výrubnost 40-70%. Odvodnění dědičnou štolou od Bylanky v hloubce 10-30 m, mocnost sedimentárního pokryvu 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 přibližně délku 500 m a místy šířku až 200 m.<sup>21</sup> Dobývány zde byly žíly Grejfská, Mišpulská a několik drobnějších žil. Ve svrchních částech žil byla údajně častější přítomnost stříbrnosných rud, ojediněle i ryzího stříbra. Rudnina byla převážně kyzová s převahou pyritu a s hojným pyrothinem (kyzovitá a fryšovitá), dále s vtroušeninami a prožilky galenitu a neodlišovaného tetradritu.<sup>22</sup> Sfalorit (blejno), i když zde byl přítomen v podstatné míře, většinou nebyval zvlášť uváděn. Byl považován za součást kyzových rud. Žilovina byla křemenná, místy s karbonáty.

Z dolu Kocoury Bílek (2000a) uvádí těžbu zvětralín - *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 výpočet jsou použity následující údaje: Hlavní žíla - délka 400-500 m, mocnost 10-30 cm, kovnatost těžných rud 300-800 g/t Ag, plošná 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 těžných 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 před-

---

<sup>21</sup> Rozsah haldičkami a pinkami porušeného terénu, zaznamenaný ve starých mapách na Grejfském pásmu, bohužel nevyovídá o velikosti těžby, ale vypovídá o rozsahu starého báňského průzkumu. Území je pokryto křídovými sedimenty, které bránily povrchovému sledování rudonosných struktur. Proto bylo nutné v důlním poli kopat šachtice a v měkkých kaolinizovaných horninách krystalinika pod bázi sedimentů razit vyhledávací překopy a případné sledné chodby. Rubanina byla haldována na povrchu, na rozdíl od hlubších dolů, v nichž byla zčásti používána jako základka vytěžených prostor. Cílem báňské prospekce nebyly jen žíly a žilky primárních rud, ale i drobné residuální polohy *stříbrných černí*. Ty, podle zkušeností ze Skaleckého pásma (Bílek 2000f), obsahovaly v polohách dlouhých do 10 m, širokých do metru a mocných v prvých decimetrech i několik set kilogramů stříbra. Takováto nahromadění drahého kovu nehluboko pod povrchem představovala v době posledních Přemyslovců nevídané bohatství. Mohla být i příčinou legendárního *sběhu na kutnu*. Ostatně i důl Kuttna je lokalizován ve východní části Grejfského pásma a podle Bílka (2000a) těžil v předhusitských dobách bohaté zvětralinové rudy.

<sup>22</sup> Tetradrit nebo miargyrit mohly být součástí rudy zvané *pletle*.



sedimentačního reliéfu lze zvláště na Grejfské hlavní žíle předpokládat relikty 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 tudy, *vitruňky*. 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) po asi 250 m 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 maximálně 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 strukturální analýzy (Holub at 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 (Bílek 2000a) 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 dolům 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 prokřemenělými hydrotermálně alterovanými horninami s jednou až dvěma polohami kyzů (převládá pyrit s markazitem, sfaleritem, zčásti s arzenopyritem a pyrrotinem). Galenit byl přítomen v podobě vtroušenin a drobných žilek. Podle chemických analýz (šedých či světlých) kyzů byl v rudě místy přítomen tetradrit a snad i miargyrit (obsahy Ag v řádu 0,X%). 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.<sup>23</sup> Dalších 100-120 m mělo mocnost a pravděpodobně obsahy stříbra dostačující pro těžbu ve 14. století. Tyto údaje o lineární rudonositosti 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 upadající 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 rudonositost mimo rudní sloup 15-30%, v rudním sloupu 60-80%. Maximální dosah dobývek v rudním sloupu 400-450 m, v jeho okolí 200-250 m. 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 (Mišpulská žíla je zahrnuta do následující skupiny dolů). Mocnost vedlejších žil 10-20 cm, kovatost těžených rud 300-800 g/t Ag, plošná rudonositost 15-30%, maximální dosah dobývek 100-150 m, výrubnost 40-70%. Dědičná

<sup>23</sup> Těžba kyzů, jejich pražení v kolínské chemičce a následné přidávání výpražků - s vítáním vysokým obsahem železa - do taveb v příbramské huti.

žstola 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 povrch krystalinika. Ruda vytěžená z nevýznamnější skupiny dolů obsahovala nejspíše vyšší desítky tun stříbra, nemohla však překročit 120-150 tun kovu.

Východněji na komplex dolů Višeň-Hrušky navazovala skupina dolů u kostela Všech Svátých. 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 (cementační pásmo podle Bílka 2000), ale v 16. století se zde převážně dobývalo jen kaňkoví s očky a kyzy o mocnosti několika centimetrů. Na dole Benešov se těžily zmrsky a glancovité (galenitové) rudy s červencem (pyrargyritem) 3 cm mocné, na Mišpuli rudy s ředinami anebo zmrsky 20 cm mocné atd. V relacích z druhé poloviny 16. a počátku 17. století je pozornost věnována galenitovým rudám, jejichž mocnosti jen zřídka překračovaly 10 cm. Údajná Mišpulská žíla byla zastížena koncem 19. století na východním konci překopu III. obzoru Grejfské jámy. Složení rud bylo obdobné žíle Hlavní a její mocnost byla v decimetrech. Mišpulská žíla byla v této skupině dolů dobývána do hloubek kolem 200-250 m.

Vstupy do výpočtu: Mišpulská žíla - délka 400-600 m, mocnost žíly 10-30 cm, kovnatost těžných 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, i s přihlédnutím k těžbě sekundárních stříbrných rud, vytěženy vyšší desítky tun, snad mírně nad sto tun kovu. Celkové množství nemohlo překročit hranici 200 tun stříbra.***

### Oselské pásmo

Oselské pásmo bývalo, podle kutnohorské tradice počínající Mikulášem Dačickým z Heselova, legendami o stříbrném bohatství opředenu skupinou dolů. Představu bohatství později umocňovala i přítomnost nevýznamnějších kutnohorských staveb - chrámu sv. Barbory přímo ve středu pásma a Hrádku 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 v polovině 16. století, brzy po převzetí dolů panovníkem. Z tohoto nejstaršího období je nedostatek listinných pramenů, který by umožňoval montanistickou a ložiskovou rekonstrukci (Bílek 2000e).

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.<sup>24</sup> Délka tohoto bloku je přibližně jeden kilometr. Pravděpodobně tektonicky podmíněné údolí Vrchlice odděluje Oselské a Roveňské pásmo.<sup>25</sup>

Výchozy žil Oselského pásma jsou přímému pozorování nepřístupné nejen pro povrchovou zástavbu, ale i pro desku vápnitých pískovců křídového stáří spočívající na horninách krystalinika. Do prostoru tohoto intenzivně dobývaného a pravděpodobně silně mineralizovaného bloku směřují severojižní, zčásti mineralizované struktury Grunteckého a Hloušeckého pásma,<sup>26</sup> dále od jihu struktury směru SZ-JV, zčásti paralelní s průběhem krystalinických hornin, jejichž foliace jsou rovněž výrazným strukturálním prvkem území.

Ložiskovými poměry Oselského pásma se naposledy zabýval J. Bílek (1984, 2000e), který

<sup>24</sup> Obě příčné, geomorfologicky se projevující struktury, stejně jako směry údolí Vrchlice dosud nebyly brány v úvahu při strukturální analýze Oselského pásma.

<sup>25</sup> 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 zmíněn prudký ohyb k východu.

<sup>26</sup> Pod městskou zástavbou na pár set metrů mizící pozorování.

odmítl názor uvedený in Holub et al. (1974), že hlavní rudní těleso Oselského pásma je vyvinuto v okolí průniků Jelitské klufty přibližně směru SV-JZ se severojižními strukturami Oselského pásma. Na základě archivních materiálů, zejména Práškovy relace z roku 1531, předpokládal, 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 mírněji 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 části oselského pásma.

V jižní části Oselského pásma, mezi údolím Bylanky a kostelem sv. Trojice, vrty zastihly (Mikuš-Hušpauer 1988) několik metrů mocné polohy hydrotermálně alterovaných hornin krystalinika v zónách mocných okolo 100 m a celkově sledujících směr a míry i sklon horninových průhů.<sup>27</sup> Významnější mineralizace zastížena nebyla, nebyly však nalezeny ani výrazněji diferencované anomálie primárních aureol, které indikují přítomnost ekonomicky zajímavé mineralizace. Struktura, pracovníčně označená jako Jelitská klufta, odpovídá průběhu Oselské hlavní žíly v Bílkově (2000e) pojetí.<sup>28</sup>

O strukturální 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. Považují za poctivé říci, že k strukturální a ložiskové analýze nejobohatšího bloku Oselského pásma chybí odpovídající podklady. Lze zde pouze použít analogií, na příklad s průstupem Hlavní a Benátské žíly (tzv. Špitálská žíla) Staročeského pásma a dalších znalostí o vývoji rudních sloupů v lépe známé severní části revíru.

Bílkem (2000e) shromážděné údaje o směrech vortů a směrech dobývané mineralizace<sup>29</sup> v nich nedokazují průběh předpokládané hlavní žíly oselského pásma, dokazují pouze vysokou četnost mineralizovaných struktur tohoto směru. Při Bílkem uváděném sklonu této žíly (65° k SZ) je pravděpodobné, že byly dobývány zpeřené tahové mineralizované struktury paralelní s uložení a foliací hornin okolního krystalinika.<sup>30</sup>

Minerální výplň žil Oselského pásma je podle Bílka (2000e) tvořena zejména křemenem a vápencem s převážně vtroušeným a místy i jadrným 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 zvlášť závratných, totiž kolem 500 a výjimečně kolem 1000 g/t Ag.

<sup>27</sup> Celkem byly zastíženy dvě obdobné zóny. Západnější hydrotermálně alterovanou zónu považují autoři za žílu Kaveckou.

<sup>28</sup> Názvy žil mají v prvé řadě topografický význam a pocházely většinou od jam či jiných důlních děl, jimiž byly dobývány. Název Hlavní žíla Oselského pásma je novodobého data. Naproti tomu přímková extrapolace žil i do vzdáleného okolí je starou prospektorskou metodou, krásně ilustrovanou Peitherovou (1780) mapou žil v okolí Jihlavy a dnešního Havlíčkova Brodu. Že při korelaci žil lze snadno zabloudit v kruzích logických soudů a rozfáraných zón svědčí příběh zapomenutého rudního sloupu na Láskovské žíle (Holub 2009). V případě Bílkovy nové koncepce stavby Oselského pásma stačí jednoduchý prostorový náčrt, z kterého je zřejmé, že severní odříznutý sloup Bílkovy hlavní žíly má opačný sklon (upadá k severovýchodu), než je průběh dobývek podle Práškovy relace.

<sup>29</sup> Pro ložiskovou strukturální analýzu znalost směrů planárních strukturálních prvků nestačí, neboť jejich poloha v prostoru je určena ještě směrem a velikostí sklonu.

<sup>30</sup> Rovněž Bílkova interpretace střední části Práškovy popisu průběhu dobývek jako severojižní dislokace odstrihující hlavní žílu je, vzhledem k podkladům, odvázná. 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.

Podle Vl. Hoffmana a Zd. Trdličky, kteří zpracovali mineralogii Oselského pásma (Holub et al. 1974), se v polymetalických žilách tohoto pásma vyskytují všechny hlavní a vedlejší minerály rud a žiloviny známé i z ostatních žil revíru. Specifický je relativně nižší výskyt arzenopyritu, pyritinu, staninu a staršího chalkopyritu, naopak signifikantní je přítomnost karbonátů Mg a Mn typu, zvláště kutnahoritu. Mikuš a 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, pyrrargyrit a další Ag minerály.* O distribuci mineralizace v ploše žil 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 2000e). 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 2000e). 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 dosáhly při obnově dolování po hušpauerových válkách původních 100-200 metrových hloubek (ojediněle i větších) a byly rychle, zčásti již koncem 15. století, opuštěny z ekonomických důvodů.

#### **Výpočet - vstupy, rozblokování, výsledky**

Základním problémem pro odhad množství stříbra v rudě vytěžené z Oselského pásma je odhad ložiskových parametrů hlavního rudního tělesa mezi doly 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 n. Hodnota směrné délky závisí hlavně na lokalizaci dolu Osel. Přijmeme-li přesvědčivou Bílkovu (2000e) argumentaci, je pravděpodobnější vyšší hodnota.<sup>31</sup>

Mocností převážně zpeřených žil a odžilků, těžných v první polovině 16. století, byly většinou v centimetrech a prvých decimetrech. Vzhledem k pravděpodobné kulisovité stavbě odžilků v okolí průniků rudonosných struktur, sumární těžné mocnosti promítnuté na plochu žil mohly dosáhnout i prvých metrů.<sup>32</sup> Kovnatosti stříbrných rud dobývaných v této době se pohybovaly podle Bílka (2000e) mezi 500-1000 g/t. Rudonosnost plochy hlavního rudního tělesa se mohla pohybovat, podle analogie s rudními sloupy v severní části revíru a 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.<sup>33</sup> Pro vývoj a rozsah mineralizace v dalších částech a žilách<sup>34</sup> pásma mohou být použity výsledky vrtného průzkumu 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 pro-***

<sup>31</sup> Bohužel v článku o ložiskových poměrech Oselského pásma se Bílek (2000e) věnuje především zdůvodňování směru a sklonu jím navržené koncepce oselské hlavní žíly. Opomněl však kriticky zhodnotit informace z dalších dolů pásma, které uvedl ve své zprávě z roku 1964, které by umožnily přesněji definovat vlastnosti zmíněného rudního tělesa.

<sup>32</sup> Srovnání s průnikem Hlavní a Benátecké žíly Staročeského pásma

<sup>33</sup> Analogicky jako na Láskovské žíle Staročeského pásma.

<sup>34</sup> Žíla Čapčošská a její pokračování k JZ (Kavecká) a žíly Maurské.

**dukci z ostatních částí pásma nemohlo množství vytěženého stříbra překročit celkovou hranici 400-500 tun kovu.**

### Diskuze

Pokusím-li se číselně vyjádřit<sup>35</sup> celkové množství stříbra obsažené v rudě vytěžené z hlavních rudních pásem, případně celého Kutnohorského revíru, získávám rozsah hodnot (viz tabulka), který ukazuje pravděpodobné limity produkce drahého kovu. Po odečtení ztrát při úpravě a hutnění (25-30%) je možné výsledky přepočtů srovnat s odhady J. Kořana a J. Bílka.

*Odhad množství stříbra obsaženého v rudě vytěžené z hlavních rudních pásem:*

<i>Množství stříbra v tunách</i>	<i>M. Holub</i>	<i>J. Bílek</i>
Staročeské pásmo	400-650	300
Turkaňské, Rejzské	100-200	?
Hloušecké pásmo	10-30	20
Roveňské pásmo	20-40	125-200
Grejfské pásmo	70-130	240-300
Oselské pásmo	200-400	?
Ostatní pásma	10-50	??
Celkem ca (přibližně)	800-1500	>2500

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 měr, 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 stříbra získaného po roce 1450 odpovídá i odhadu produkce z mých modelových výpočtů a lze je považovat za hodnotu blízkou historické realitě.

Pro dobu předhusitskou vychází Kořanův odhad produkce přibližně ve výši 1300-1500 tun kovu. Odhad vychází z údajů o pronájmech urbury za Jana Lucemburského. Úskalí takového odhadu spočívá ve faktu, že se nejednalo o pronájem budoucí produkce dolů, ale pronájem zisku z ražby mince. Mincovna v Kutné Hoře razila nejen z kovu z místní primární produkce, ale razila i primární kov z ostatních důlních oblastí království. Například produkce dolů z Vysočiny se mohla za Jana Lucemburského pohybovat mezi 1-2 tunami kovu ročně (Kořan 1988).<sup>36</sup> Dále bylo mincováno neznámé množství pagamentu (stříbrného šrotu).

J. Bílek (1985) vyjádřil svou představu časového průběhu produkce stříbra v grafu,<sup>37</sup> v němž se přiklonil k celkovému odhadu produkce snad až 3000 tun. Způsob celkového odhadu neuvádí. V publikacích z let 2000-2002 prezentuje J. Bílek odhady produkce z některých kutnohorských pásem. Z tabulky je patrné, že Bílkovy odhady se od modelových výpočtů liší nahoru i dolů.

V případě Staročeského pásma poznamenává Bílek (2002) pouze u produkce z Benátecké žíly (50 tun kovu), že jde o odhad *podle spolehlivých dokladů o těžbě kyzů*. Způsob odhadu na Hlavní žíle (200 tun kovu) Bílek (2002) neuvádí. Z kontextu plyne, že v případě Hlavní žíly

<sup>35</sup> Převod semikvantitativní (řádové) proměnné na číselné hodnoty je subjektivní a má ilustrativní charakter. Zjednodušuje však diskuzi.

<sup>36</sup> Podle Bílka (1985) ročně získáváno kolem 2 až 3 tisíc kg (stříbra) a později za příznivých okolností i 5 a více tisíc kg tohoto kovu. Množství stříbra z ostatních důlních oblastí tedy činilo při ražbě mince a tím i velikosti urbury významný podíl.

<sup>37</sup> Při používání grafu pozor - časová osa je oproti hodnotám posunuta o sto let.

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 do-  
bývek 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 produkci hutní, snižená o ztráty. Opět z kontextu plyne, že ve většině případů jde  
nejspíše o produkci hutní, tj. důlní produkce byla o ca 30% vyšší.

Při rozdělení žil na bloky obdobných vlastností (pro modelové výpočty - Holub 2009) a při  
uplatnění poznatků získaných při báňském průzkumu pásma (zvláště existence mocných rud-  
ních sloupů v místech strukturních uzlů a stoupání kovnatosti stříbra v kyzech směrem k po-  
vrchu) je možné považovat Bílkův odhad za podhodnocený. Jeho odhad se svou velikostí řadí  
k minimu intervalu pravděpodobné produkce.

Jinou metodu odhadu z historických dat použil J. Bílek pro Roveňské a Grejfské pásmo.<sup>38</sup>  
*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 ro-  
veňském 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 Roveň-  
ského pásma obsahovat před úpravou a hutněním přibližně 150-200 t kovu. Jediný nepřímý  
doklad o velikosti produkce stříbra (ca 400 kg ročně) z jižní části pásma z poloviny 14. století  
uvádí rovněž Bílek (2000b).*<sup>39</sup>

Výsledky modelových variantních výpočtů, vycházející z výsledků vrtného průzkumu a  
z analogie s báňsky ověřenými pásmo, jsou řádově nižší. Limitujícími vstupy do výpočtů jsou  
malá mocnost rudních žil (v decimetrech), vysoká variabilita obsahů stříbra, vysoký kontrast  
zrudnění (tj. vázanost rudních minerálů pouze na žilné struktury, nikoliv i na přeměněné hor-  
niny v okolí žil) a také podstatně nižší kovnatosti *bohatých* 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 rozme-  
zí. Pro stříbrné rudy není spolehlivě ověřena. Na Roveňském a Grejfském pásmu stříbrnosný  
galenit (tj. s tetradritem) tvořil asi 30-70% rudního sloupu, ušlechtilé stříbrné rudy podstatně  
méně, snad maximálně 30-40% (Láskovská žíla Staročeského pásma) a v okolí rudního sloupu  
ještě méně, do 10%.

Pro modelové výpočty produkce je důležité, jakou část geologických zásob starci vytěžili,  
neboli jaká byla výrubnost zásob. Podle Bílka (2000b) se jednalo o *selektivní, do hloubky rych-  
le pokračující způsob dobývání bohatých rudních odstavců a čoček*. Pro alespoň semikvantita-  
tivní odhad výrubnosti je nutné si učinit představu o středověkých a ranně novověkých způso-  
bech vyřízení ložiska, o přípravách těžby a o použitých těžebních metodách. Nejlépe s pomocí

---

<sup>38</sup> Při odhadu produkce z Hloucheckého pásma Bílek již zohlednil výsledky průzkumných vrtů (Mi-  
kuš-Hušpauer 1988).

<sup>39</sup> Cituji: *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 po-  
platků z pronájmu za vrchnostenské lány, musela by produkce stříbra jen na jižním křídle roveň-  
ského pásma dosahovat 2000 až 2500 kg, tj. asi 400 kg ročně.*

třetí až sedmé Agricolyvy knihy o hornictví. Ke kvantifikaci výrubnosti můžeme poté použít Stočesovy *Základy hornictví* (B. Stočes, 1951).<sup>40</sup>

Po nálezu ložiska byly propůjčovány důlní míry, v Kutnohorském revíru zpravidla podle Jihlavského horního práva, po roce 1300 podle ustanovení *Ius regale montanorum* Václava II.<sup>41</sup> Tyto míry, vymežující důlní pole, později nesly názvy dolů na nich vyhloubených. Míry byly pokládány zpravidla směrně, tj. delší stranou rovnoběžně se směrem ložiska. Zvětralé části ložiska byly těženy povrchově a pokud 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 na bázi sedimentů. Šachtice, ve kterých bylo nalezeno zajímavé zrudnění, postupně přerůstaly v hlubší 20-25 m hluboké jámy, vybavené rumpály. Ruda a voda se z hlubin dopravovala v mčích, do jam se vstupovalo po různých *slézacích* zařízeních, jakými byly ostrve, klády se stupami a žebříky. Pokud to lokální podmínky dovolovaly, byly raženy směrné štolý mělce pod povrchem pro odtok vod a pro usnadnění přirozeného větrání. Po úklonu ložiska byla ražena další slepá, na povrch neústící hloubení (hašply) vybavená rumpály. Prostor mezi šachticemi a hloubeními byl propojen slednými chodbami a případně i dobytými. 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.<sup>42</sup> 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 o několika 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 i v historických studiích opomíjené větrání. Kutnohorské doly byly, až na výjimky, proti obecnému mínění suché. Do hloubek několika desítek metrů pod hranici krystalinikum-sedimentární pokryv zasahují jen ojedinělé otevřené vodonosné pukliny a trhliny. Při včasné a řádné podchycení a odvedení 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 nimi docházelo k průvalům stařinových vod.

Pro postup do větších hloubek nájemci důlních měř buď spojovali své síly nebo kapitálově silnější těžaři přebírali propůjčky slabších. Neznamenalo to, že těžařstva z převzatých dolů fy-

<sup>40</sup> Zde považuji za vhodné poděkovat báňským inženýrům A. Dufkovi, mému strýci, který po válce vedl práce na Rejzkém a Turkaňském pásnu, B. Pektorovi, jemuž báňské práce značně zkrátily život, a dlouholetému hlavnímu inženýru RD Kutná Hora J. Bětkovi a *last, but not least* báňskému radovi V. Auerovi. Díky jejich poznatkům jsem si počátkem sedmdesátých let mohl udělat představu o dobývacích postupech starců.

<sup>41</sup> J. Bílek (2000a) popisuje, sice až z poloviny 16. století, plochu Grejfského pásma (délka 1800 m, šířka 100-200 m) pokrytou 100-120 doly s důlními mírami délky okolo 100 m a šířky 30 m položenými paralelně (konkordantně, směrně) s povrchovým průběhem žil. V předhusitských dobách byly důlní míry přibližně dvakrát delší a širší, a to o tzv. královské, městské a panské lány.

<sup>42</sup> 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 odžilký jsou většinou variabilní ve směru a sklonu, jsou většinou 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 měř existovaly v obou případech.

zicky těžila, ale potřebovala jen legalizovat svou těžbu z větších hloubek, z převzatých sousedních důlních polí. Fyzicky opuštěné doly byly 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 delší osou mírně upadající. Ve vertikálním směru tyto čočky často rychle vykličovaly. Podobná situace byla zjištěna i při pokusné těžbě galenitového zrudnění na III. obzoru Grejfské jámy.

V takovýchto případech starci hloubili v rudě po úklonu úpadní díla (hašply) do rumpálové hloubky (20-25 m). Směrně byly hašply od sebe vzdáleny okolo 20 m. Rudu v okolí hašply dobývali převážně odspodu výstupky, a to tak, že *vystavovali* žílu neboli vylámali horninu z jedné či obou stran žíly a poté rudu ve vhodných kusech vylamovali. Prožilky a vtroušeniny v okolí žil (*kaňkovi*) dobývali jak se dalo, podle konkrétních podmínek, pokud možno ve větších kusech, aby byly zmenšeny ztráty.

Z krajního hašply směrem po úklonu osy čočky razili slednou chodbu a z ní opět hloubili další hašply (rudu nad chodbou opět dobývali výstupky). Mezi hašply ponechávali pilíře s chudší rudou nebo hlušinou. V některých případech, jak bylo možné pozorovat na Staročeském pásmu, pilíře byly nahrazeny dřevěnými povaly a hraněmi s pečlivě vyrovnanými kameny budujícími zděné pilíře. Vytěžené hašply sloužily i jako odpadní jámy pro vše nepotřebné. Do hloubky se tak postupovalo po nejbohatších částech rudních sloupů, doslova po žílách. Chodby a hloubení byly odvětrávány pomocí ohně. Na několika místech v severní části revíru byly nalezeny ve spodních částech starých dobývek vydřevené chodby, na nichž na jednoduché konstrukci byly ze sena a jílu vytvořeny *lutny* (vzduchovodní potrubí) o světlosti asi půl metru. Na vnitřní straně měly několik cm mocnou vrstvu sazí. Tyto *lutny* mohly sloužit i k odvodu spalin při metodě práce *sázení ohně*.

V rozpojitelných alterovaných horninách však sázení ohně nemuselo být používáno. Navíc zde bylo i riziko spálení a znehodnocení sulfidické rudy. V každém případě se ohněm vytvářel na pracovišti podtlak potřebný pro přívod čerstvých větrů. Spaliny a špatné větry byly poté odváděny výdušnými cestami (chodbami a komíny). Protože vytvořený podtlak byl malý, bylo nutné čerstvé větry přivádět díly o velkém profilu. Měchy se dala ovětrávat jen krátká důlní díla. Proto větrání bylo limitujícím faktorem postupů do velkých hloubek a směrný rozsah současně těžných bloků se do hloubky rychle zmenšoval. Větrání je také důvodem, proč představa desítek dolů a stovek havířů téměř souvisle těžících žíly v hloubkách 100-300 m na Rovenském pásmu je nereálná. Nehledě na postupující problémy s vodami ze sedimentů v nadloží a z Vrchlice při nekoordinovaném postupu jednotlivých těžařů.

Plošná výrubnost se do hloubky proto rychle zmenšovala. Výrubnost kovu se však mohla zmenšovat pomaleji, neboť báňské práce byly vedeny po osách nejbohatších čoček a množství získaného kovu bylo vyšší, než by lineárně odpovídalo vytěžené ploše.

Obdobnou metodu odhadu produkce z počtu dolů zvolil Bílek (2000a) i na Grejfském pásmu. Zde však rozdíl oproti metodě výpočtu zásob v blocích není tak výrazný, neboť J. Bílek vzal v úvahu jednak lineární rudonosnost zjištěnou koncem 19. století na Grejfské jámě, jednak počet skutečně produkujících dolů z celkových propůjček.<sup>43</sup>

O velikosti produkce stříbra z jednotlivých dolů v předhusitské době existují jen ojediněle publikované zmínky (Kořan 1950, 1988, Bílek 2000a), celkové údaje nejsou známy. Pro rozsah těžby v 16. století je, podle J. Bílka, zásadní sumární přehled mincmistra Viléma z Oppersdorfu z roku 1579 z komplexu hruškovsko-višňovských dolů. Mincmistr uvádí, že v letech 1566-1579 za prodanou rudu bylo utrženo zhruba 16.500 kop českých grošů. Podle J. Bílka (2000a) *Centnýř středně kvalitní rudy o obsahu 3 až 4 lotů, tj. cca 850 až 900 g/t Ag, stál při-*

<sup>43</sup> Shodou okolností jsou obě hodnoty mírně nad 30%.



blíže ½ kopy grošů. Hodnotě tohoto příjmu odpovídalo zhruba 33 tisíc českých centnýřů neboli 2000 tun rudniny se 1700 až 1800 kg stříbra. Na Hruškách a Višních se intenzivně dobývalo až do roku 1586, lze jejich úhrnnou těžbu v daném období odhadovat asi 3000 tunami rudniny s 2600 kg stříbra.<sup>44</sup> Vedle Hrušek a Višni byly v provozu další doly, jejichž produkce se pohybovala, podle dochovaných zpráv, kolem 2 až 3 Ctr týdně, čili 6 až 10 tun ročně. Za předpokladu, že z celkového počtu propůjčených měř skutečně těžilo asi 20 dolů mezi 60. až 80. léty a 15 dolů na sklonku 16. století a konečně asi 10 na začátku 17. století průměrně 2 Ctr přibližně 2-3 lotové rudy týdně, činila jejich celková produkce asi 10.000 tun rudy s ca 7000 kg stříbra. Poté J. Bílek uzavírá, 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.<sup>45</sup>

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.

Při extrapolaci však J. Bílek neredukoval množství propůjček na množství skutečně těžících dolů. Pokud těžilo zhruba 50% dolů z celkového počtu propůjček v předhusitském období, byly by výsledky obou odhadů srovnatelné.

J. Bílek (2000a) 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.

Tento 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 předpokládá, 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.<sup>46</sup> Rubaninu z technologicky nutných příbirek v chodbách, hašplech a dobývkách považuje za rudu se stejnou průměrnou kovnatostí, jakou měla ruda z žiloviny.<sup>47</sup> Rozsah dobývek na dalších žilách považuje v sumě za obdobný

<sup>44</sup> Interval 1566-1579 není 13 ale 14 fiskálních let - výsledné množství tun rudniny je pak okolo 2500 t. Těžba však mírně pokračovala, takže Bílkovo množství lze přijmout pro další úvahu.

<sup>45</sup> Český centýř = 61,68 kg, česká libra = 514,37 kg, 4 kventlíky = 1 lot = 16,05 g. Kovnatost jednoho lotu stříbra na centýř rudy je přibližně 260 g/t. Průběžně se měnící kovnatosti vycházející z odhadu nekomentuji, je to drobnost oproti níže diskutovaným problémům.

<sup>46</sup> Víceméně souvislé vydobytí zrudněných úseků lze v Kutnohorském revíru předpokládat, v závislosti na místních hydrogeologických podmínkách, do hloubek okolo 50-100 m, čili do jedné až dvou rumpálových hloubek (hašply - 20-50 m). Tyto hloubky byly v dosahu přirozeného větrání. Proudění vzduchu za nevhodných klimatických podmínek (jaro, podzim) se pomáhalo ohni ve svislých dílech - komínech. Při větších hloubkách bylo nutné již složitě větrné hospodářství, neboť dostatek vzduchu na pracovišti byl limitujícím faktorem pro produktivní práci v podzemí.

<sup>47</sup> Pokud by okolí žíly mělo obdobnou kovnatost jako vlastní žíla, bylo by považováno za rudu a jako ruda těženo, nejednalo by se o přibírky. Pokud je přibírána okoložilná hornina z důvodů dosažení potřebné šíře díla, je získaná rubanina považována za rudu v případě, že její kovnatost stačí na úhradu nákladů na úpravu a hutnění. Pokud rubanina z přibírky nemá potřebnou kovnatost, je považována za hlušinu. Mimochoodem - v druhé polovině 16. století bylo (Ercker 1574, 1974) pro potřeby nákupu rudy do hutí analyzováno týdně několik set vzorků.

žíle hlavní.<sup>48</sup>

Pokud vstupy do Bílkova výpočtu upravíme podle uvedených připomínek, dostaneme jednu z variant výpočtu uvnitř hranic uvedených v tabulce. Je tedy možné diskutovat o produkci z Grejfského pásna uzavřít tím, že J. Bílek svým výpočtem potvrdil přehnaný předpoklad o velikosti předhusitské produkce z tohoto pásma.

Pro odhad celkové produkce stříbra z Kutnohorského revíru má zásadní význam Oselské pásmo. Bohužel těžba na tomto pásmu, zvláště jeho nejhlubší a nejbohatší části mezi doły Osel-Rousy-Flašary-Čapčoch, byla ukončena v polovině 16. století. Zachovalo se jen málo spolehlivých informací pro solidní rekonstrukci strukturních a ložiskových poměrů. Z modelových výpočtů, které vycházejí z představy bohatého rudního a strukturního uzlu v uvedeném prostoru, plyne, že horní hranice produkce z tohoto úseku byla mezi 350-400 tunami kovu v rudě a že z celého pásma jen stěží mohla překročit 450 tun. Nejpravděpodobněji produkce byla v intervalu 200-400 tun stříbra v rudě.

Sumární produkce z ostatních žil a pásem, jakkoli legendární, pravděpodobně byla maximálně v středních desítkách tun kovu.

### Závěr

V druhé polovině dvacátého století rozsáhlý historický výzkum, geologický průzkum a výzkum, stejně jako těžba zinkových rud přinesly řadu poznatků, které jsem se pokusil použít k odhadu množství stříbra obsaženého v rudách vytěžených v Kutnohorském revíru do počátku 19. století. K odhadu jsem použil metody výpočtu zásob nerostných surovin. Vzhledem ke značné nehomogenitě vstupních dat v prostoru a čase jsem zvolil variantní modelové výpočty se vstupními daty v mezích daných znalostmi vlastností ložiska. Výsledky na jednotlivých pásmech jsou řádovou proměnnou a jsou vyjádřeny slovně. Sumarizace v diskuzi a závěru je sice uvedena číselně, ale opět se jedná o řádovou proměnnou u níž nelze přesněji definovat chybu odhadu. To ostatně platí i o údajích autorů citovaných v diskuzi.

Celkový odhad produkce stříbra vycházející z modelových výpočtů je nižší, než tradiční Kořánův odhad. Vezme-li se v úvahu, že vycházel z velikosti pronájmu urbury, do níž se v době předhusitské promítla pravděpodobně i produkce z dalších stříbrnosných oblastí a z ražby pagamentu, není rozdíl již tak výrazný. Pro dobu pozdější můžeme za směrodatný považovat Bílkův (1985) odhad produkce z dokumentovaného počtu propůjek a velikostí těžeb některých dolů. Tento odhad je nejspíše mezi 400-500 tunami stříbra. Z kontextu Bílkovy práce (1985) plyne, že odhad se týká nejspíše množství stříbra ve vytěžené rudě. Na předhusitské období zbývá méně než 1000 tun kovu obsaženého ve vytěžené rudě.

---

Obecně bilanční či plošná rudonosnost konkrétní žíly je funkcí přírodních, technologických a ekonomických podmínek v daném místě a v dané době. U žil menší mocnosti, než je minimální technologická šíře dobývky, je základní veličinou součin mocnosti a kovnatosti žíly (metrprocento). Z údajů uvedených v Kořanových a Bílkových publikacích lze soudit, že v druhé polovině 16. století, mírně pod úroveň dědičných štol v místech s dobrým odvodněním a větráním, se minimální mocnost bilanční rudy pohybovala mezi 5-10 cm při kovnatosti Ag okolo 300 g./t. To platilo pro hlavní a další žíly, v jejichž okolí byly měkké a snadno rozpojitelné hydrotermálně rozložené horniny. Pro hlubší části dolů ekonomicky potřebná mocnost rostla dvakrát až třikrát. Pro vedlejší žíly a odžiky bylo potřebné metrprocento vyšší, v závislosti na rozpojitelnosti okoložilných hornin. S tímto ekonomickým faktorem, mineralizačně geneticky zesíleným, souvisí i nižší plošná rudonosnost vedlejších žil. Proto i rozsah starých dobývek je na vedlejších žilách nižší, než na hlavních žilách (Holub et al. 1974, 1982)

<sup>48</sup> Vedlejší žíly mají nižší plošnou rudonosnost, nižší mocnosti rudy a menší rudní sloupy, než žíly hlavní. Bývají méně souvisle vytěženy, mají tedy nižší výrubnost.

## Literatura

- Bernard, J.H. 1953: Geochemie Rejzského a Turkaňského pásma u Kutné Hory. - *Rozpravy České akademie věd*, 63, 1-59.
- Bílek, J. 1962: Historický výzkum Grejfského pásma. - *MS, Geofond Kutná Hora*.  
- Historický výzkum Oselského pásma. - Dílčí zpráva. - *MS, Archiv Rudných Dolů Kutná Hora*.
- 1969, 1971, 1972: Historický výzkum Staročeského pásma. - Díl I.-III. - *MS, Geofond Kutná Hora*.
- 1982: Historický výzkum Roveňského pásma. - Díl I.-III. - *MS, Geofond Kutná Hora*.
- 1985: Historický přehled dolování v kutnohorském revíru do založení závodu RD Kutná Hora. - *In: F. Orasý a kol., Tisíc let kutnohorského dolování a mincování. - Kutná Hora, 21-51*.
- 2000a: Kutnohorské dolování. 1. Grejfské žilné pásmo. - *Kuttna, Kutná Hora*.
- 2000b: Kutnohorské dolování. 2. Roveňské žilné pásmo. - *Kuttna, Kutná Hora*.
- 2000c: Kutnohorské dolování. 4. Hloušecké a Sipecké žilné pásmo. - *Kuttna, Kutná Hora*.
- 2000d: Kutnohorské dolování. 5. Staročeské žilné pásmo. - *Kuttna, Kutná Hora*.
- 2000e: Kutnohorské dolování. 7. Oselské žilné pásmo. - *Kuttna, Kutná Hora*.
- 2000f: Kutnohorské dolování. 8. Skalecké žilné pásmo. - *Kuttna, Kutná Hora*.
- Duda, J. et al. 1967: Úvodní studie geologického průzkumu - Kutnohorský revír. - *MS, Geoindustria Jihlava*.
- Ercker, L. 1574: Beschreibung aller fürnemisten mineralischen Ertzt und Berckwercksarten... - *Prag* (česky: *Knihy o prubřívství - Národní technické muzeum, Praha 1974*).
- Hak, J. - Novák, F. 1970: Zoning and vertical extent of the ore mineralization in the Kutná Hora ore district. - *In Sborník: Problems of hydrothermal Ore Deposition, 164-167, IADOG, Praha*.
- Hoffman, Vl. et al. 1982: Gruntecké pásmo v severní části kutnohorského revíru. - *Geologický průzkum*, 20, 65-67, Praha.
- Holub, M. 1975: Faktory ovlivňující lokalizaci zrudnění v severní části Kutnohorského revíru. - Kandidátská disertační práce. - *MS Geofond Praha*.
- 1989: Modelování konvatosti okrajového vzorku rudních ložisek. - *Geologický průzkum* 12, 370-372, Praha.
- 2002: Pokus o odhad množství síry a arzeny obsaženého v rudách drahých a barevných kovů vytěžených v Čechách a na Moravě do poloviny devatenáctého století. - *Uhlí-Rudy*, 4, 21-26, Praha.
- 2005: Nakolik chudé, stříbro obsahující rudy mohly asi zajímat prospektory v polovině 13. století v okolí Krucemburku - poznámka ložiskového geologa ke stati: Jiří Doležel: *Cruciburgensis monetae magister: několik poznámek k problému jeho identifikace*. - (*Archeologické rozhledy* LVI - 2004, seš. 2, 401-416). - *Archeologické rozhledy* LVII - seš. 3, 573-580.
- 2009a: Kutnohorský ložiskový apendix. - *In: Příspěvky k dějinám dolování stříbra 3. - Kutnohorský - vlastivědný sborník 11/09. Kuttna, Kutná Hora*.
- 2009b: „Zapomenutý“ sloup stříbrné rudy na rudonosné struktuře Láskovské žíly. - *In: Příspěvky k dějinám dolování stříbra 3, Kutnohorský - vlastivědný sborník 11/09. Kuttna, Kutná Hora*.
- 2009c: Odhad množství stříbra obsaženého v rudě vytěžené ze Staročeského pásma. - *In: Příspěvky k dějinám dolování stříbra 3, Kutnohorský - vlastivědný sborník 11/09. Kuttna, Kutná Hora*.
- Holub, M. - Hoffman, Vl. - Trdlička, Z. - Soukup, B. - Bílek, J. 1974: Kutnohorský revír - mineralogická, geochemická, strukturní a ložisková studie - Závěrečná zpráva. - *MS, Geoindustria Praha, závod Jihlava*.

- Holub, M. - Hoffman, V. - Trdlička, Z. 1978: Chemický charakter rudních žil a jejich primárních aureol v severní části kutnohorského revíru. - *Informační zpravodaj Ústavu nerostných surovin, 4, 1. Kutná Hora.*
- Holub, M. - Hoffman, V. - Mikuš, M. - Trdlička, Z. 1982: Polymetalická mineralizace kutnohorského revíru. - In: *Sborník geologických věd - řada LGM, 69-124, Ústřední ústav geologický, Praha.*
- Holub, M. - Mikuš, M. 1984: Stanovení minima průzkumných vrtů pro kategorizaci zásob v kutnohorském revíru. - *Geologický průzkum 2, 37-38, Praha.*
- Hušpauer, M. - Mikuš, M. 1989: Závěrečná zpráva úkolu Kutnohorský revír - severní pokračování revíru. - *MS, Geofond Praha.*
- Hušpauer, M. - Mikuš, M. 1996: Rebilance výhradních ložisek ČR - Ložiska kutnohorského rudního revíru - *MS, Geofond Praha.*
- Kolektiv 2003: Rudné a uranové hornictví České republiky. - 645 str., ANAGRAM, Ostrava.
- Kořan, J. 1950: Dějiny dolování v rudním okrsku Kutnohorském. - *Geotechnica 11. Praha.*
- Kořan, J. 1988: Sláva a pád starého českého rudného hornictví. - *Hornická Příbram ve vědě a technice, zvláštní tisk, 250 str. Příbram.*
- Koutek, J. 1966: Geologie kutnohorského rudního obvodu. - *Sborník Oblastního muzea Kutná Hora, řada B, 8-9, 80 str., Kutná Hora.*
- Kutina, J. 1950: Chemismus rudních žil ze štoly sv. Antonína Paduánského od Poličan u Kutné Hory na základě spektrálních analýz. - *Rozpravy II. třídy České akademie, 59, 1-25.*
- Majer, J. 2004: Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezku. - 255 str., Libri, Praha.
- Leminger, E. 1912: Královská mincovna v Kutné Hoře. - *Praha (reprint Kuttna, Kutná Hora 2003).*
- 1924: Královská mincovna v Kutné Hoře. Dodatky. - *Praha (reprint Kuttna, Kutná Hora 2003).*
- Mikuš, M. - Hušpauer, M. 1980: Závěrečná zpráva úkolu Kutnohorský revír - Staročeské pásmo. - *MS, Geofond Praha.*
- Mikuš, M. - Hušpauer, M. 1988: Závěrečná zpráva úkolu Kutnohorský revír - Podloží křídly. - *MS, Geofond Praha.*
- Mikuš, M. - Hušpauer, M. 1995 Rebilance zásob ČR, II. fáze, Kutnohorský revír. - *MS, Geofond Praha.*

## ÚVAHY O VÝROBĚ A VYUŽÍVÁNÍ OLOVA V EVROPĚ V LETECH 1250 AŽ 1860.

Václav Štefan

Ve sborníku *Antiqua Cuthna 2*, 2006 (Praha 2007) byl na stranách 141 až 149 publikován článek M. Holuba: *Pokus o srovnání modelové produkce stříbra v hlavních revírech Českého masivu s obsahy olova v sedimentech šumavských jezer*. Tento článek, obsahující nový a tematicky velmi zajímavý názor ložiskového geologa na vazby mezi zpracováním stříbrných rud a sedimenty olova ve vyjmenovaných lokalitách, jsem pozorně přečetl. Graf dvacetiletých součtů modelové produkce stříbra v hlavních českých revírech, pokud je mi známo, poprvé prezentuje přehledným způsobem časovou i hmotovou souvislost výroby stříbra. Ale i o přečtení celého článku jsem nepochopil, proč je množství olova v sedimentech šumavských jezer přímo spojováno s výrobou stříbra v těžebních oblastech Kutná Hora, Vysočina, Jáchymov, Blanicko a Příbram. Nepochopil přesto, že přímá souvislost rozsahu produkce stříbra a množství sloučenin olova ve spadech je při pohledu na graf č. 1 zřejmá a přesvědčivá.

Protože jde o aspekty nové a nejen mně dosud neznámé teorie o přesunu částic olova vzduchem, očekával jsem rozsáhlejší zdůvodnění a podpůrné důkazy. Také bych rád poznal metody prokazování jmenovitých zdrojů polévatých částic olova. S tím souvisí vyjmenování technologických kroků pyrometalurgického zpracování stříbrných rud, které jsou považovány za zdroje aerosolů. Nevím, zda autor při sestavování grafu koncentračních tříd olova připouštěl možnost podílu na množství spadu i z jiných nejmenovaných těžebních oblastí polymetalických rud v Evropě. I když nemám k dispozici údaje k porovnání produkce jednotlivých středisek, přesto jen pohled na mapku (příloha 2) snad stojí za zamyšlení.

Autor článku, patrně pro nedostatek místa, se nezabývá obecnějším výkladem jevů přesahujících geologii a historickou montanistiku. Seznam pyrometalurgických kroků, při kterých uniká olovo do ovzduší, je maximálně zjednodušen. Použité příklady podílu olova a jeho funkce při výrobě stříbra přesně odpovídají citaci autorů (*Kořan 1988, Ercker 1574*). Ale komentář k těmto citacím o podílu rudy a olova je nejasný a může být i zavádějící. Například citace: *bylo potřeba 50 kg olova na 1 kg stříbra a olovo nebylo regenerováno*, ve spojení s další citací: *celkové odhady produkce stříbra v českých zemích od poloviny 15. st. do třicetileté války, doplněné o vyšší odhady z Krušných Hor, jsou okolo 2500 tun stříbra*. Vynásobením obou hodnot se dojde k váze 125 000 tun olova které nebylo regenerováno. A k tomu je nutno přičíst úměrné množství olova z nesledovaných etap exploatace stříbra až do roku 1860. Následně citovaný odlišný názor L. Erckera i nespecifikované rozdílné názory E. Lemingera a D. Molendy nedávají možnost se orientovat v problematice provozních ztrát olova.

Během studia článku jsem si postupně uvědomoval možná úskalí jednooborového přístupu. To se obzvláště projevilo v problematice zákonitostí pohybů vzduchových mas Země a jejich vlivu na přenos částic olova.

Během čtení jsem přišel na několik námětů k přemýšlení, také si vzpomněl na skoro zapomenuté stati a články uložené v archivu. Nakonec zůstalo několik obecněji platných otázek a nedořešených problémů:

1. Kudy a jakým způsobem se dostaly částice olova ze jmenovaných těžebních rajonů do šumavských jezer? A proč právě do nich?

Je vůbec možné, při současném stupni poznání, prokázat původ částic a určit množství podíl jednotlivých revírů? Do jaké míry byly využity zákonitosti pohybu vzduchové masy Země? V současném zájmu ekologů jsou zákonitosti cirkulace a šíření cizorodých látek v přirozeném koloběhu. Trvalý zájem a průběžný monitoring je věnován také olovu a jeho sloučeninám. S tím souvisí boom oborové literatury rozdílné kvality.

2. Na základě kterých studií historické pyrometalurgie je odhánění stříbra považováno za hlavní zdroj aerosolu olova v ovzduší a tím i ve spadech? Patří mezi zdroje částic také výroba

olova jako průmyslového kovu? Jak je možné, že v archiváliích jsou zaznamenány nepochopitelně vysoké rozdíly spotřeby olova i u srovnatelných výrobních kroků?

3. Co je vůbec známo o středověkém prubířství-dokimasii? Proč Lazar Ercker přidával k váze rudy 8x až 14x (ale i vícekrát) váhu olova? Může prubířství umožnit lépe pochopit nejasnosti kolem ztrát olova?

4. Kde hledat příčiny rozdílného úbytku olova při získávání stříbra? Jde o matematické chyby při převodu měr a vah, nepřesnost při překladu archiválie nebo jinou příčinu?

5. Jaké vlastně bylo postavení olova jako průmyslového kovu do roku 1860 v Čechách?

Na některé otázky se pokusím reagovat srovnáváním poznatků a názorů získaných v odborné literatuře z meteorologie, historické klimatologie, pyrometalurgie i obecné historie. Jako amatér se snažím svoje názory podpořit citacemi prací profesionálů. Proto je seznam literatury nepfehledně rozsáhlý.

### K první otázce: *Jaká je pravděpodobnost přenosu částic do jezer?*

Při hledání odpovědi používám obecných poznatků o vzdušném obalu Země a o existenci planetární cirkulace vzduchové masy Země. Reálnost dále popisovaných představ i poznatků potvrzují např. opakované starty, ale zvláště úspěšná cílená přistávání kosmických těles. Stále existující *černé díry* ve znalostech zákonitostí ovlivňují stupeň pravděpodobnosti předpovědi počasí, to znamená předpovědi o budoucím pohybu vzduchových mas.

Jsou již doloženy pohyby převládajících vzdušných proudů, způsobující výměnu masy vzduchu mezi oběma póly a rovníkem. A jsou rovněž známy podmínky, za kterých k pohybu a výměně masy dochází. Je uznávána zásada, že výměna masy vzduchu je podmíněna teplotními rozdíly, způsobenými odlišnou intenzitou dopadajícího slunečního záření, silou zemské rotace (Munzar 1989, 48, Coriolisova síla) a nestejnoro-  
dým povrchem Země tvořeným oceány a pevninami. Současnou představu zákonitostí dlouhověké planetární cirkulace představuje názorné schéma (William et al. 1999, 29, 30). Součástí planetární cirkulace je cirkulace atmosférická, vyjadřovaná v pojmech tlakových níží (cyklón) a tlakových výší (anticyklón) s rozdílným směrem pohybu na severní a jižní polokouli.

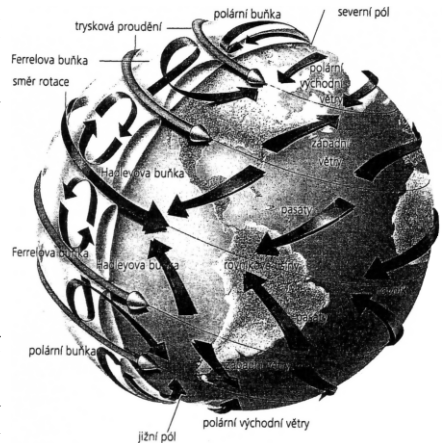
Platí představa, že se tyto masy jako celek pohybují určitým nepřímým směrem a současně celá vzduchová masa rotuje kolem svého středu. Na severní polokouli platí, že v případě cyklony se hmota vzduchu otáčí proti směru hodinových ručiček a v případě anticyklony rotuje obráceně.

Směry pohybu velkých vzduchových mas nad Evropou vytváří současně podnebí (Vitásek 1956, 36-117) a jsou charakterizovány:

mA - mořský arktický vzduch z oblasti mezi Grónskem a Špicberky (způsobuje jarní přehánky)

mP - mořský polární vzduch ze severního Atlantiku (v zimě přináší teplé počasí se sněhem nebo deštěm, v létě chladné a dešťové počasí)

mT - tropický vzduch přicházející od Středozemního moře a z oblasti Azorských ostrovů (v zimě přináší mírné deštivé počasí, v létě teplo s bouřkami)



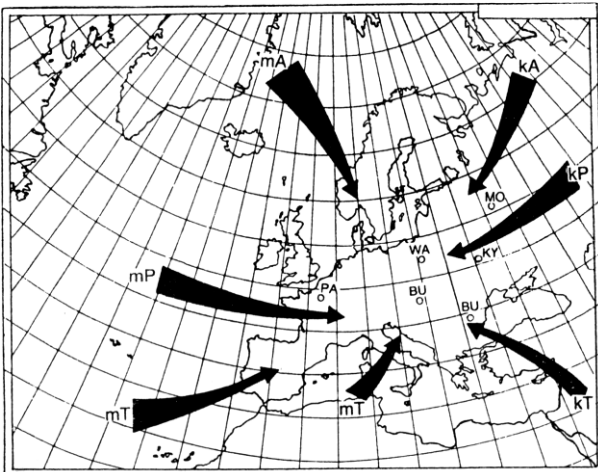
*Představa všeobecné cirkulace atmosféry (William et al. 1999, 21).*

kA - kontinentální (pevninský) arktický vzduch ze severu a severovýchodu evropského kontinentu (v zimě přináší suchý mráz)

kP - kontinentální polární vzduch z Východoevropské roviny (v létě suché horko, v zimě suchý mráz)

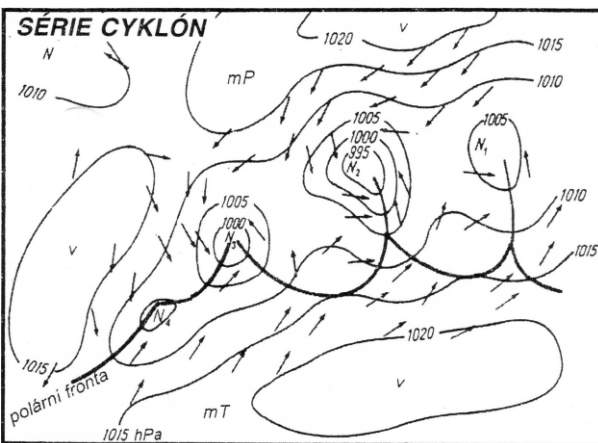
kT - kontinentální tropický vzduch z Balkánského poloostrova a Přední Asie (v létě a počátkem podzimu horké a tropické počasí)

Nejobecněji platí zásada, že pevninský vzduch bývá suchý a mořský vzduch vlhký.



Frontální cyklony většinou postupují zhruba od západu na východ (Kobzová 1998, 225)

Popsané vzduchové hmoty jsou poměrně homogenní a navzájem na sebe působí. Přesune-li se daná vzduchová hmota v rámci všeobecné cirkulace atmosféry ze svého ohniska do jiné oblasti, mění své původní vlastnosti podle nového prostředí. Za základní prvek působení vzduchových hmot je považován rozdíl vzájemných teplot. Pásmo mezi rozdílně teplými frontami se nazývá *frontální rozhraní*. Bývá spolu s informacemi o pohybu výškových větrů (šipky) součástí TV zpravodajství.



Původ a cesty vzduchových hmot do střední Evropy (Munzar et al. 1989, 231).

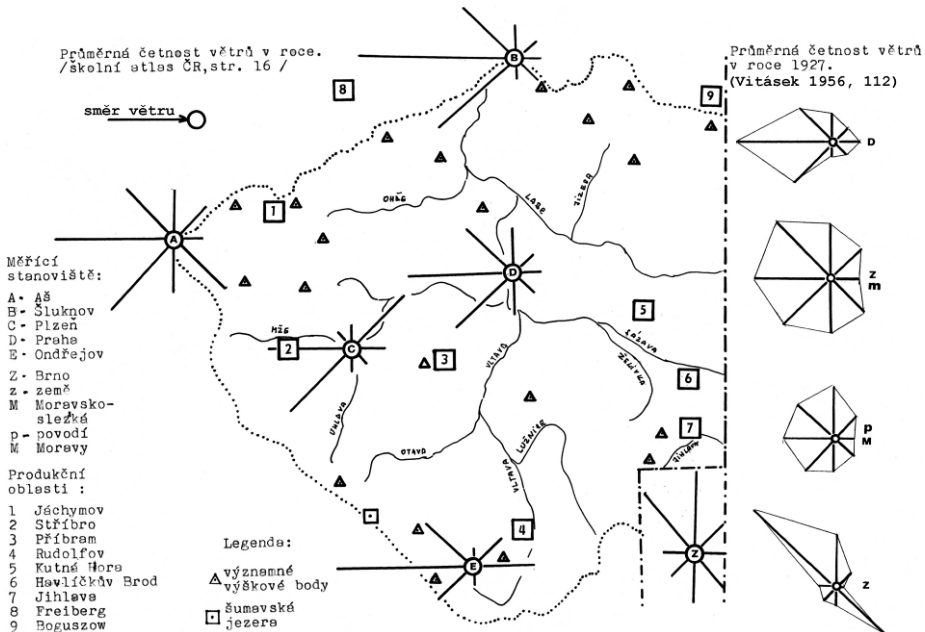
Vzduchové fronty se vyskytují prakticky pouze v troposféře, to je od 0 do 11 km nad terénem, kde ustavičně vznikají, zesilují a přemísťují se z jedné oblasti do druhé, kde slábnou a zanikají. Vznik a zánik je dán pravidly:

- setká-li se studený vzduch s teplým, nadzvedne teplý vzduch na povrchu a nutí jej k výstupu
- je-li vystupující vzduch nasycen vodními parami vzniká v určité výšce kondenzace par a následné srážky. Zde hrají důležitou roli kondenzační jádra, jako prašná zrna, chemické sloučeniny, kouřové a pevné částičky.

Dalším současně působícím jevem, který působí na pohyb masy vzduchu nahoru a dolů, je horizontální proudění, které vychyluje masy vzduchu z vertikální osy (Vitásek 1956, 108-111). Vitásek uvádí průměrnou rychlost větru v Evropě asi kolem roku 1953 takto:

Výška (km)	1	2	5	7	11
Rychlost (m/s)	5,7	8,1	11,0	14,1	19,0

Většina prachových částic a plynů se pohybuje pod výškou 3000 m. Do ovzduší se nejčas-



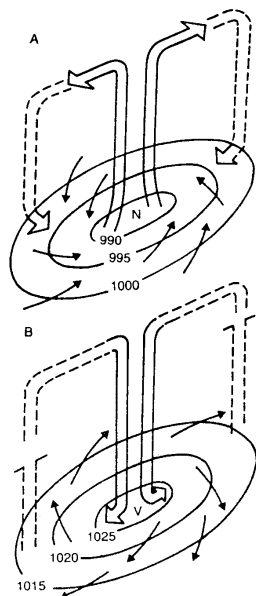
těji dostává z holých, suchých oblastí s minimem vegetace, za horkého počasí, kdy zdvižené velké hmoty prachu nebo i písku rotací vzduchu a výstupným proudem dosahují výšky až 300 m (písečné bouře). V našem mírném pásmu dochází ke zdvižení nestabilní povrchové vrstvy - půdy - aktivní studenou frontou v pásmu širokém až stovky kilometrů a do výše až 3000 m. Při stoupající rychlosti větru s výškou se velmi často vedle rychlosti také mění směr větru. V Čechách je často přízemní vítr jihozápadní, ve výšce nad 1000 m nad zemí západní a ve výšce 2000 m severozápadní.

Na české straně svahů Šumavy a na saském svahu Krušných hor je třeba brát v úvahu relativně teplý a suchý padavý vítr nazvaný föhn. Bývá společným jevem většiny pohoří a Vításek (1956, 124) uvádí, že u nás vane průměrně 11,2 dne. Projevuje se asi takto: je-li z údolí tlakovou níží vysát vzduch, je nahrazen vzduchem vanoucím přes hřeben z druhé strany hor. S tím jsou spojeny změny tlaku a teploty. V horních částech údolí dosahuje föhn často síly víchřice - vysoká teplota způsobuje náhlou oblevu. Přesto, že působí velmi krátkou dobu v roce, je nutno pohyby masy vzduchu brát v úvahu v součtech místních faktorů. (Dvořák 2002, 131-139). Oblast je charakterizována zvýšeným počtem sněhových srážek (ČSN 73 0035 - Příloha II).

Mimo diskuzi zůstaly transfery částic působením přízemních mas vzduchu, granulometrické složení částic úletů, atd.

Ze všech popsaných pravidel chování vzduchové masy na severní polokouli jsou nejdůležitější asi tyto:

a) Vzduchové hmoty se trvale pohybují v rozměrech řádově stovky kilometrů čtverečních; přitom současně mění směr a tvar i rych-



Proudění v tlakové níži (A) a v tlakové výši (B) ve spodních vrstvách atmosféry na severní polokouli (Munzar et al. 1989, 196)



- lost pohybu. Masy vzduchu současně cirkulují, strhávají do sebe částice nebo se jich zbavují.
- b) Nejčastější směr pohybu vzduchové hmoty nad Evropou je převážně západní, jihozápadní nebo severozápadní.
- c) Proudění mas vzduchu z východu, jihovýchodu a severovýchodu je méně časté a klima v Evropě ovlivňuje menší měrou.
- Myslím, že popsané záludnosti pohybu mas vzduchu ani teoreticky neumožňují sledovat pohyby cizorodých částic v nich.

### **Druhá otázka s částečnou odpovědí: Co bylo odhánění olova a jak je to s podílem na úniku aerosolů olova?**

Výraz odhánění olova je používán pro finální výrobní krok výroby stříbra v hutí. V dobách tavby bohatých stříbrných rud jistě šlo o poslední hutnický proces, při kterém byla získána slitina s obsahem více než 90-95% stříbra.

Postupným snižováním kovnatosti tavených rud byly z nutnosti do celého procesu stále více zařazovány postupy a procesy mající charakter koncentrování stříbra. Tak se stalo, že již v době života G. Agricoly bylo za odhánění, jako samostatný výrobní krok, zařazeno třbení stříbra. *Hummel (1939, 139)* tyto procesy charakterizuje: *Shánění olova odstraňuje od drahých kovů lehčíji oxidovatelné kovy jako kysličníky v tekutém stavu. S olovem se odstraňuje jako nejodolnější i vismut. ... Oxidační třbení zpracovává surové kovy; odstraňuje z nich průvodní prvky Sn, As a Sb při rafinaci olova před parkesováním ... zbytek antimonu a zinek po něm.*

Vzpomínky na jednoduchá tavení bohatých stříbrných rud lze vyčíst v *Mathesiovi (1981, 122)*: *Na sv. Barboře udělali také z jednoho soudku 400 hřiven. Co je ryzí nebo jadrné, nenecháváme rádi projít pecí, nýbrž zolovíme, syry lech v nístěji nebo ve sháněcí peci. Stejně, jen odborněji (Agricola 2001, 441): Čisté ryzí stříbro barvy olověné, červené nebo konečně jiné se sklepe na plocho, rozřeže, nahřeje se v železných kelímčích a namáčí se do roztaveného olova jako slitiny se stříbrem jemuž říkáme stannum ... tím se od něho odloučí, co tvoří znečištění.*

Význam shánění jako nejdůležitějšího finálního kroku potvrdil král Ferdinand I., který roku 1548 modifikoval *Jáchymovský báňský řád (ČHP 1979, 85-86)* o sháněcích a jejich povinnostech v článku č. 5. Kráceno: *Sháněcí mají dělat svůj hert se vši náležitou pílí ... opatřovat se zkušenými prohrabovači ... verk s opatrností shánět, aby ... nedostatečnou pílí nebyla vzkypěním hertu nebo jinak ... škoda ... mají začít dvě nebo tři hodiny před dnem ... aby se stříbro odloučilo vždy ve dne ... Nikdo jiný nesmí shánět než ustanovený přísežný sháněč... Smetek z verku má přijít těžařům, aby jej použili k jejich užítku. Správci dolů si mohou po shánění hert vyzvednout, podle potřeby prohlédnout a co naleznou na zmech vysekát i obrátit v užitek těžařů, při přepalování přidat k olovu. Rovněž mají klejt a hert svým těžařům vyzvednout nebo co nejdříve nechat napustit. Od celého shánění, ... asi 30 centů verku mzda ... Od polovičního shánění, asi 10 centů rýřů nebo méně... A nemají při shánění propít z peněz těžařů více než 2 bílé groše.*

K získání představy o procesu odhánění používám popis činnosti odháněcí pece z roku před 1556, jak byla popsána *Agricolou (1556, 439-442)*. Opsáno jen torzo popisu: *vkládá se ho do nístěje někdy sto centů, avšak často šedesát či padesát, ... a posadí na poklop víko; kde k sobě přiléhají, omaže je pomocník hlinou. ... Když se bylo tak ve dvou hodinách olovo rozpálilo, míchá jím mistr zakřiveným hákem, aby se rozpálilo ještě více. Jestliže se (olovo) nesnadno odděluje od stříbra, přihodí do roztaveného stříbrnatého olova měď a prach z dřevěného uhlí; jestliže však slitina stříbrnatého zlata s olovem čili stannum do sebe pojala z rudy nějaké nečistoty, přidá k ní buď stejné díly vinného kamene ... nebo nestejně díly ... K centýři slitiny se přidává hřivna prachu, ... podle toho, je li nečistá více nebo méně. Prach odlučuje od slitiny bezpečně všechny nečistoty. Potom stáhne hřablem stružkou s olova, pokrytého dřevěným uhlím, jakousi kůží; ta vypouští olovo při zahřívání, ... nutno často míchatí hákem. V další čtvrt hodi-*

ně vsrkuje do sebe nístěj olovo, ale týmž časem, kdy do něho vniká, tak stoupá a kypí. V té době zaběře mistr železnou lžící něco málo olova ke zkoušce ... kolik stříbra je ve vsí slitině. ... Potom stáhne tyčí klejt, sestávající ze spáleného olova a mědi, je-li jaká ve slitině; ... Při tom se stříbro neztrácí, ale olovo a měď se od něho oddělují, a sice olovo ještě více v nístěji druhé peci, v níž se stříbro tříbí dokonale. Podle Plinia bývala pod stružkou z nístěje ještě jedna nístěj, takže z hořejší přetékal klejt do dolejší, a obaloval se na tyčku do klejtu namáčenou, aby tolik nevážil.

Po vytažení stříbrné placky z nístěje (Agricola 2001, 443-444): *Nístějového olova, zbylého v peci, je zpravidla na dlaň vysoko; po jeho odstranění se zbývající popel zase prosévá, a co zbude na sítu, přidá se ... k nístějovému olovu. Sítem propadlý popel je schopen téhož užití jako dřívě, a vyrábějí se z něho a kostěné mouky také kupelky. Konečně lpí na stěně, u níž jest pec zbudována, žlutohnědý nálet, rovněž na kruzích poklopu v blízkosti otvoru; usadí-li se ho více, smetou to dolů.*

Třibení stříbra získaného v odháněcí peci je popsáno *Agricolou* (2001, 449-454). I zde jen hlavní schéma činnosti: - třibení se provádí v třibící peci podobné peci pekařské s upravenou nístějí ke vložení misek se surovým stříbrem rozbitým na kusy; - misky různé velikosti na 15, 20, 40, 50 liber stříbra. Jejich výroba a složení vnitřního výmazu je stejné jako u prubfšských kapelek. I technologie je obdobná jako u shánění - přidávání olověných nebo měděných zrn během oxidace. Kvalita čištění se zjišťovala podle barvy povrchu stříbra. *Z každé hřivny stříbra shoří čtvrt unce, někdy však, bylo-li velice nečisté, tři drachmy nebo půl unce.* Pracovní úkony třibení končí vyražením pečete krále.

V popisu třibení již není žádná zmínka o získaném klejtu. Asi proto, že se všechno olovo, včetně doprovodných kovů, vsádko do hmoty výmazu. Tato hmota jako bohatá nístějovina se používala jako olovnatá přísada při hutnění rud.

V tomto technologickém kroku má olovo charakter víceobrátkové složky.

Tyto obecné postupy doplním o několik čísel umožňujících lépe pochopit potřebu zavedení dalších koncentračních kroků - dvojestupňové odhánění. Využívám znalosti praktika z doby kolem roku 1569 (*Kubátová 1996, 200*): *Pro bohaté olovo s obsahem 5/4 lotu stříbra v centýřii připravíme odháněcí nístěj a pečlivě ji uděláme. Na ni dáme 110 centýřů bohatého olova, 6 centýřů nejbohatší mědi, jak byla vybraná z rafinační pece o obsahu 10-13 lotů stříbra (nazýváme ji pýchovaná měď). Odháníme, ale ne úplně, jen tak až se utvoří olověná pecní struska; tu vychladíme a uschováme. Má obsahovat 50 marek stříbra. V klenuté peci jako pekařské připravíme nístěj. Na ni vsadíme 6 centů nejbohatší mědi, 110 centýřů bohatého olova s obsahem 3/4 lotu stříbra a odháníme. Když se chce stříbro již skoro zablesknout přidáme zmíněnou pecní strusku ... a necháme odehnat.*

Kapitola pokračuje popisem postupů zpracování získaných výškrabků, výškvarků a klejtových kusů ve výškvarkové peci, kde se jako jeden z produktů získávalo oživené olovo.

I v tomto postupu má olovo charakter víceobrátkové složky, ale jeho opětné oživení je jen průvodním jevem při víceustupňovém získávání stříbra a mědi.

Teprve v archíváliích z poloviny 18. století se objevují komplexnější pohledy a výkazy nákladů hutí (*Kořan 1950, 57*):

Spotřebováno	Vyrobeno	
19,4 q černé mědi se 14,7 kg Ag a 12,9 q Cu	12,5 kg stříbra v ceně	1085 zl 6 kr
74 q olova v ceně 1500 zl	12,3 q mědi v ceně	972 zl
78 truhel uhlí v ceně 63 zl 24 kr	25,6 q nístějoviny (510 g/t Ag)	276 zl 40 kr
Dřevo 32 zl 7 kr	40 q klejtu	697 zl 24 kr
Mzda 44 zl 44 kr		
<b>Celkem 1630 zl 15 kr</b>	<b>Celkem</b>	<b>3031 zl 10 kr</b>

Vypočtený čistý zisk 1401 zl

Není cílem prezentace tohoto výpisu hodnotit reálnost uvedeného ekonomického rozboru,

ale jen poukázat na důsledky citelného zvyšování cen olova a tím jeho podílu v nákladech hutí. V polovině 18. století je již olovo žádaným prodejním artiklem nejen v hutích. Za pozornost stojí váhový poměr vstupních složek olova a černé mědi - 3,8:1. Tento poměr prosím srovnat v části vyvozování mědi se složením měděného koláče.

Srovnávacím rozbohem provozu odháněcí pece z roku 1790 v Příbrami chci dokumentovat, že šlo o obecný trend v hodnocení provozu hutí (Löwl 1908). Opět maximální zhuštění s důrazem na olovo: *Nístěj odháněcí pece sestával z  $\frac{2}{3}$  dřevěného popela a  $\frac{1}{3}$  páleného vápna ... při odhánění 28 q rudního olova získáno 14 kg surového stříbra, 19 q klejtu a 11 q nístějoviny. Surové stříbro od jednoho hnaní se rafinovalo na nově upravené nístěji. Ročně se při odhánění získalo asi 1000 q klejtu, který se prodával za 20 zl/q. Královský výměnný úřad v Praze platil za 1 kg stříbra 78 zlatých 50 krejcarů.*

Z uvedených příkladů provozu sháněcí pece by mělo být zřejmé, že ztráty olova nebyly ve formě kapiček kovu, ale jeho kysličníku - klejtu. Současně bylo prokázáno, že klejt obsahoval měřitelný podíl stříbra a nejasné podíly doprovodných kovů.

Několik poznámek k provozu středověké kovohutnické (stříbrné) hutě, k pracovnímu/životnímu prostředí celé obsluhy. Z dnešního hlediska je třeba každou huť považovat za historický bodový emisní zdroj - problematika není obsahem diskuse.

Nezdravé pracovní prostředí v hutích je zmiňováno autory s různým společenským vztahem k výrobě stříbra, např. v roce 1564 protestantským farářem *Mathesiem* (1981, 133) v knize kázání a zprávy. Greiselia z roku 1670 (viz příloha 1).

Také *Agricola* (1556) reaguje na jedovatost výparů při shánění poznámkou: *hladový mistr jí máslo, aby mu neuškodil jed, jež nístěj vydechuje, neboť je to zvláštní prostředek k tomu.* Únik horkých částic klejtu otvory v boku pece, které současně byly používány k přehrabování vřícího olova, směřoval do boků pece, Pobyt hutníka u těchto otvorů byl častý a dlouhodobý. Po srovnání provozu jednotlivých druhů pecí a zařízení v hutí lze odhánění zařadit jako maximálně nebezpečné pro zdraví obsluhy.

Že ale nemuselo jít o celý prostor hutě a většinu provozních činností, lze soudit (ze zhuštěného) výpisu jednání před kutnohorským mincmistrem z roku 1513 ve sporu o pomluvu (AČ XII, 427): *Přišel sem pod korpan rožahat faklův, chtěl jsem rošt zapáliti ... a pan Vít seděl s Pelantem ... tu seděli před pecmi, a dělali jsme rudu Rousků i ve čtvrtek za Beněška úředníka ... a Beněšek byl pod druhým korpanem, když krále přidávali kyzu haledně.*

Z celého vícestránkového mnohomluvného popisu ve smyslu *já to neslyšel, on řekl a já to myslel jinak*, lze vycítit jak pracovní prostředí rudokupecké hutě a způsob královského dozoru, tak i životní podmínky. Zdá se, že možné výpary neobtěžovaly oba diskutující. Mohou vzniknout otázky jako: jak účinná a prospěšná stavba byl i jinde zmiňovaný korpan? Jak bylo vyřešeno proudění vzduchu v hutí pod korpanem? Jak hutní stavby omezovaly nebo umožňovaly šíření kouře a výparů do okolí? Jaký vliv mělo umístění hutí u vody v údolích a výška hutních staveb - korpanu? K těmto otázkám patří i posouzení účinnosti lapacích komor (*Agricola* 1556, 345) a následného použití shrabků.

Tuto část zakončím drobným poznatkem o až nápadné shodnosti tvaru sháněcích pecí stavených v 15. až 17. století v Anglii, Lotrinsku, jihu Evropy, Čechách, Polsku a Uhrách (dnešní Slovensko). Tato shoda je patrná i na sháněcí peci provozované v Příbrami v 70. letech 18. st.

Tento vývoj nelze nazvat technickým konzervatismem, ale spíše optimální provozní stavbou spolehlivě produkující stříbro bez vlivu sociologických výkyvů Evropy ve sledovaném údobí.

Pro rozšíření úvah o podílu shánění k podílu předcházejících tavebních kroků lze použít i následujícího výpisu o obsahu a složení rud dodaných do hutí. *Löwl* (1908) k práci v Příbrami uvádí: *Kolem roku 1790 pracovalo se již v nově postavené hutí a byly rozeznávány 4 druhy tavení:*

*Shánění stříbra, některé pece používané v Evropě I.*



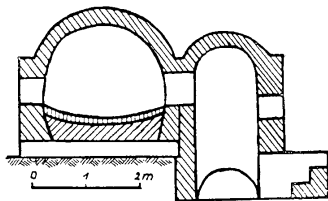
*Kol. 1480 - sháněcí pec v Lotriinu, důl sv. Mikuláše (Gros)*



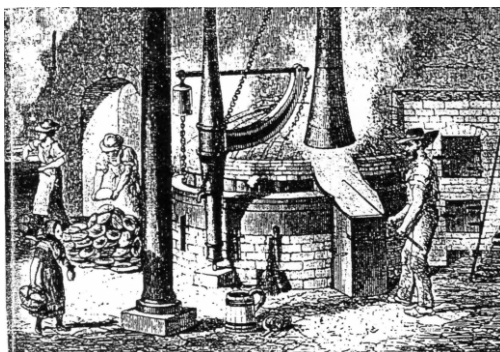
*1556 - sháněcí pec na oddělování olova od stříbra nebo od zlata (Agricola 2001, 442).*



*1556 - polská a uherská sháněcí pec. Dělník vyrábí z klejtu trubky (Agricola 2001, 448).*



*Počátek 18 st., Horní Sasko, sháněcí pec s odděleným topeništěm (Schlüter).*



*70. léta 18. století, Příbram, stříbrná sháněcí pec. Nový prvek - odsávání (Majer 1983, 237).*

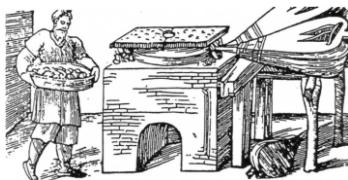
*Shánění a přepalování stříbra v Evropě II.*



1480 - náčrtek považován za nejstarší známý obraz vnitřku měděné huti, kde se současně získávalo stříbro (History of Technology, díl III., obr. 35 b)



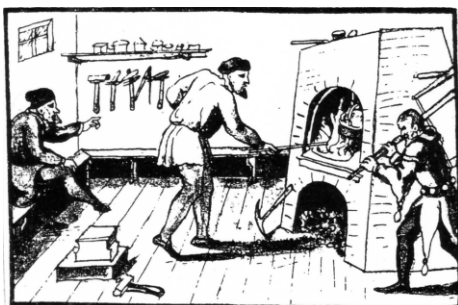
1574 - přepalování stříbra pod muflí (Ercker 1974, 65)



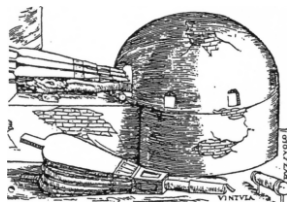
16. st. - sháněcí pec přikrytá deskou z hlíny, (Biringuccio)



1556 - třibení stříbra pod muflí (Agricola 2001, 456)



1556 - Silberbrenner. Mnichovský kodex



16. st. - sháněcí pec, zděná kopule. (Biringuccio)

1. rud bohatých olovnato-stříbrnatých obsahujících 40% olova a 0,14% stříbra,
2. chudých rud znečištěných blejnem zinkovým, obsahujících 15% olova a 0,07% stříbra,
3. zlatonosné moučné kyzové rudy (šlichu) u Dobré Vody, obsahující 0,1% zlata,
4. rudy olověné ze Stříbra (popis zpracování v kapitole olovo).

Následuje popis tavících přísad a závěr. Obdržené rudní olovo mělo 0,5% stříbra a podrobovalo se před odháněním vycyzování.

Někdy kolem 1560 sasští odborníci přítomní v Kutné Hoře považovali provoz sháněcích pecí za nákladný, neboť část olova unikla s hutním kouřem a spotřeba uhlí byla značná; dopočovali proto pece freiberského typu (*Kořan 1950, 50*).

### **Otázka třetí: Pomohou nám poznatky a metody středověkých průběhů lépe pochopit význam přehlíženého olova?**

V odstavci *Odhady velikosti produkce olova a stříbra* autor bez dalšího komentáře cituje výňatky z prubířské knihy L. Erckera, podle kterých se přidávalo osmkrát až čtrnáctkrát více váhy olova k váze rudy (nikoliv tedy k váze stříbra) a olověný klejt byl zachycován a znovu používán při tavbách. Pochopil jsem, že požitý citát má dokumentovat vyšší ztrát olova během výroby stříbra v hutnických provozech.

V této větě jsou spojeny dva jen zdánlivě související technologické kroky při výrobě stříbra z rudy. Pokusím se vyjádřit jen k vysokým váhovým rozdílům mezi rudou a olovem. Podstatné je, že citované váhové rozdíly byly popsány a dlouho používány pro prubířství (dokimasi), čemuž odpovídá i titul knihy L. Erckera. Pro vysvětlení důvodů a příčin váhových rozdílů budu v následující části využívat pasáží z prubířské příručky z roku 1956 (*Jirkovský 1956*). Autor popisuje technologické postupy, chemické reakce a teplotní režimy prubířských postupů, které lze srovnávat s postupy popisovanými L. Erckerem.

*Jirkovský* vzdává hold (a využil jejich zkušeností) průběhům 18. století v laboratořích ve Freibergu, Clausthalu, Jílovém, Roudném, Kutné Hoře, Příbrami, Kremnici i Báňské Štiavnici. Připomíná, že jejich metodami lze prokázat přítomnost zlata a stříbra s přesností 0,2 g/t, to je 0,00002%.

Z uvedené knihy opisují některé příklady složení vsázek pro kelímkové a struskovací průby (*Jirkovský 1956, 104, 105*):

Zpracování neznámé rudy: 100 g zkoušeného vzorku, k němu navážka 250 g klejtu nebo 300 g olov. běloby, 25 g boraxu, 200 g kalcinované sody, 3 g dřevěného uhlí.

Pro příbramské a slovenské rudy se používal předpis: 100 g vzorku, 40 g boraxu, 80 g klejtu, 3 g dřevěného uhlí, 80 g kalcinované sody, 20 g kuchyňské soli.

- je-li vzorek znečištěn nebo se znečištění předpokládá, použije se dvojnásob olova,
- v případě rudy velmi chudé na stříbro prováděla se tzv. koncentrační průba, kdy se použilo pěti navážek po 100 g rudy.

Struskovací stříbrná zkouška (*Jirkovský 1956, 109-112*), příprava vsázky:

- 5 g navažuje se u rud a hutních produktů bohatých na olovo, chudších na měď (do 30% Cu) a na zinek, dále u zlatonosného pyritu. Přídavek prubířského olova je šestnásobek až osminásobek navážky, tedy 30-40 gr.

- 2,5 g navažuje u chudých arsenových rud, u rud a splodin bohatých na Cu a Zn nebo na Ni a Co. Přídavek olova je 10-16 násobek, tedy 20-40 gr.

- 0,5-1 g navážky u antimonových rud bohatých na stříbro, u rud bohatých na arsen ... Přídavek je 16-20 násobek, u cínových rud je přídavek až 30 násobný, to je 15-30 g olova.

- struskovací zkouška hutního olova vyžaduje 2 navážky po 5 g vzorku s 10 násobným množstvím prubířského olova a 0,5 g boraxu,

- měď a slitiny (bronz, mosaz, černá měď, mincovní kovy) struskujeme s 16 až 20 násobným množstvím prubířského olova při navážce 1 až 5 g a přídavku 20 až 50% navážky boraxu.

Ještě několik opisů, které mohou ozřejmit některá tvrzení *klasiků*:

- olovo je tvrdé přítomností Sb nebo Cu, křehké přítomností Sb a S; v tom případě je třeba struskování opakovat,
- při odhánění oloveného králíka v muflové peci se olovo okyslíčí na klejt, ten se vsákne do kapelky a menší část se ho vypaří. Kapelka má pohltit 70-100% své váhy olova, proto má váha kapelky několikrát převyšovat váhu regulu,
- teplota kapelky nesmí být nižší než teplota roztaveného klejtu, to je 884°C,
- malá část klejtu, asi 1,5-5%, se vypaří nad povrchem olova a při normální teplotě se usadí na klenbě mufle. Při vysoké teplotě uniká do komína, největší část klejtu (95-98,5%) se vsákne do kapelky,
- pracovní teplota nesmí klesnout pod 840°C (OLOVO začíná tuhnout) a nesmí překročit 900°C, aby nedošlo ke ztrátám těkáním stříbra,
- je sledována vysoká oxidační schopnost klejtu využívaná v oxidačním pruběřství, kde intenzivně okysličuje přírodní sirníky. Při odevzdávání kyslíku uvedeným látkám se z klejtu redukuje úměrné množství olova v jemných kapičkách; prosakuje a pohlcuje kvantitativně ušlechtilé kovy.

Budeme-li srovnávat rozsah mineralogických a chemických znalostí Erckera a Jirkovského, plně pochopíme opatrnost (*Ercker 1974, 133*) zkušeného pruběře, když uzavírá jeden odstavec poznámkou: *ale protože na této průbě velmi záleží, vezmi 16 vah olova. Neboť je lepší vzít pro průbu raději o dvě váhy olova více než o jednu méně.*

Pro srovnání a kontrolu pruběřských postupů jsem ještě prostudoval *Lemingera (1912, 337-339)*, který popisuje zkoušku čili průbu prováděnou podle S. Haase. Popisovaný postup i pravidla mísení a vzájemný poměr vah mezi olovem a zkoušenou hmotou nevybočují z již popsaných hodnot. Leminger se na Erckera odvolává, ale jím popsany postup je ovlivněn dílem Salomona Haase z roku 1764.

Ze všech popsaných postupů je zřejmé, že zkouška byla úspěšná jen tehdy, jestli celá návážka byla smočena v olovu.

Druhým požadavkem bylo zachování rozpouštěcí schopnosti olova u všech druhů rud, i s neznámým obsahem, vytavený olovený králík musel být přijatelně velký a těžký, přijatelný pro vážení a další manipulaci.

Uvedený požadavek platil zvláště pro kuličku kovu, která musela být navíc viditelná pouhým okem, uchopitelná pinzetou.

Tyto podmínky omezoval požadavek přijatelné velikosti králíka, při snaze zbytečně neprodělužovat celkovou dobu průby. *Ercker (1974, 130)* uvádí, že v Kutné Hoře každý pruběř prováděl týdně 200 průb. To jistě vyžadovalo jednoduchý a přesný pracovní postup a přehledný systém, který by snížil nutnost průbu opakovat. K obdivu starých pruběřů je třeba dodat, že jediným pyrometrem byly jejich oči a schopnost rozpoznat a vyhodnotit barevné změny probíhající reakcí (zapomněl jsem na stejně důležité čich).

Doufám, že prezentované poznatky a pruběřské postupy vzbudí pochyby nebo povzbudí k hledání jiných závěrů a povedou ke zvážení možnosti, že váhové poměry rud a olova v pruběřské vsádce nelze automaticky považovat za reálný vstupní koeficient hutního tavení. S tím souvisí vyhodnocování funkce olova v pyrometalurgii.

#### **Ke čtvrté otázce: *Jak také mohl vzniknout názor o stoprocentní ztrátě olova při hutnění?***

V první třetině šestnáctého století nastávají v Kutné Hoře známé výrobní potíže, které se prohlubují od nástupu Ferdinanda I. na český trůn.

Nízká kovnatost stříbrných rud, potíže s tavbou kaňkovských kyzů, to vše vedlo ke ztrátě ziskovosti provozu malých hutí patřících rudokupcům. Snížená výroba stříbra v hutích znamenala nedostatek stříbra v mincovně. Určením výkupních cen rud král ekonomicky vytlačil rudokupce z podílu na zisku a ti svoje hutě postupně opustili. Zavedení královského monopolu na tavbu rud způsobilo mimo jiné růst odporu nejbohatší skupiny Horníků mezi staršími městy

a nevraživost vůči *cizákům* dosazených králem do řízení mincovny, dolů i hutí (*Paměti 1878, 1880, průběžně*).

Obecně známým problémům, jako neodbornost odborníků, příživnictví a rozkrádání v celém horním podniku, vděčíme za množství archiválií z té doby. Snaha králů a sněmů českých zlepšovat poměry vysíláním komisí a *zkušebními tavbami* se promítají v obsahu většiny písemností.

Opakovaná hlášení o hospodaření, zpracování rud, různé opakující se zápisy ze zkušebních taveb byly několikrát vyhodnoceny a použity jako podklady k obecnějším závěrům.

Nejrozsáhlejší studium a rozbor kutnohorských montanistických archiválií bezesporu provedl *Kořan (1950)* a v nedávné době na něho navázal *Skřivánek (2002)*. Výpisy z jejich prací jsou následně citovány některými současnými autory. Také v článku o spadech je citován. Interpretace stoprocentních ztrát olova nesouhlasí s mnoha jinými i když nejasnými závěry či opisy archiválií.

V *Kořanově práci (1950, 45)* jsem skutečně našel pasáž vyjadřující stoprocentní ztráty olova při jedné tavební kampani, zabývající se získáváním stříbra z černé mědi. Archivní dokumenty spojené se stejnou tavební kampaní asi shodou okolností vyhodnotil také Skřivánek a zpracoval o nich zajímavou ekonomickou studii. Oba archivní dokumenty vznikly v napjaté době, kdy byla snaha obnovit ságrování mědi v královských hutích, ale nezkušením kutnohorští taviči měli asi nepřípustně vysoké ztráty při tavbách. Ke složitosti vycezování poslouží názor soudobého odborníka L. Erckera (*Kubátová 1996, 188*): *Vycezování stříbra z mědi je zvláštní krásná umění, které udržovali majitelé zcezovacích hutí v tajnosti, zejména jak se mají dávat přísady. Ale protože hutě jsou velké a dosti rozšířené, nezástalo to dlouho utajeno a nyní to znají mnozí. Přece je však rozdíl ... Ani přísady nejsou všude stejné a různé mědi se nemohou vycezovatí stejným způsobem.*

Také z popisu i citace zolovňování koláčů černé mědi (*Kubátová 1996, 194, 196*) jsem vyčetl všeobecnost popisu, asi pramenící z nedostatku osobního poznání. Ve všech ostatních Erckerem popisovaných pracovních postupech je znát osobní zkušenost, což je patrné při srovnání s popisy obdobných činností popisovaných Agricoolou.

Snad nebude na škodu, pro snadnější pochopení rebusu *stoprocentní ztráta olova*, zopakovat si, co se vlastně skrývá pod pojmem vycezování mědi.

Nenašel jsem vhodnější archiválii, obsahující popis ságrování a tím použitelnou ke srovnávání, než výpis ze zkušebního tavení Wirtova z roku 1577 (*Kořan 1950, 52*). Pořadí čísel určil Kořan pro určení posloupnosti kroků. Výpis s důrazem na zpracování mědi:

11. Pražení suchého tvrdého kamínku: V pražírně se pražilo 49,3-73,9 q suchého tvrdého kyzu dvakrát po sobě.
12. Tavení na černou měď: K praženému suchému tvrdému kamínku se přidalo 4,9 q strusek a zásyp se taval na měď, která se odpíchla do předpecí. Mědi se získalo 12,3-12,9 q a měděného kamínku 2,4-3 q.
13. Zolovňování černé mědi: 30,8 q černé mědi se taval se 166 q olova na slitinu, která se od-pichovala do pánví tak, aby vzniklo celkem 32 bochníků, každý o váze asi 1,5 q.
14. Vycezování: Pět bochníků se dalo do vycezovací pece. Z 5 bochníků se vycedilo asi 5,5-6,1 q čistého chudého vycezoovacího olova (510-770 g/t stříbra), které se přidávalo k zolovňování na bohaté vycezovací olovo.
15. Pražení výškvarků: pražení malým ohněm, aby se vycedil jen olověný kamínek a strusky; pak se oheň zvýšil - vypražené výškvarky se jeden po druhém vytáhly z pece ... a byl připraven pro práci.
16. Rafinace mědi se prováděla ve splejsovací peci podobné shánění. Tavení trvalo 10 hodin, dmýchal se ostře vzduch - oxidace nečistot.

Vedlejším produktem byly strusky - tavily se na měděný koncentrát. Je třeba srovnat údaje a data s následujícím doplňkem:

ad 13: 30,8 q + 166 q = 196,8 q. Při váze bochníku 1,5 q vzniklo z celého množství 131,2



bochníků a při 5 bochnících současně v peci to bylo 26,3 dávek, každá o váze 7,5 q.

Vstupní váhový poměr mědi a olova je 1 : 5,38.

Tímto výpisem a částečným rozbořem z roku 1577 dokumentuji nejasnosti při specifikaci obsahu slitiny kovů s názvem *černá měď*. Je známo, že jde o produkt tavení mědinových strusek, které v sobě, obsahovaly díl stříbra. Královská komora ji vykupovala a platila podle obsahu stříbra, bez ohledu na kvalitu mědi. To dokazují různé stížnosti na kvalitu kutnohorské černé mědi.

Podle popsanych postupů výroby černé mědi by mohla obsahovat vedle stříbra také malou část olova a doprovodných kovů v podobě různých sloučenin. Nenašel jsem ověřitelný zdroj o přítomnosti strusek ve finálním výrobku rudokupců. *Hummel (1940, 97)* uvádí, že surová měď z nečistých olovnatých rud obsahovala jen asi 70% Cu. Myslím si proto, že při kalkulacích je třeba na černou měď pohlížet jako na slitinu více složek, nejen stříbra. Složení černé mědi ovlivňuje hodnoty absolutních dat *ztráty na mědi*.

Doslovný opis látkové bilance kutnohorského ságrování, které ve čtyřicátých letech zavedl Gutenštejn (*Kořan 1950, 44, 45*):

K vycezdování dáno:		Vyrobeno:	
1215 q černé mědi	s	1506,0 kg stříbra	1459 kg stříbra
859 q olova	s	9,5 kg stříbra	575 q mědi s 16 kg stříbra
<hr/>		<hr/>	
1215 q mědi, 859 q olova,	1515,5 kg stříbra	575 q mědi,	1475 kg stříbra

V hutí zbylo:

101 q chudé mědi	s	13,0 kg stříbra
29 q výškvarků	s	1,0 kg stříbra
26 q pražených výškvarků	s	0,5 kg stříbra
2,5 q klejtu	s	0,25 kg stříbra
Zátvrdky a strusky vzniklé při slévání olova a mědi	s	2,0 kg stříbra
Ve struskách 31 q olova	s	1,0 kg stříbra
Ve struskách 37 q olova	s	
Zbytek olova 55 q	s	
Ve struskách		24 q mědi

---

123 q olova, 125 q mědi, 17,75 kg stříbra.

Podle úsudku hutního mistra bylo možno vyrobit z chudé mědi, výškvarků a strusek 131 q červené mědi se 3,5 kg stříbra a 19 kg stříbra. Byla by tedy pak celková bilance tato:

Do práce vzato	1215 q mědi,	804 q olova,	1515,5 kg prodejného stříbra
Vyrobeno	706 q mědi s	19,5 kg stříbra	1478 kg prodejného stříbra

Ztráta na mědi činila 494 kg (40%), na olovu 804 (100%),

Ztráta na prodejném stříbře 37,5 kg (2,5%), na celkovém stříbře 18 kg (1,2%).

Na zpracování 1 q černé mědi s 1,24% mědi se spotřebovalo 662 kg olova.

Z tohoto přesně opsaného odstavce není zřejmé původní znění dokumentů a následná *Kořanova* rekapitulace. Nemůže být na škodu zhodnotit celou kalkulaci z pohledu *nezávislého auditu* technologických tavebních kroků používaných k získání stříbra z černé mědi a k výrobě prodejné *červené* mědi:

- v dosud nezpracovaných meziproduktech je podle bilance uloženo ještě 17,75 kg stříbra. Ale podle úsudku hutního mistra je možno získat 22,5 kg stříbra, to je o 4,75 kg navíc.  
- celkem bylo vyrobeno jen 700 q mědi rozdílných kvalit.

I zde jsou započítány meziprodukty u kterých lze při tavení ztratit část hmotnosti: (575 + 101 + 24 = 700 q Cu)

- výkaz ztrát olova 733,5 q (85,4%) je obecně problematický. Jako příklad: Hutní mistr je schopen vyrobit 131 q červené mědi jen z meziproduktů uvedených ve výkazu s olovem, které v meziproduktech zůstalo. Tím by se ovšem o získanou měď snížilo procento ztrát olova.

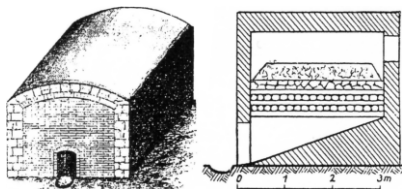
**Výroba mědi a tavba chudých stříbrných a olověných rud.**



1574 - ságrovací - vycezovací pec (vycezení olova se stříbrem - vzniká cední olovo) (Ercker 1974, 197).



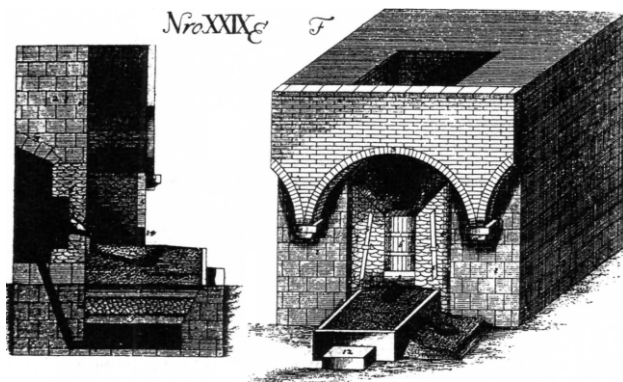
1574 - vycezovací, rafinační a třídící pece, měděné bochníky (Ercker 1974, 199).



17.-18. st., tavící pec na olověnou rudu používanou v Korutanech (Schlüter)



1556 - pece: A: přetavování strusek, B: výroba slitiny Cu a Pb (Agricola 2001, 474).



1738 - nízká šachtová pec s tuňovou úpravou a dolejší předpecím pro tavbu rud, odpadů, kamínku, postavená v Jáchymově (Schlüter).

*Metalurgické postupy při výrobě olova*



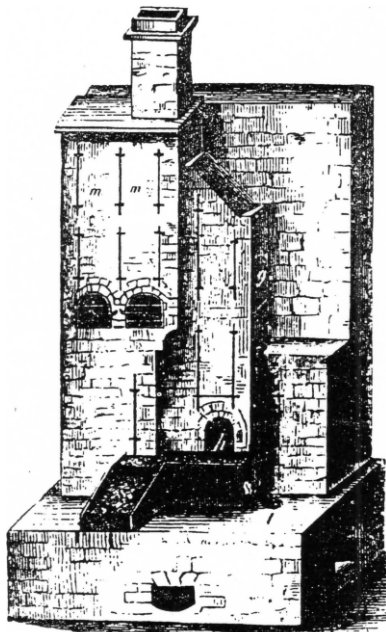
1556 - způsoby pražení olověných rud, dole vrstva pražení, na ní dřevo (Agricola 2001, 281).



1574 - tavba olověných rud v Goslaru v kelímkové peci na lehké vyzdívce (Ercker 1974, 216; popis dle Schlütera).



1556 - vycizování olova z váp. rud: pece: A - korutanská, K - saská, V - polská, P - vestfálský způsob tavení (Agricola 2001, 384).



pol. 19. st. - šachtová pec na tavbu olověných rud. Příbram (Majer 1983, 231)

- mimo meziprodukty obsahující vytavitelnou měď a stříbro jsou nejasné tři položky bez váhového množství strusky. Vykázané množství olova a mědi předpokládá několikanásobnou hmotu těchto strusek. Tyto strusky mohou být pozůstatkem jednotlivých kroků při výrobě černé mědi z kamínku a pod. V tom případě by bylo účelně třeba odečíst vykazovanou hmotnost zásob olova 123 q. Pochopitelně není olovo vykazováno v 55 q výškvarků (zbytků po vycezození) kde (podle literatury) ještě část olova zůstala a proto se proces vycezození (včetně zolovnění) znovu opakoval.

V předcházejících poznámkách a úvahách jsem pomíjel základní kalkulační údaj vstupních dat: 1215 q černé mědi, 850 q Pb.

- Váhový poměr 1,4 díly černé mědi ku 1 dílu olova určeného k zolovňování musel vycházet z předpokladu, že olovo bude v kampani vycezození použito více než jednou. Vhodnost zvoleného poměru prokazuje zbytek olova.

- Kovonosné obsahy vykazovaných zůstatků v hutí dokumentují snahu dokázat maximální výtežnost stříbra. To dokazuje vykázaná ztráta 1,2%. Výkaznictví mědi je jen ve velkých číslech - neúplné. Totéž platí o výkazu olova, které v této bilanci má charakter spotřebního materiálu.

- Obsah původní archiválie včetně vyjádření hutního mistra na mne působí jako obsah průběžné nebo předávací inventury. Podle ní zůstává ještě nezpracováno cca 10% vstupní váhy černé mědi a asi 50 q meziproduktů se stříbrem. Zařazení zátvrdků a strusky se 2 kg stříbra dává výkazu punc odborné kvality - pouze prokazuje snahu vykazovat stříbro v dokladech.

Ságrování mědi (*Skřivánek 2002*, 11-12):

Finanční a hmotný výsledek ságrování mědi v Kutné Hoře za období od 24.10.1540 do 21.1.1542 (podle archiválie SUAr, MM-5-154, kart. 508, ročník 1567).

Do hutí dodáno: černé mědi 64551 kg s obsahem stříbra 784,055 kg, olova 52704 kg se stříbrem, které nelze odloučit.

Po ságrování získáno: čisté stříbro 763,488 kg; čistá měď 11673 kg; hutní produkty bez Ag 17679 kg; hutní produkty s Ag 1,012 kg 15030 kg; možný zisk Cu z meziproduktů 23751,7 kg; chudé olovo s Ag 0,807 kg 2402,4 kg; bohaté olovo s Ag 1,915 kg 2525,6 kg; olovo ve struskách s Ag 0,317 kg 492,8 kg; chudé mědi s Ag 0,759 kg a Cu 431,2 kg 893 kg; olovo hertovně naváženo 800,8 kg a 61,6 kg čerstvého olova, což dohromady umožňovalo získat čerstvého olova 461,8 kg; chudé a bohaté výškvarky s 0,759 kg Ag a Pb 246,4 kg; hutní zplodiny Ag 1,012 kg;

Celková suma získaného nebo získatelného stříbra 770,066 kg; získané nebo získatelné mědi 35856,3 kg; získaného nebo získatelného Pb 6129 kg.

Z toho vyplývá propočít:

z celkového množství vsazené mědi získáno 55,5%, ztráta 44,5%

- u stříbra se předpokládá návrat 98,2%, ztráta 1,8%

- z použitého olova v hutním procesu návrat 11,6%, ztráta 88,4%

Nebude na škodu podrobit tuto hmotnou a finanční rekapitulaci také rozboru technologickému:

1. Vstupní poměr vah měď 1,22:1 olova nedává potřebné množství olova pro zolovňování a proto se olovo muselo ve formě meziproduktů znovu vracet do výroby.

2. Nepodstatná je matematická chyba - součet položek obsahujících olovo: 2402,4 + 2525,6 + 492,8 + 862,4 (opravený součet) + 246,4 = 6429,6 kg místo získatelného 6129,0 kg. Tím se zvyšuje podíl návratného olova na 12,3%. I tato hodnota je stále nejasná.

3. Složitější je zhodnocení poslání i významu celého rozboru:

a) Snad jde o závěrečnou bilanci. Ve zbytcích po ságrování zůstává 6,581 kg stříbra, to je sice 0,86% celkového získaného množství, ale výkaz nefíká kdy bude získáno.

b) Ještě méně jasná je váha a 32709 kg hutních produktů (to je 27,9% celého množství olova a černé mědi připravené pro kampaň). S velkou dávkou fantazie předpokládám, že jde nejvíce o strusky; to odpovídá malému množství stříbra (0,00673%) v jedné z položek. (Nejsem si

jist reálností toto stříbro vůbec získat.)

- c) Ještě nejasnější je položka možného zisku 23751,7 kg mědi z meziproductů. Toto množství odpovídá 36,79% vstupní váhy černé mědi. Celková suma získatelné mědi 35856,3 kg odpovídající 55,5% vstupní váhy černé mědi v sobě ale zahrnuje 36,79% nevyrobené mědi vykazované jen účetně.
- d) Obecnější název *chudé olovo* může vyjadřovat nějaký meziproduct nebo i klejt. Jde asi o předpoklad, že olovo nebude použito při zolovňování, ale bude použito jako zásoba hutě při další tvbě vyžadující olovo.
- e) Obsah olova ve struskách je reálný. Více zajímavá by byla celková hmotnost získaných strusek a název procesu, při kterém byly vyrobeny.
- f) Nenašel jsem jinde obsah názvu *chudá měď*. Neznám produkt obsahující něco přes 50% mědi, neznám složení druhé poloviny.
- g) Nejasný výklad názvu může hrát zásadní význam i v případě pojmu *hertovní olovo*. Může jít buď o klejt nebo kapénky olova získané prosátím výplně odháněcí pece.
- h) Výškvarky - neumím posoudit, co se v tomto případě skrývá pod jinak běžně známým významem a obsahem.
- ch) Hutní zplodiny - pokud jsou tím myšleny smetky z kouřové komory, jde o první zmínku o tomto meziproductu v materiálové rozvaze.

Obsah jednotlivých položek bilance i v tomto případě je nejasný a neúplný. I v tomto případě mám dojem, že adresáta dokumentu zajímaly jen části prokazující výtěžnost stříbra. To by odpovídalo vysokému podílu nezpracované, tedy neprodejné mědi.

Pro ověření reálnosti bohužel vždy neúplných kalkulací nebo výkazů jsem se z těchto dat pokusil sestavit dílčí model potřeby a ztráty olova i mědi při ságrování. Současně šlo o pokus získat podklady pro lepší pochopení tavebních kroků, po kterých zůstaly meziproducty vykazované jako zůstatek.

K vytvoření optimálního modelu technologie ságrování černé mědi jsem použil jako základ informace z *Kořana (1950)* konfrontované nebo zprůměrované podle popisu *Kubátové (1996, 196, 198)*.

Parametry zvoleného modelu:

- poměr olova a černé mědi pro zolovňování bude konstantní
- váha bochníku zolovněné mědi před vycezováním 1,5 q
- ságrovat se bude současně 7,5 q slitiny = 5 bochníků
- z jedné dávky (5 bochníků) v ságrovací peci se vycedí (vzhledem k rozdílům mezi podklady *Kořana* a *Kubátové* nejsou data zprůměrována, ale jsou použity dvě mezní hodnoty):
  - chudého vycezoovacího olova se může vrátit do procesu: a) 5,5 q; b) 6,1 q
  - získá se výškvarků, které možno znovu pražit: a) 2 q; b) 1,4 q

Základní váhové hodnoty kovů vstupujících do modelu:

- váha mědi 30,8 q, to vyžaduje při poměru Pb:Cu = 5,39:1 dodat 166 q Pb, celková vstupní váha roztoku je tedy 196,8 q a k jejímu zpracování je třeba celkem 26,34 ságrovacích taveb a z nich bylo získáno:

Ságrováním byly získány meziproducty vyžadující další tavení:

- olovo vycezoací: a)  $26,3 \times 5,5 = 144,65$  q (73,5%)  
b)  $26,3 \times 6,1 = 160,43$  q (81,5%)  
ságrovaná měď: a)  $26,3 \times 2 = 52,6$  q (26,8%)  
b)  $26,3 \times 1,4 = 36,82$  q (18,7%)

Procentní rozdíl bude u následujících výpočtů stejný.

Výpočet pro archiválii (*Kořan 1950*, 44, 45):

Vstupní váha mědi 1215 q; potřeba 6548,85 q Pb. Olovo nebude stačit, bude nutné jej použít vícekrát. Celková vstupní váha 7763,85 q.

Z tohoto roztoku se vyrobí 5175,9 bochníků pro 1035,18 vycezovacích taveb, při kterých

budou získány meziprodukty:

olovo  $1035,18 \times 5,5 = 5693,49$  q měď  $1035,18 \times 2 = 2070,36$  q

olovo  $1035,18 \times 6,1 = 6314,59$  q měď  $1035,18 \times 1,4 = 1449,25$  q

Stejná metodika rozboru je použita i pro (*Skřivánek 2002*, 11, 12):

- vstupní váha mědi 645,51 q; potřeba olova 3379 q. Množství olova je nedostačující (527,04 q), olovo bude třeba použít vícekrát. Celková teoretická vstupní váha před zolovňováním 4124,8 q. Z toho se vytaví 2749,86 ks bochníků pro 549,97 vycezovacích taveb:

olovo  $549,97 \times 5,5 = 3024,83$  měď  $549,97 \times 2 = 1099,94$  q

olovo  $549,97 \times 6,1 = 3354,81$  měď  $549,97 \times 1,4 = 769,95$  q

Tyto výpočty byly určeny k rozšíření představy o množství olova, které procházelo procesem získávání stříbra, a současně k podpoření názoru, že pokud není olovo v archiváliích jmenováno, neznamená to automaticky jeho ztrátu. Tyto váhové poměry ale nelze spojit s celým tavebním procesem, kde se předpokládá opakovaný vstup olova do celého procesu a končícího sháněním stříbra.

Zde je podstatnou otázkou složení černé mědi (viz známá stížnost norimberských na její špatnou kvalitu). Jedinou sledovanou položkou při výkupu i prodeji byl obsah stříbra. Jsou údaje, že obsah mědi byl i kolem 50 % a ostatní bylo tvrdé olovo se stříbrem a ne dosti specifikovaný balast.

**K páté otázce: Co je známo o výrobě olova a jeho využívání ve středověku. Nepatří výroba olova do seznamu možných zdrojů aerosolů?**

Pyrometalurgická výroba olova a její podíl na vzniku aerosolů. Do seznamu zdrojů možného vzniku výparů olova je třeba zařadit komplexy těžby a zpracování olovených rud a to nejen v České kotlině, ale v celé Evropě a možná i v Anglii.

Důvodem je technologie výroby olova, která snad vždy začínala pražením olovnaté rudy (*Ercker 1974*, 217): *olovené rudy se praží na velkých hromadách a každé hromadě se dávají 3 ohně*, tzn. že se celý proces třikrát opakuje. Pražení předcházelo dříve suché, později mokré drcení rud, pochopitelně nejen olovených.

K pochopení specifiky výroby olova jsem se snažil srovnávat a hodnotit postupy a technologii zpracování převážně olovených rud v Goslarském revíru (*Kubátová 1996*, 214). Důvodem bylo, že Ercker v Goslaru pracoval asi od roku 1558 jako prubíř, člen různých montánních komisí a pracoval v mincovně. Sám prováděl zkušební tavby ve dvou vlastních hutích. Podle autorky tavil chudou rudu a vylepšeným tavebním postupem získával kvalitní olovo, stříbro a čistou měď. Jeho způsob dokonce zaručoval i určitý zisk (*Kubátová 1996*, 7).

Mimo polemiku: Goslarské rudy obsahovaly spolu s olovem také určitý podíl *kalamínu*, který způsoboval zamrzání běžných šachtových pecí. Účinné úpravy pece a pracovních postupů viz *Ercker (1974, 217)*.

Postupným ubýváním stříbrných rud a obsahu stříbra ve všech rudách přechází prakticky všechny polymetalické hutní provozovny na *olovnářskou výrobu*. Tyto postupy taveb nevyžadovaly přidávat další olovo, ale objevovaly se jiné problémy, jako zamrzávání pece (Árentsova výpust) a problémy s potřebou opakovaných zahušťování stříbra v olovu.

Protože chemické a fyzikální vlastnosti olova jsou vlastně příčinou této polemiky, několik poznatků, se kterými pracovali hutníci olova kolem roku 1955 (*Jareš 1950*, 355):

- olovo se taví při 327,4°C a vře při 1744°C

- tēkat zjevně začíná při  $\pm 750^\circ\text{C}$

- má vyšší tenzi par i při nižších teplotách např.:

- při teplotě kovu 700°C je nad hladinou lázně v 1 m<sup>3</sup> 0,03 g/m<sup>3</sup>

- při teplotě kovu 800°C je nad hladinou lázně v 1 m<sup>3</sup> 0,43 g/m<sup>3</sup>

- při teplotě kovu 900°C je nad hladinou lázně v 1 m<sup>3</sup> 1,5 g/m<sup>3</sup>

- na vlhkém vzduchu se dosti rychle pokrývá vrstvou kysličníku a zásaditého uhličitanu, který

ho chrání před další korozí; se sirnými sloučeninami tvoří povlak nerozpustného siřníku; měkké vody narušují olovo...

- kysličníky  $\text{MoO}_2$  i  $\text{PbO}$  samostatně vrou lehce, jako sloučeniny daleko hůře.

K popisu výroby olova v Příbrami v roce 1790 (Löwl 1908), opět zhuštěný popis: olověná ruda ze Stříbra obsahovala asi 66% olova a byla takto zpracována:

- na pražicím místě se sklonem se srovnala vrstva dříví, na kterou se rozložilo 150 q rudy a hromada se podpálila. Pražení těžé partie rudy se pětkrát opakovalo (ruda po zhasnutí hromady se překládala na novou hromadu podloženou novým dřívím). Při pražení v pěti ohních se vycezovalo z rudy asi 30% olova. Vycezené olovo stékalo po nakloněné půdě do tůně, ze které se vylilo do kadlubů. Toto olovo se již prodávalo.

- vypražená ruda se tavila v nízké peci a přidávalo se na 100 kg rudy 9 kg granulované litiny, 7 kg vápence, 33 kg železné strusky a 100 kg strusky od těžé práce. Tavením obdržené olovo bylo křehké a nečisté, zlepšovalo se vycezováním.

- vycezování se provádělo na šikmé nístěji, ze tří stran zdi. Do ní se položilo dříví a podpálilo - k hořejší stěně nístěje se položily asi 4 q olova.

Výroba olova stoupla v polovici 19. stol. v Příbrami na 8000 q olova a klejtu.

V části o odhánění jsem se zmínil o prachových komorách a jejich významu. Těkavost kovů a jejich sloučenin jsou prvotní příčinou celé diskuse. V této pasáži budu vycházet z *Hummela* (1939, 36-61) s titulem: *těkavost (těkavé pražení a tavení) těkavé prachy a Hummela - Glazunova* (1940, 8-19) s názvem: *výroba olova z rud a polovýrobních (Hummel 1931)*. Autor shrnul poznatky a výsledky chemických rozborů zachyceného těkavého prachu z instalovaných tehdy nejnovějších zachycovacích systémů, popisu různé způsoby úpravy prachu před návratem do tavebního procesu. Trvalou platnost mají druhy zjištěných sloučenin. Vzájemné poměry složek lze posuzovat jen orientačně. Nelze srovnávat vysokou pec s krčákem.

- rok kolem 1926, těkavý prach z *americké nístěje* v Mežici měl složení: 55,6%  $\text{PbSO}_4$ , 32,9%  $\text{PbO}$ , 4,6%  $\text{PbSO}_3$ , 4,1%  $\text{PbS}$ , 1,6%  $\text{ZnS} + \text{ZnO}$ .

- u většiny popisovaných závodů (Japonsko, Mexiko) je vyšší podíl síranu olovnatého v těkavém prachu,

- pro celý závod Mežica se udává, že těkavý prach obsahuje 60 až 65% olova, většinou ve formě  $\text{PbSO}_4$ ,

- složení těkavého prachu z pražicích pecí v Příbrami: 45,5%  $\text{PbO}$ , 23,3%  $\text{SO}_3$ , 1,25%  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , 1,06%  $\text{As}_2\text{O}_3$ , 2,08%  $\text{ZnO}$ , 7,2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1,1%  $\text{MnO}$ , 2,5%  $\text{C}$ , 14,2% nerozpustných látek. (*Hummel - Glazunov 1940, 19*)

Na závěr používám opis základních provozních dat olovářské hutě z roku 1919, bohužel zase z Jugoslávie (*Hummel 1926*). Pro polemiku je vhodné si povšimnout jednotlivých položek vsázek pyrometalurgických pochodů, kde vznikly a jejich možné účasti na složení spadů: Ruda je úplně stříbra prostý olověný leštěnc s provázeným blejnem zinkovým, kalamínem uhličitým a kyzem aj. Vyskytuje se i dosti vulfenitu. Neupravená vykopanina má 15%  $\text{Pb}$ , 5%  $\text{Zn}$ , po úpravě 77%  $\text{Pb}$  a 3%  $\text{Zn}$ .

Za rok 1919 bylo zpracováno v pražirně: 843 q železné strusky, 3785 q drobnozrného leštěnce, 3057 q jemného leštěnce, 8384 q těkavého prachu, 529 q škvárů z amerických pecí.

Výtěžek byl: 13719 q pražence, 1137 q těkavého prachu, 777 q olov. odpadků. Ztráta na váze 9,4%.

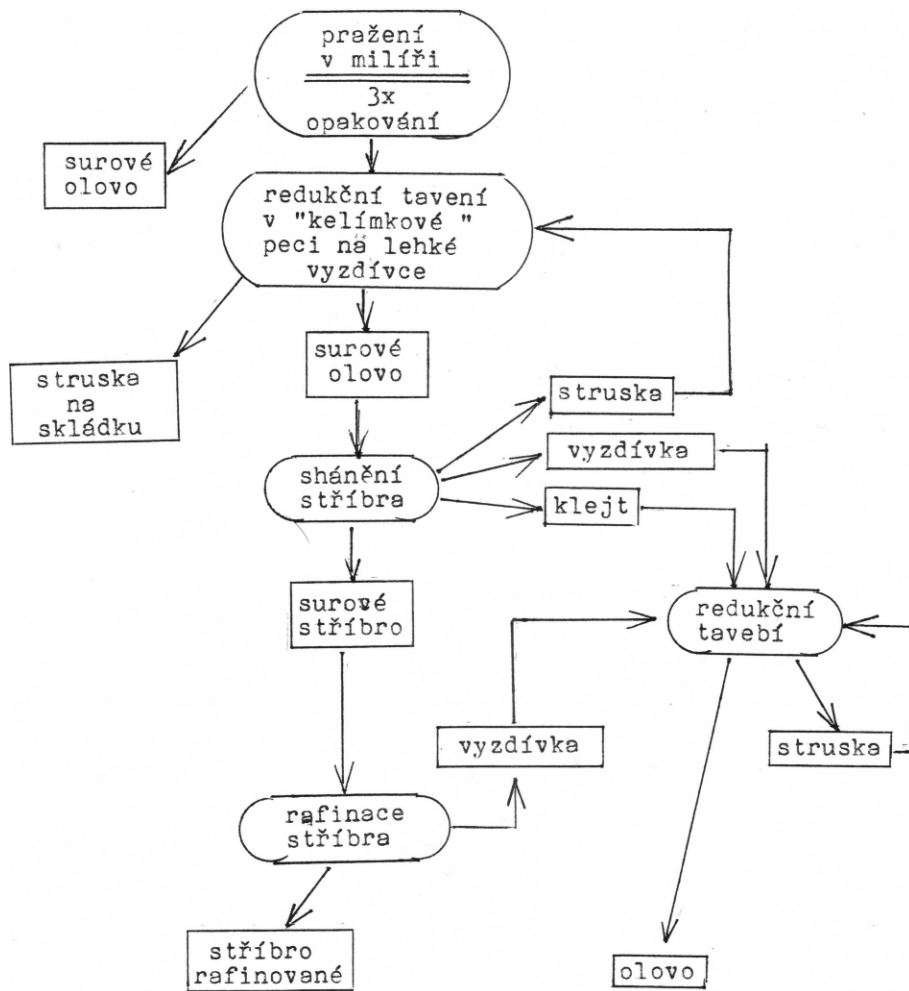
Na amerických pecích bylo zpracováno 6574 q drobného leštěnce s 72,5%  $\text{Pb}$  a vytěženo 31244 q olova (obě čísla nespojovat).

Ve vysoké peci: 14565 q pražence s 65,7%  $\text{Pb}$ , 649 q olověného stěru s 94,1%  $\text{Pb}$ , 9488 q jiných olověných zbytků s 48,8%  $\text{Pb}$ , 962 q rafinačního stěru s 95,1%  $\text{Pb}$ , 10427 q svárkové strusky, 2085 q vápence, 14619 q rozličných olovnatých produktů.

Výtěžek byl 14500 q olova. Celková roční výroba 45744 q olova.

Ještě jednou domů. Pražení suchých kyzů bylo asi dosti prašné, když komisaři doporučo-

**Schema představující pořadí procedur při zpracování olovených rud s velmi malým obsahem stříbra v Goslaru na počátku 18. století**



vali někdy kolem roku 1562 dát privilegium na zpracování hutního kouře na dobu 15 let (Košar 1950, 47). Tento podnikatel měl obdobné oprávnění pro rakouské země a chtěl platit 30 kr za 1 ctr prachu. Šlo o podnikatele R. Zürcka z Norimberka, jeho jméno v jiné souvislosti jsem nenašel.

I když nelze předpokládat, že jde o diskutovaný zdroj olova ve spadech, je zásobování hutí olovem nedílnou součástí hledání a posuzování významu olova ve sledovaném období. Vyjadřují se také proto, že existují zcela protichůdné názory na zásobování hutí. V dalším odstavci, v případě uvedení letopočtu, jde o citaci z Lemingera (1912, 5, 6).

Zásobování kutnohorských hutí olovem se provádělo dvěma způsoby:

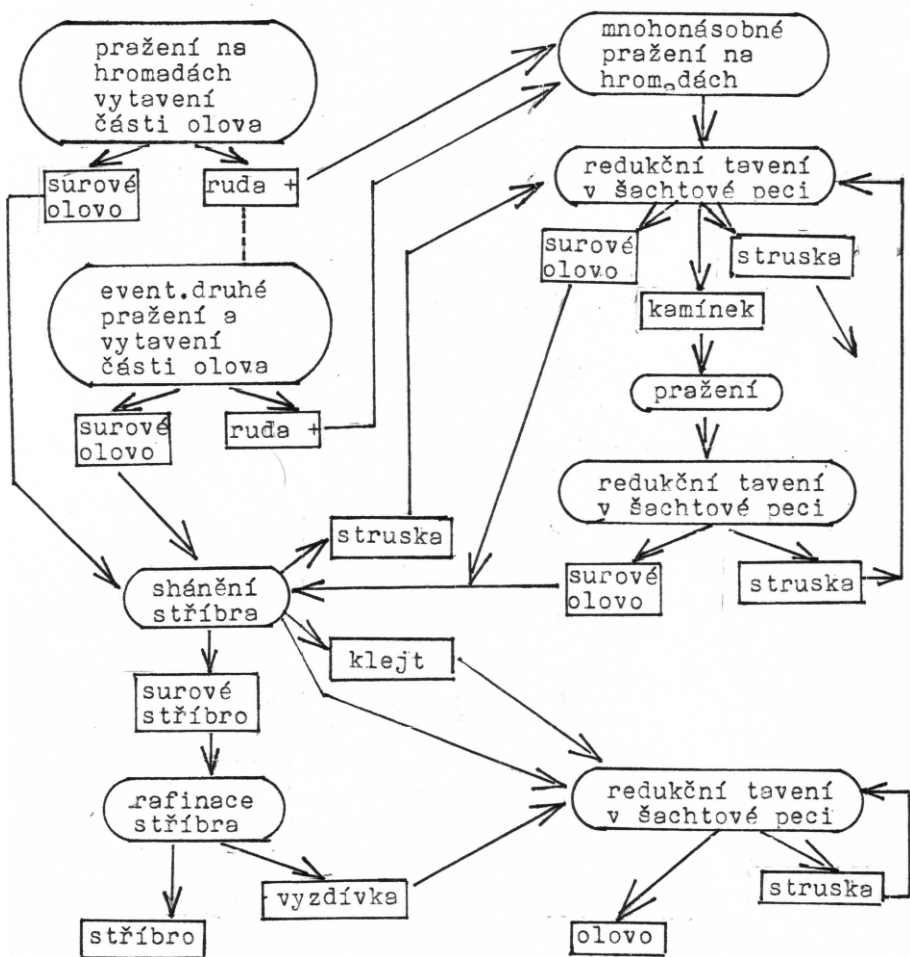
- Podílnictvím krále na výrobě olova ve Stříbře: 1506 cupusu dáno z mince na hory olovené u Stříbra celkem 923 kop 3 gr. To asi skončilo uzavřením uvedených dolů.



**Schema tavby olověných rud s vápencem v pánvi krakovsko-hornoslezské,  
v revírech Tarnowskie Góry a Olkusz v 16. až 17. století**

ruďy velmi bohaté  
nebo obohacené

chudé a nepoužitelné  
ruďy pro obohacování



b) Výkupem olova od překupníků, obchodníků - formanů. Tato skupina podnikatelů nakupovala olovo ve výrobních střediscích a se ziskem prodávala centrálnímu výkupu v Kutné Hoře. Této *dálkové přepravě* se věnovalo jen několik bohatých obchodníků. Na jejich pravidelných dodávkách olova závisela plynulá činnost mincovny. Proto také jim byly přiznávány různé celní a mýtní úlevy, případně dostávali (v době nouze o olovo) finanční zálohy na olovo. Zvyšováním významu královské hutě se současně zvyšovaly jejich výhody:

1505 posláno 382 hř 3 frt stříbra Pavlovi Kaufmanovi, měšičnímu krakovskému, za 1004 ct 5 lap 5 lib olova, které jest zde u váhy městské odváženo a na Dvůr složeno...

1503 popisuje Leminger potíže formanů vezoucích olovo, protože kolínští nerespektovali prů-

vodní list,

1563 ... vozy s olovem proti ukázání tohoto listu clem nebo mýtem obtěžovati nebudete...

Z dokumentů lze usoudit, že získávání a výkup olova byl v Kutné Hoře organizován centrálně i v době, kdy převládala výroba stříbra v soukromých hutích. Mincmistrovský úřad plnil funkci velkoochodu, i když je pravděpodobné, že větší a bohatší rudokupci nakupovali olovo ve vlastní režii.

1508 *Od skládání olova stříbrského ze čtyř vozů 4 gr.*

1517 byl Vít Hanykěř se Semtína dlužen za olovo Ondřejovi Bakaláři z Krakova ...

1618 *Kašpar Springer z Křesy složil na váze obecní na Horách Kutnách ku potřebě JMCské koupeného olova polského 21 ct 90 liber po 2 kopách za jeden centýř.*

Popis přípravy první zkoušky rudy (*Dobiáš 1954, 726*): *jel urburní písař do Kutné Hory pro potřebné k tomu materiály. Za 3½ centýře a 1 kámen čistého olova ... dal na tajnějším rathouze 4 k 22 gr., Šilhavému za 2 kameny glejtu 20 gr., Moravcovi za dva kameny tvrdého olova 26 gr. ... za nádoby na to vše 6 gr. Důležitá je poznámka na str. 721: za poučení ... báňské techniky jsem povinen díkem prof. Janu Kořanovi.*

Stejně zajímavý, i když mimo diskusi, je vývoj cen nakupovaného olova. Z hlediska použití olova se vícekrát opakuje záznam:

1510 *Desperatovi za kámen (20 liber) tvrdého olova k podsypání pod stříbro 20 gr.* Jméno dodavatele neumím zařadit.

Další oblast, která by mohla umožnit lépe pochopit postavení olova ve středověké společnosti, je využívání olova a poptávka po něm v životě obyvatel. Bohužel o pohybu olova mezi obyvatelstvem měst a zvláště venkova je málo zpráv. A pokud jde o šlechtická sídla předpokládám, že použité olovo nebylo z běžné maloobchodní sítě. Jsou publikovány stati o olověných rakvích, nálezů olověných známek, odborníci jásají nad nálezy zbytků olověných střech a olověného potrubí. Tyto a další známky použití olova ve sledovaném období se v odborné literatuře opakují. Jsou příkladem jeho používání, nic nebo jen málo říkají o jeho společenské potřebě. Použití olova jako střívela má trochu rychlou a podstatně bouřlivější historii. Využívání olova na nevolnickém venkově bylo asi nepatrné - snad olověné křížky zavěšené na krku, které se staly válečnou kořistí nebo šly s majitelem do hrobu.

Jediným obsáhlejším zdrojem informací o činnosti řemesel, používajících při své činnosti olovo nebo jeho slitiny, jsou práce *Wintera (1906; 1913)*. Rozsáhlý popis činnosti cechů a jednotlivých řemesel v Praze a velkých městech ve 14. až 17. století lze považovat za přijatelně objektivní. Pokud jde o venkov, šlo zboží z města na venkov a ne obráceně. To pochopitelně neplatí o výrobě, prodeji a spotřebě dřevěného uhlí.

Dále opisují vybrané záznamy, ve kterých je zmínka o olovu, železe, případně o využívání olova:

- průběžně se vyskytují zmínky o použití olova v kosmetice a léčitelství,
- občas jsou zmínky o rytí měšťanských pečeti do olova,
- v 15. věku se pobíjely, velmi vzácně, některé střechy olovem: roku 1556 hledal stavitel pražské Hvězdy *klonfíře*, který by pokrýl střechu,
- 1610 uměl dvorní sklenář Jan Šmída a zanechal po sobě 11 centů olova, 14 truhel skleněných koleček a několik set skel prohlédacích,
- v 16. století několik hrnčářů bralo olovo z Bleuštatu; asi bylo dosti rozšířené používání vypálených hrnců a kachlí pokrytých olovnatou glazurou,
- kolem roku 1500 jsou uváděni dva zrcadelníci, kteří podlévali sklo olovem,
- 1556 navrhuje (v Kutné Hoře známý) Šebestian Ess změnu krytí střechy Belvederu z původní olověné na měděnou,
- 1559 zemřel morem ... bohatý kupec nejasného cechovního zařazení ... který v krámě prodával železo, plátno, šafrán. V seznamu vyjmenováno asi 20 druhů železných výrobků, rysy papíru, cukr, zlatá voda a prach ručníční. Před krámem byly položeny dva kruhy olova.

- 1605 zemřelý Brikcí zanechal 23 centěří prodejného nádobí, několik centů cínu nezdělaného a olova, nedodělaného zboží 6 centů
- 1665 konvář slil plech z 8 liber olova. Vyráželi se z něj známky nebo cejchy při vybírání cla v pražských branách,
- význam olova lze posuzovat podle výše mýtného ve srovnání s jiným zbožím na celnici v Habrech (bohužel neznám rok platnosti): za vůz vína 16 penízů; za vůz zajíců a vyziny 12 penízů; za vůz vína a sladu 8 penízů; **vůz olova, ryb, koží, oceli po 4 penězích**; vůz obilí, česneku, cibule, kuřat po 2 penězích; vůz suken zavinitých, vosku po půl kopy.

Ilustrace ke vzájemným vztahům (*Dobiáš 1954, 718*): Roku 1550 se na venkově ještě používal v peněžních vztazích prastarý způsob záznamů *na rabuše*. Soud řešil spor *na ty rabuše, podle kterýchž obvinil*. Zde šlo o dluh za dodaná piva. Roku 1569 na pelhřimovském právu vypovídal chejskovský rychtář o půjčování peněz: *Sám ke mně do domu nosíval, ... což mi koli půjčil, měl sebou proutek, nařezal na něm...*

Dalším zajímavým, ale nesnadno měřitelným zdrojem aerosolů olova je jeho používání při zkouškách a přetavování pagamentu (neberných mincí) v královských mincovnách Evropy. Průběžné rušení platnosti mincí a povinnost výměny za novou ražbu dávala práci mincovnám a také vyžadovala trvalou potřebu olova. Pro podporu tohoto tvrzení: Český sněm z 5. února 1557 schválil *bernost 97* vyjmenovaných druhů mincí a k tomu ještě přidal dalších 35 ražeb.

K zamyšlení mne donutila i následující úvaha ing. Holuba: *Po uklidnění válečných akcí v zemích sousedících se Šumavou přetrvával relativní pokles spadů až do dvacátých let 19. století*. Prokázání nebo vyvrácení tohoto tvrzení přesahuje rozsah této publikace. Proto, ač nerad, používám polemickou zkratku:

Válečné akce i přes masové rozšiřování palných zbraní probíhaly v přesně omezeném prostoru bojiště na ploše řádově kilometry čtvereční po dobu řádově v hodinách v době zvolené jedním z protivníků. Narušení mikroklimatu bylo jednorázové.

V kalkulaci pohybu a ztrát olověného střeliva je třeba znát:

- Počet mužů ve zbrani, jejich výzbroj (druh střelné zbraně) a způsob zásobování jednotek při výcviku a při bojovém tažení, tj. nesená/vezená dávka (množství kulí) střeliva,
- Rozdílné zvyklosti, délka vojenské služby, metody vedoucí k tomu, aby se kmán naučil (mimo jiné) bezchybně manipulovat se složitou zbraní, nebát se vlastního ani cizího výstřelu atd. - zvyšování bojeschopnosti je trvalý průběžný prvek a jeho součástí je velká střelnice v každé garnizoně,
- V případě střetnutí (v současnosti to odpovídá výrazu mise) bylo vždy několik dílčích etap. Přesun střelce na místo střetnutí a bez jakéhokoliv doplnění. Následovalo vlastní střetnutí. Obecně lze jen spekulovat, kolik ran střelec vystřelil než zvítězil nebo padl. Totéž platí o

*Procentní rozdělení spotřeby olova (Jareš 1950, 355).*

výrobek	Spojené státy v letech		Anglie v letech	
	1929/39	války	války	1946/47
Akumulátorové baterie	28-32	22-30	15-19	14-16
Olověná běloba	11-13	4-7	7-8	cca 7
Armování kabelů	7-13	11-16	26-36	27-30
Mínium a klejt	cca 8	cca 7	6-10	cca 9
Trubky, plechy a pod.	6-7	6-11	8-25	26-27
Munice	5-7	6-10	6-8	cca 1
Folie a tuby	3-5	1-2	cca 3	cca 1
Pájky	3-3,5	3,5-4,5	3-3,5	3-3,5
Liteřiny	2-3	1,5-2,5	2,5-3,5	cca 4
Tetraetyl olova	?	5-8		
Kompozice	cca 2	2-4		

doplňování střeliva. Zde ovšem platila stejná zásada ve výcviku i po boji. Kule jsou vzácné a proto se sbírají. Pochopitelně zajatcům i mrtvým. Kdo určí váhový úbytek olova po střetnutí, olova které se zabořilo do země, do vegetace nebo do lidských údů a časem se vstřebalo?

d) Zde nehovím o samostatných bojových tlupách. Ale i zde mělo olovo vysokou hodnotu a bylo získáváno *jak se dalo* a vždy bylo vysoceobrátkové.

Kule si lil každý střelec sám, později se přechází na manufakturní výrobu.

Zaujala mne shoda principu i základního provedení kleští na lití prubříské olověné kuličky (*Agricola*) a vyobrazení licích kleští na kule z příslušenství pro střelbu z předovek ze 17. století (*Dupuy 1996*, 115).

Je možné, že k výrobě kulí se používalo *tvrdé olovo*, které nebylo v hutí ekonomicky regenerovatelné. Literatura se nezmiňuje o tom, kam takové olovo šlo. V současné době se při výrobě měkkých broků přidává malá přísada arsenu. Tvrdé broky obsahují vedle arsenu také 1 až 2 % antimonu (*Jareš 1950*, 358).

### Závěr

V celé debatě o podílu olova při výrobě stříbra i mědi a zvláště při citaci archválií se různé promítají tyto pojmy: měkké olovo, rudní olovo, hutní olovo, oživené olovo, tvrdé olovo. Každý z těchto termínů označuje zásadní rozdíl v použitelnosti při hutnických pracích. Nepřesné pojmenování olova zvláště v produktech taveb je pravděpodobně také příčinou nepochopitelných rozdílů a nejasností - viz rozbor a model ságrování mědi (*Kořan 1950*, *Skřivánek 2002*) i jinde. Podstatné je, že olovo při opakovaném používání ztrácelo postupně schopnost vytvářet roztok se stříbrem. To znamenalo, že se muselo olovo regenerovat (cena?) nebo zvýšit podíl olova při vycezování stříbra z rudy nebo ze strusky. Tento problém řešili všichni montanisté:

*Kubátová (1569, 134): Nadpis Zkoušení těžkotavitelného rudního olova a měděného kamínku. Hubené, tučné těžkotavitelné rudní olovo a měděný kamínek, kterých se užívá při některých tavbách jako přísady ke zpracování stříbrných rud a obohacení mědi, aby se daly dobře odlévat a aby se z nich dalo vycedit stříbro. Hubené těžkotavitelné olovo stejně jako měděný kamínek se má zkoušet na stříbro, ale ten přechází raději do olova. Těžkotavitelné olovo se rovná černé mědi a je skoro stejně, se má zkoušet na stříbro jako černá měď, o čemž bude brzy následovat zpráva.* Jen pro připomenutí. *Kořan (1950, 44)* publikuje a komentuje dokument datovaný 1542, kdy jméno Lazara Erckera bylo zcela neznámé.

Neumím zhodnotit strukturu opakovaného používání olova, které bylo zastaveno neúnosnými náklady na regeneraci. Stejně jsem nenašel vysvětlení (mimo odběru klejtu) kam se dostalo olovo nepoužitelné v hutí.

Osobně se mně zdá, že dnes opisuje jedna generace od druhé (bohužel to dělám i já - je to snadné). Nevzpomínám si, že bych někde četl větu: *v dokumentu z roku 1550, který jsem četl, tyto výrazy mají (mohou mít) jiný význam.*

Také se mi zdá, že postupem času stále stoupají odhady produkce stříbra. Nevím, že by někdo tato čísla konfrontoval s odhadem počtu hutí a jejich výrobní kapacitou v hodnocených etapách.

Za povšimnutí stojí i dislokace velké části hutí stavěných do konce třicetileté války. Většina hutníšť byla postavena v úvozech, zákrutech řek, hlubokých lesích. I poslední kutnohorská stříbrná huť z 2. pol. 18. stol. (*Nový 1974*, 457) byla jednopatrová bez komínu, postavená v hlubokém údolí Vrchlice. Ještě v té době se stavěly hutě s ležatými prašnými komorami v patře nad pecemi. To platilo i pro *vyšoké pece*, které byly součástí jmenované kutnohorské hutě. Prašné komory měly schopnost rozbít a ochladit sloup horkého vzduchu, srhávající sebou poléťavé částice. Ležaté prašné komory umožňovaly snadné čištění. Tento problém řeší všichni autoři *Agricolou* počínaje.

Jako amatérský pozorovatel sledující dění kolem české historické montanistiky jsem po

napsání tohoto textu uvažoval, co s ním. Protože článek ing. Holuba vyšel v roce 2006, očekával jsem, že se současní profesionální meteorologové nebo montanisté nějakým způsobem vyjádří. Jde přece o novou teorii vysvětlující a zdůvodňující původ olověného spadu a jeho přesun na vyjmenovaných osách. Teorie přesunu částic olova z Vysočiny, Kutné Hory atd. do šumavských jezer byla asi přijata bez diskuze.

Nebyl jsem proto nijak překvapen při pročítání sborníku *Stříbrná Jihlava 2007 - Studie k dějinám hornictví a důlních prací*, že jsem na tento nový objev narazil. V článku autorů Václava Vaňka a Dalibora Velebila s názvem *Staré hutnictví stříbra* na str. 197 jako část encyklopedického hesla *kupelace* jsem přečetl: *Původ tohoto olova je přisuzován právě starým stříbrným hutím, z nichž byl oxid olova odnášen větrem ... na značné vzdálenosti. To vše by dobře odpovídalo rozvoji dolování stříbrných rud v Čechách, ... ve 14. století vrchol dolování stříbra v Kutné Hoře a na Českomoravské vrchovině a v 16. století rozvoj (a zároveň vrchol) dolování zejména v Krušných horách v Jáchymovském revíru a jinde.*

Mírně mě pobavila lehkost, s jakou se neprokázané dedukce dostanou do encyklopedického povědomí. A právě v tomto sborníku je publikována pro Českou kotlinu zcela objevná práce o produkci stříbra a olova ve středověké Anglii a Walesu (*Clauhgtton 2007*).

### **Příloha 1: Zpráva Dra Jana Jiřího Greiselia o studijní cestě podniknuté v roce 1670 do Kutné Hory, Jáchymova, Horního Slavkova a Krásna.**

*(Hornická Příbram 1989, Báňská historie 145-162; výpisy.)*

Zjistil jsem kromě jiného, že když jinak všechna místa jsou porostlá rostlinami, stromy a keři, hornické odvaly tam okolo jsou skoro všechny holé a že dým stupající z pecí, protože je těžký a hned se ukládá na zem, všechny rostliny v okolí nebo které rostou ve směru jeho tahu vysuší, zabrání růstu nebo úplně stráví a krávy, které se tam pasou okolo pecí, dávají jen mléko nechutné nebo zle páchnoucí.

Půl míle od Kutné Hory je jistý okrsek, kde roste nejlepší a nejchutnější křen v celé Germanii,...

*Str 155, Jáchymov (ruda arsenová):* Horníci, kteří pracují v onom dole, dostanou třesavku údů a umírají. Totéž postihuje ty, kteří pracují u pece, ve které se zpracovávají nejlepší rudy této žíly, u pece, jejich výkres také, ... co nejdříve zašlu. Všichni pracující jsou, ... jako živé mumie, bledí, vysušení, oči mají zapadlé, zkrátka jsou tak hubení, ... Nemohl jsem také přistoupiti zcela ke komínu této pece ani setrvat v dýmu nebo dosahu kouře bez ohrožení dýchání, přistoupil jsem však bez potíží k ohni a zapálené peci. Pozorovali kromě toho pracující tam se zdržující, protože tato pec leží uprostřed lesa, že do okolí, kam dosahuje kouř, nikdy nepřicházejí jeleni, ačkoliv okolo se jich nemálo zdržuje, avšak jakmile zvěťfí první kouř rychle se vzdálí. Z této rudy pak zhotovují krystalický arzenik,...

*Autor zprávy, doktor lékařství profesor, anatomie na vídeňské universitě, roku 1670 doprovázel nejvyššího mincmistra hraběte Paara při cestě po českých dolech.*

*Dr. Jan Urban přeložil dopis z almanachu ve Státní knihovně v Bambergu, sign. Eph. q. 23, 1671.*

**Příloha 2: Významné těžební revíry podílející se na výrobě a využití olova v kovohutnických procesech mezi XIV. a XVIII. stoletím ve střední Evropě**

**1 HARZ** Pb,Ag,Cu

Goslar  
Zellerfeld  
Wildemann  
Lautenthal  
Clausthal  
St. Andreasberg

**2 MANSFELD** Cu

Mansfeld  
Hettstedt  
Friedenburg  
Rothenburg

**3 HORNÍ SASKO** Ag

Freiberg  
Schneeberg  
Annaberg  
Marienberg  
Potůčky

**4 DURÍŇSKO** Cu

Saalfeld  
Kamsdorf  
Ilmenau  
Lobenstein  
Kupferberg  
Ölsnitz  
Pöhl-Jocketa

**5 KRUŠNOHOŘÍ** Ag,Pb,Cu

Jáchymov  
Oloví  
Albertamy  
Přísečnice  
Hora sv. Šebestiána  
Kraslice  
Měděnec  
Jindřichovice

**6 TYROLSKO** Cu,Pb

Schwaz  
Klausen  
Kitzbühel  
Schladming  
Lienz  
Zillertal  
Mittlerberg  
Kallwang

**7 KOTURANY** Pb

Villach  
Bleiberg

**8 SEVERNÍ LOTRINSKO**

Pb,Zn  
Mežica  
Črňa

**9 PŘÍBRAMSKO** Ag,Pb

Příbram  
Březové Hory  
Stříbrné Hory  
Hory Matky Boží

**10 KUTNOHORSKO** Ag,Cu

Kutná Hora  
Kaňk

**11 BLANICKÁ BRÁZDA** Ag

Český Krumlov  
Rudolfov  
Ratibořické Hory

**12 JIHLAVSKO** Ag

Jihlava  
Havlíčkův Brod  
Šlapánov  
Stříbrné Hory  
Petrkov  
Svatý Kříž

**13 HORNOSLOVENSKÁ**

**OBLAST** Cu  
Krompachy  
Gelnica  
Smolník  
Spišská Nová Ves  
Mnišek  
Štos  
Ornak-Starorobocianska

**14 STŘEDOSLOVENSKÁ**

**OBLAST** Cu,Ag  
Kremnica  
Banská Bystrica  
Lubětovo  
Brezno

**15 DOLNOSLOVENSKÁ**

**OBLAST** Ag,Pb  
Banská Štiavnica  
Nová Baňa  
Pukanec

**16 HORY SW.KRYZKYE**

Cu,Pb  
Checiny  
Jaworzina  
Karczowka  
Miedziana Góra

**17 HORNÍ SLEZSKO** Pb

Bytom  
Tarnowskie Góry  
Olkusz  
Slawkow

okolí Chrzanova

**18 DOLNÍ SLEZSKO**

Cu,Pb,Ag  
Zloty Stok  
Boguszow  
Jablow  
Miedzianka  
Zlotoryja

**19 JESENÍKY** Ag,Pb

Horní Benešov  
Horní Město  
Hankštein

**20 ODESKÉ VRCHY**

Kletné

**21 ZÁPADNÍ MORAVA** Ag

Rozseč

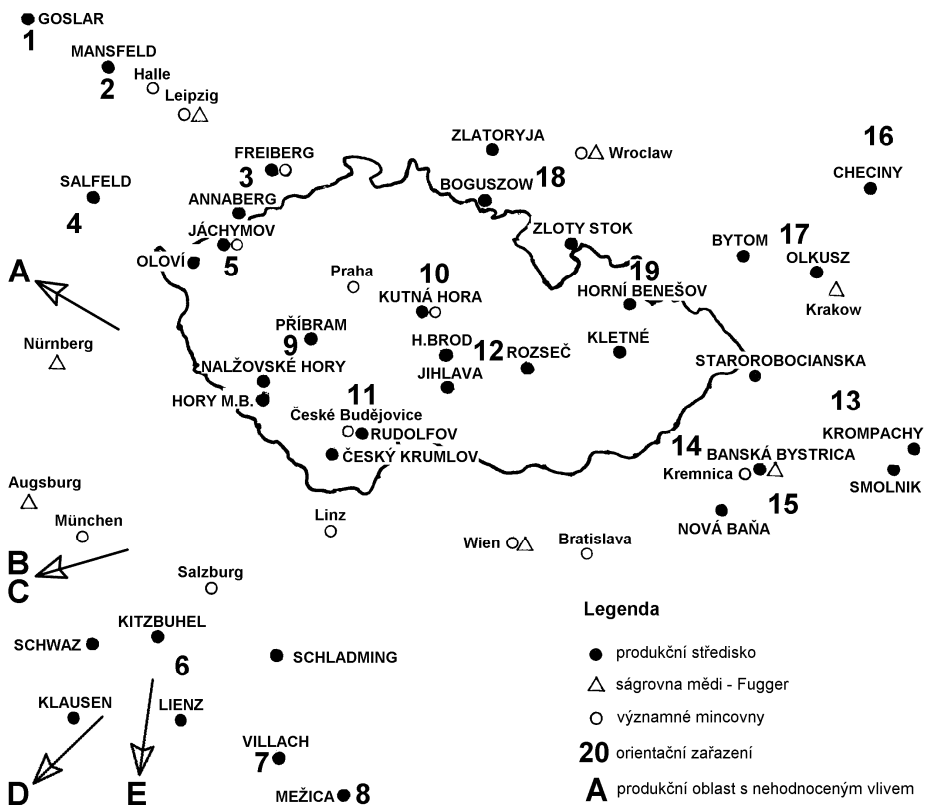
**Významnější mincovny:**

Praha  
Kutná Hora  
Jáchymov  
České Budějovice  
Bratislava  
Kremnica  
Vídeň  
Linec  
Hall  
Salzburg  
Mnichov  
Freiberg  
Lipsko  
Varšava  
Vratislav

**Místa s provozem ságrovacích hutí společnosti Függer-**

**Thurzo:**

Amsterdam  
Hamburg  
Szczecin  
Antwerpen  
Frankfurt n.Main  
Leipzig  
Wroclaw  
Nürnberg  
Krakow  
Banská Bystrica  
Augsburg  
Wien  
Milano  
Senj  
Venezia



**A** - Anglie - severní Penniny, 1550 km

**B** - Lotrinská oblast, 400 km

**C** - Feriburgská oblast, 350 km

**D** - Andaluzie, 2500 km

**E** - Sardynie, 1500 km





## Literatura

- AČ XII: Archiv český, čili Staré písemné památky české i moravské, sebrané z archivů domácích i cizích. Díl XII. - *Praha, Domestikální fond království Českého (redaktor Josef Kalousek; 602 s.)*
- Agricola G. 1556: De re metallica libri XII, - *Basileae*. Česky: Dvanáct knih o hornictví a hutnictví - *Praha 1933, Praha 1976, Ostrava 2001 (překlad B. Ježek, J. Hummel)*.
- Balling C.A.M. 1885: Die Metallhüttenkunde. - *Berlín (28 s.)*.
- Barvřít, J. L. 1905: Řád hor olověných u města Stříbra z roku 1513. - *Hornické a hutnické listy VI, č. 7.*
- Biringuccio, V. 1540: Pyrotechnia. - *Benátky*.
- Brázdil, R. - Kotyza, O. 1996: Historie počasí a podnebí v českých zemích II - nejstarší denní pozorování počasí v Českých zemích. - *Brno, Masarykova universita (178 s.)*.
- Clauhgton, P. 2007: Silver and the demand for lead: assessing production levels in late medieval England and Wales. - *Stříbrná Jihlava 2007 - Studie k dějinám hornictví a důlních prací, Jihlava - Brno 2007, 148-153.*
- ČHP 1979: České horní právo. 3. Jáchymovský královský báňský řád z roku 1548. - *Příbram (překlad L. Jangl, 192 s.)*.
- Dějiny hutnictví železa v Československu. Díl 1. (1984), díl 2. (1986), díl 3. (1988) - *Academia Praha.*
- Delius, Christoph Traugott 1773: Anleitung zu der Bergbaukunst. 1. díl. - *Wien. (Reprint: Národní technické muzeum Praha 1976 (1. díl), 1977 (2. díl))*
- Dobiáš, J. 1954: Dějiny královského města Pelhřimova a jeho okolí, díl 3. - *Nakladatelství ČSAV Praha (s. 718-761)*.
- Dupuy, R.E. - Dupuy, T.N.: Historie vojenství: Harperova encyklopedie. I. díl (1996), 2. díl (1997). - *Forma Praha.*
- Dvořák, P. 2002: Termika aneb vyšší škola plachtění. - *Cheb, Svět křidel (225 s.)*.
- Dziekoński, T. 1963: Metalurgia miedzi ołowiu i srebra w Europie środkowej od XV. do końca XVIII. w. - *Wydawnictwo Polskiej Akademii nauk (386 s.)*.
- Ercker, L. 1974: Kniha o prubířství. - *Praha, Národní technické muzeum (271 s.)*, překlad P. Vitouš. Originál: Ercker Lazarus 1574: Beschreibung allerfürnemisten mineralischen Ertztz und Berckwercksarten... *Georg Schwartz Praha-Staré Město.*
- Fritzschn, K. E. 1967: Bergman in der Kutenberger Miniaturen des ausgehenden Mittelalters. - *Anschnitt (Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau) r. 19 (monotematické č. 6) 40 str.*
- Gros Heinrich, kolem 1480: ručně kolorované listy s 25 tabulemi (výjevy z rajonu La Croix-aux Mines asi 70 km sv. od Štrasburku). Uloženo ve škole výtvarného umění v Paříži. Jednotlivé kresby přetištěny roku 1962 v Bergbuch des Lebertals.
- Hána, J. 2007: Technické aspekty středověkého mincovnictví do konce 19. století. - *Vlastivědné muzeum v Klatovech.*
- Havrlík, A. 1976: Problematika ozdravení zemské atmosféry z hlediska výroby neželezných kovů. - *Rozpravy Národního technického muzea v Praze 68 - Z dějin hutnictví 3, 225-231.*
- Holub, M. 2006: Pokus o srovnání modelové produkce stříbra v hlavních revírech Českého masívu s obsahy olova v sedimentech šumavských jezer. - *Antiqua Cuthna 2, 141-149, Praha 2007.*
- Hummel, J. - Glazunov, A. 1940: Kovohutnictví (výroba olova, mědi, niklu, kobaltu, cínu, antimonu, vismutu, stříbra, zlata, platiny, rtuti, zinku a kadmia: výroba hliníku, hořčíku a beryllia, lehké a ultra lehké slitiny). Druhý (speciální) díl. - *Praha, nákladem vlastním (442 s.)*.
- Hummel, J. 1926: Hutnictví Jugoslávie. - *Hornické a hutnické listy 8/27, č. 1, 2, 4, 10.*
- Hummel, J. 1931: K otázce účelného složení strusek olovnářských vysokých pecí. - *Hornické*

*a hutnické listy 8/32, č. 12.*

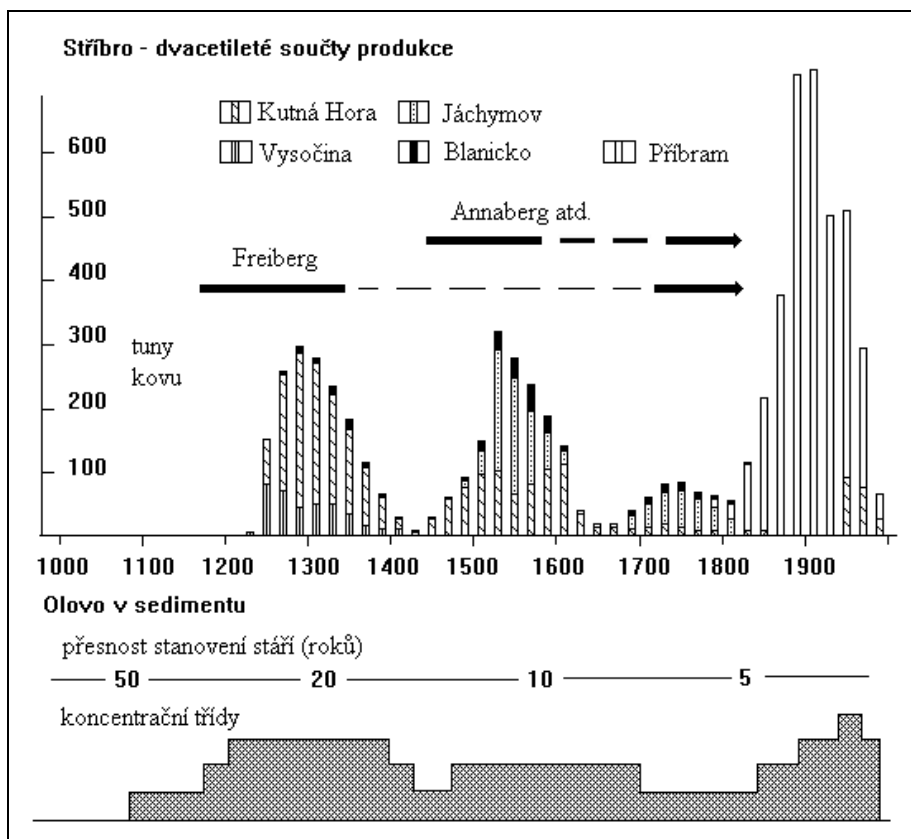
- Hummel, J. 1936: recenze. Vypařování při hutnických pracích. *Hornické a hutnické listy XVIII/XXXVII, 292.*
- Hummel, J. 1939: Kovohutnictví (výroba olova, mědi, niklu, kobaltu, cínu, antimonu, vismutu, stříbra, zlata, platiny, rtuťi, zinku, kadmia, hliníku a hořčíku). První (všeobecný) díl. - *Praha, nákladem vlastním (293 stran).*
- Optalius z Třebenice, Jakub 1657: Sprostota sprostičké a kratičké vypsání o huti železné. - *NTM Praha 1981 (připravil G. Hofman, 151 str.).*
- Janáček, J. 1968: České dějiny, doba předbělohorská 1526-1547, kniha I., díl I. - *Academia Praha (281 str.).*
- Jareš, V. 1950: Metalografie neželezných kovů. - *Vědecko-technické nakladatelství, Praha (380 s.).*
- Jirkovský, R. 1956: Pruběrství a zásady vzorkování. - *SNTL Praha (154 s.).*
- Kobzová, E. 1998: Počasí. - *Rubico Olomouc (276 s.).*
- Kořan, J. 1950: Dějiny dolování v rudním okrsku kutnohorském. - *Vědecko-technické nakladatelství Praha (181 s.).*
- Kořan, J.: Kapitoly z dějin hutnictví barevných a drahých kovů. - *Rozpravy Národního technického muzea v Praze 94 - Z dějin hutnictví 12, 1984, s. 62-73 (1. část); č. 98/13, 1985, 23-41 (2. část); č. 101/14, 1985, s. 47-55 (3. část); č. 106/15, 1986, s. 114-131 (4. část).*
- Kořan, J. - Koutek, J. 1947: Rudní ložiska oblasti rudolfovské a jejich dějiny. - *Státní geologický ústav Československé republiky Praha..*
- Krebs, M. 1970: Železářství na Žďársku 1350-1886. - *Okresní muzeum Žďár nad Sázavou.*
- Kroupa, G. 1904: Hutnictví kovů v Rakousku. - *Hornické a hutnické listy, č. 2, 3.*
- Krška, K. - Šamaj, F. 2001: Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. - *Karolinum Praha (563 s.).*
- Kubátová, L. 1996: Neznámý rukopis Lazara Erckera 1569. - *Státní ústřední archiv, Praha (255 s.).*
- Leminger, E. 1912: Královská mincovna v Kutné Hoře. - *Česká akademie císaře Františka Josefa pro vědy, Praha (450 s.).*
- Löwl, K. 1908: Dějiny výroby kovů v Čechách. - *Hornické a hutnické listy r. 9, s. 18-19, 38-40, 53-54, 64-69.*
- Majer, J. 1983: Kovohutnictví 1800-1880. - *In: Studie o technice v českých zemích I, s. 266-254. Praha.*
- Majer, J. 1989: Z dějin hornictví Hor Matky Boží. - *Sekretariát symposia Hornická Příbram ve vědě a technice.*
- Majer, J. 2004: Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. - *Libri Praha (256 s.).*
- Malec, J. a kol. 1999: Vliv složení starých hutních strusek z území kutnohorského revíru na kontaminaci horninového prostředí rizikovými prvky. - *MS, studie Ústavu nerostných surovin Kutná Hora č. 3694.*
- Mathesius, J. 1981: Hornická postila s krátkou jáchymovskou kronikou. - *Praha, Národní technické muzeum; Příbram, Komitét symposia Hornická Příbram ve vědě a technice (překlad J. Urban, 404 s.).* Originál: Mathesius, Johann: Sarepta Oder Bergpostill, Samlt der Jochimsstahlishen kurzen Chronicken - *Norimberk, 1564.*
- Molenda, D. 1985: Der Erzbergbau Polens vom 16. bis 18. Jahrhundert. - *Anschnitt (Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau) r. 37 (č. 5-6) 196-205.*
- Munzar, J. a kol. 1989: Malý průvodce meteorologií. - *Mladá Fronta, Praha (242 s.).*
- Nový a kol. 1974: Dějiny techniky v Československu do konce 18. století. - *Academia Praha.*
- Paměti 1878, 1880: Paměti Mikuláše Dačického z Heslova (ed. A. Rezek), Svazek první (1878). Svazek druhý (1880). - *Malice česká, Praha (editor A. Rezek, 354 s.).*
- Pleiner, R. a kol. 1978: Praveké dějiny Čech. - *Academia Praha.*

- Quadrat, O. - Regner, A. 1950: Základy metalurgie kovů. - *Práce Praha* (251 s.).
- Ročenka ČHMÚ: Informační systém kvality ovzduší. Znečištění ovzduší na území České republiky - roky 2004, 2005, 2006.
- Ročenka MZPR 1995: Výsledky kontroly a monitoringu cizorodých látek. - *Stati Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy*.
- Rössler, Balthasar 1700: Speculum metallurgiae politissimum oder Hell-polierter Berg-Bau-Spiegel. - *Dresden (Reprint: Národní technické muzeum Praha 1978)*
- Sborník 1954: Dějiny vojenského umění I, II. - *Naše Vojsko Praha*.
- Sborník 1999: Zbraně od roku 5000 př. n. l. do roku 2000. - *Svojtko a Co., Praha* (336 s.).
- Schlüter, Ch.A. 1738: Gruendlicher Unterricht von Hütte-Werken... - *Braunschweig*.
- Skřivánek, M. 2002: Kutnohorská měď v XVI. a na počátku XVII. století. - *Kuttna, Kutná Hora* (36 s.).
- Vambora, R. 1903: O usazování se lechu olovnatého ze strusky a o čištění bohatých strusek. - *Hornické a hutnické listy IV* (č. 11, 12), V (č. 1, 2, 3, 4).
- Vasiljev, V. 1950: Farebné kovy. - *Práca, Bratislava* (487 s.).
- Vitásek, F. 1956: Fysický zeměpis. 1. díl: Ovzduší a vodstvo. - *Nakladatelství ČSAV, Praha* (495 s.).
- Vurm, K. 2001: Dějiny příbramské hutě (1311-2000). - *Příbram*.
- Westerman, E. 1986: Zur Silber und Kupferproduktion Mitteleuropas vom 15. bis zum frühen 17. Jahrhundert. - *Anschnitt (Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau) r. 38* (č. 5-6).
- William, J. et al. 1999: Počasí. - *Nakladatelství Sojka a Co., Praha* (288 s.).
- Winter, Z. 1906: Dějiny řemesel a obchodu v Čechách v XIV. a XV. století. - *Česká akademie, Zvláštní výtisk pro Matici Českou, Praha* (976 s.).
- Winter, Z. 1913: Český průmysl a obchod v XVI. věku. - *Česká akademie, Zvláštní výtisk pro Matici Českou, Praha* (681 s.).
- Zýka, V. 1974: Vliv hornické a hutnické činnosti na chemické složení přirozené vegetace a kulturních rostlin v Kutné Hoře, str. 83-109. - *Sborník technologie, geochemie č. 14. Ústav nerostných surovin Kutná Hora 1977*.

## K NĚKTERÝM OTÁZKÁM VÁCLAVA ŠTEFANA

Milan Holub

Na II. kulatém stole v Kutné Hoře v roce 2002, věnovaném mincování Slavníkovců, jsem při diskuzi ukázal graf porovnávající obsahy Pb v sedimentech šumavských jezer (autor - bohužel již zemřelý RNDr. Josef Veselý, CSc.) s modelovým grafem produkce stříbra v Českých zemích. Cílem bylo upozornit historiky a další přítomné na skutečnost, že současná geochemie poskytuje datovatelné údaje použitelné při řešení historických problémů. Po diskuzi mne několik přítomných přesvědčilo o vhodnosti publikace grafu. Graf jsem doplnil o maxima dolování na saské straně Krušných hor a po dohodě s Dr. Veselým publikoval s krátkým vysvětlujícím textem a s odkazem na jeho práci (Veselý 2000). Nedávno mi vydavatel Vlastivědného kutnohorského sborníku Ing. Bartoš poskytl rukopis Václava Štefana,<sup>1</sup> reagující na můj příspěvek.



*Porovnání dvacetiletých součtů modelové produkce stříbra v hlavních revírech (Holub 2002) se sloučenými obsahy olova (převedenými na semikvantitativní třídy) v sedimentech šumavských jezer (Veselý 2000).*

V. Štefan ve svém diskusně zaměřeném článku položil několik otázek o zdrojích olova a mož-

<sup>1</sup> Štefan V. 2010: Úvahy o výrobě a využívání olova v Evropě v letech 1250 až 1860. - *Kutnohorská 14/10*, 27-57.

nostech jeho přenosu do šumavských jezer. Na některé z jeho otázek se pokusím alespoň z části odpovědět.

### **Proč byla vzorkována šumavské jezera**

Počátkem druhé poloviny dvacátého století se v jehličnatých lesích nejen střední a severní Evropy počaly projevovat účinky kyselých dešťů. Jedním z prvních opatření proti lokálnímu poškozování ekosystémů byla výstavba vysokých komínů s cílem rozptýlu exhalací na rozsáhlejší plochy. Koncem šedesátých let se v kanadském Sudbury (Ontário) začal stavět tisíc stop (330 m) vysoký komín, jehož kouřová vlečka za vhodných podmínek stoupala do výše okolo 800 m. Hutě v okolí Sudbury zpracovávaly několik milionů tun sulfidických rud niklu a mědi ročně a jenom tímto komínem prošlo za rok do atmosféry okolo 100 tisíc tun sirmých sloučenin. Zanedlouho se ve skandinávských jezerech, již od přírody kyselých, zvyšovala kyselost vody natolik, že z nich mizel život. Protože družice pro dálkový průzkum Země již uměly sledovat obsahy síry v půdách, vodách a oblacích, viník byl brzy nalezen. Následující dohody, zákony a důsledné odsiřování hutí měly zajímavé vedlejší efekty. Ve světě se zhroutilo celé jedno odvětví - těžba síry a sádrove. Naopak sádra, odpad z odsiřování exhalací, se stal významným stavebním materiálem.<sup>2</sup>

Ve skandávských jezerech existují páskované sedimenty zvané varvity, jejichž tmavší vrstvička se usazuje v zimě, světlá, písčitéjší část, v létě. Na těchto vrstvičkách lze odečítat roky jako na letokruzích stromů.<sup>3</sup> Pro korelaci sedimentů z různých míst je však nutné znát opěrné, absolutně datovatelné vrstvičky. Pro novější dobu je poskytují radionuklidově zjištělné sedimenty z roku, v němž byl proveden test padesátimegatonové vodíkové bomby na Nové Zemi nebo havárie v Černobylu.

Když se středoevropské státy začaly mezi sebou dohadovat, kdo a kolik znečištění posílá dálkovým přenosem sousedovi přes hranice, došlo na základě severských zkušeností ke vzorkování sedimentů šumavských jezer. Další podrobnosti tohoto příběhu z pera J. Veselého lze najít ve sbornících o přírodě Šumavského národního parku a v publikacích Českého geologického ústavu v Praze. Zčásti jsou uvedeny v seznamu literatury v jeho práci z r. 2000.

### **Huť jako zdroj znečištění**

V. Štefan předpokládá jednoduchý model přenosu olova z hutí do šumavských jezer a zjištělnou depozici pokládá za nepravděpodobnou. V jeho modelu je huť zdrojem plynů, aerosolů a prachu, které jsou odnášeny globálně cirkulujícími vzduchovými hmotami a z nich za vhodných podmínek vypadávají. Na příkladu distribuce olova v okolí Kovohutě Příbram bych chtěl ukázat, že situace je složitější. Příklad znečištění půd olovem na Příbramsku i další putování olova prostředím mohou být, vzhledem k intenzivní historické důlní a hutní produkci na Kutnohorsku, zajímavé i pro obyvatele Kutné Hory a okolí.

Kovohuť Příbram leží na severozápadním okraji (navětrné, z hlediska převládajícího směru větrů - Hazdrová et al. 1984) městské a přilehlé rurální zástavby města Příbram, v nadmořské výšce ca 500 m. V roce 1786 byly všechny existující hutě revíru soustředěny na jedno místo (dnešní KOVOHUTĚ). Komíny Kovohutí byly od té doby několikrát nahrazovány novými, vyššími. Od roku 1951 byla, mimo zpracovávání primárních rud, zahájena i recyklace odpad-

<sup>2</sup> Detaily této povídky je možné sledovat v ročenkách US Bureau of Mines, Švédské geologické služby, v nichž jsou odkazy na konkrétní práce, a také z převážně drobnějších noticek v odborných hornických časopisech *Wold Mining*, *E+M Journal* a dalších. Osobně mohu potvrdit, že počátkem 70. let byly hřebeny Krušných hor stále rajskou zahradou v porovnání s okolím hutí v severním Quebecu v Kanadě.

<sup>3</sup> Navíc je důležité, že v chladných vodách těchto jezer žije jen málo bentozních organismů, tj. takových, které při svých životních činnostech přemísťují hmotu sedimentu a tím homogenizují diferencovaný stratigrafický záznam.

ního olova (převážně z akumulátorů). V roce 1982 bylo uvedeno do provozu nové filtrační zařízení a další nový komín, vysoký 160 m. Zároveň byl zahájen automatický monitoring emisí v několika bodech v okolí Kovohutí (Cikert-Šedivá et al. 1994). Závod leží v údolí nad ohybem říčky Litávky. Kopcovitě a zalesněně výběžky Brd přiléhají od JZ a JV až téměř k areálu hutě. Poměrně sevřeně údolí Litávky otvírá areál k jihu, k nedalekým osídleným lokalitám Podlesí a Březové Hory (0,5-3 km). K západu, severozápadu a severu terén mírně stoupá k zalesněným okrajům Brd, na jejichž okraji leží obce Obecnice, Drahlín a Sádek (2,5-5 km). Lhota u Příbrami těsně sousedí s Kovohutěmi. Terén v severovýchodním kvadrantu je mírně zvlněn, s drobnými remízky a lesíky na vyvýšeninách, vzdálenější část je souvisleji zalesněna. V jihovýchodním kvadrantu leží Příbram.

Půdami a obsahy těžkých kovů v některých rostlinách se v okolí Příbrami zabývali v sedmdesátých a osmdesátých letech pracovníci VÚ zemědělského (Beneš a kol. v řadě prací) a kolektiv Rudných dolů Příbram vedený A. Taclem. Výsledkem těchto prací byla řada opatření upravujících provoz Kovohutě a hospodaření jednotných zemědělských družstev v jejím okolí.

V roce 1991 fa HASKÖNIG (Holandsko) provedla půdní rozbory jednak přímo v areálu závodu v síti 50×50 m, jednak na dvou kolmých profilech v okolí Kovohutě. Firma HASKÖNIG svá měření uzavřela s tím, že do vzdálenosti 1 km kolem místa emisí (komína) a do vzdálenosti 2 km na sever a východ je půda silně znečištěna As a Pb a převážně lehce znečištěna Cd a Zn. Zároveň konstatovala, že stávající rozšíření těžkých kovů není možné korelovat s převládajícím směrem větrů (Kolektiv 1991).

Výsledků se chopili environmentalisté a objevily se články o obyvatelstvu postiženém plumbémií a o hrozící debilitě dětí. Ministerstva zdravotnictví a životního prostředí ČR zadala monitorovací a výzkumné programy. OHES Příbram (MUDr. V. Šedivá) organizovala kampaň vysvětlující obyvatelům, jak se chovat v území znečištěném olovem.<sup>4</sup>

Monitorováním obsahů Pb, Zn, Cd a As a interpretací výsledků (úkol GA-52/93) se v letech 1993-97 zabýval tým pracovníků různých profesí.<sup>5</sup> Od roku 1993 se distribucí a vazbou těžkých kovů (Pb, Zn, Cd, Cu, As, Sb) v půdách Příbramska také zabýval J.S. Rieuwerts z University of London. Pro monitoring bylo z jeho poznatků důležité zjištění přímé korelace mezi Pb a ostatními těžkými kovy v zóně kontaminace.

V okolí Kovohutě Příbram byly v rámci zmíněného úkolu ovzorkovány radiální profily vycházející ze středu sítě, již byl nový komín Kovohutí. Pokryto bylo území do vzdálenosti 5 km s krokem 100 m a ve východním polokruhu až do vzdálenosti 10 km s krokem 200 m. Vzorkován byl půdní horizont A a to dvěma vzorky v každém bodě.<sup>6</sup> V téže době pracovníci Výzkumného ústavu zemědělského Běchovice vzorkovali odchylnou metodikou.<sup>7</sup> Vzorkována jimi byla pouze orná půda a to z hlediska potřeb detailního poznání distribuce Pb, Cd a As na Příbramsku v řídké, regionální síti. Výsledky jejich vzorkování potvrdily zvýšené obsahy Pb v půdním horizontu a ze srovnání bylo zřejmé, že odpovídají obsahům našich vzorků B.<sup>8</sup>

<sup>4</sup> Mimochodem - ve školách na Příbramsku byl zjištěn u dětí jen jeden případ plumbémie 2. stupně, a to u žáka z rodiny bydlící téměř u plotu Kovohutě a živeného produkty z vlastního drobného hospodářství. Plumbémií 1. stupně trpěl v době používání olovnatého benzínu téměř každý obyvatel většího města bydlící u frekventované ulice.

<sup>5</sup> M. Holub, J. Dubec, K. Štych, V. Šedivá.

<sup>6</sup> Vzorek A z hloubky povrch až 20 cm, vzorek B ihned pod ním do hloubky 40 cm. Vzorky byly zpracovány metodikou MZ ČR (výluh 2M HNO<sub>3</sub>). Pouze u As se ukázalo, že výluh dusičnou neposkytuje v případě vyšších obsahů As (nad 50 až 100 ppm (ppm = mg/kg, g/t a pod.) reprodukovatelné výsledky. Proto byly duplikáty vzorků pro stanovení As znovu louženy v HCl. Prvky byly analyzovány atomovou absorbní spektrometrií (AAS) v laboratoři OHES Příbram.

<sup>7</sup> Vzorky z celého půdního profilu, sespů více dílčích vzorků do jednoho vzorku z plochy ca jednoho hektaru.

<sup>8</sup> Vzorky B měly obecně nižší obsahy těžkých kovů ve srovnání s připovrchovými vzorky A.

*Řákový model ročního přínosu a odnosu olova do instalace odlučovačů v Kovohuti Příbram*

*(M. Holub in Dubec et al. 1997)*

*Použity třídy koncentrací: 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 - atd.*

<b>Vstupy - Pb (g/ha/rok)</b>	vzdálená krajina	geochemické anomálie	haldy dolů	město Příbram	okolí Kovohutě
ze zvětrávání	10 - 50	200 - 1000	> 1000	10 - 50	10 - 50
	regionální			regionální plus lokální	
z atmosféry	100 - 200			100 - 2000	> 5000
z hnojiv	0,1 - 10		?		
celkem	100 - 500	500 - 2000	500 - 5000	100 - 2000	> 5000
<b>Výstupy - Pb (g/ha/rok)</b>	vzdálená krajina	geochemické anomálie	haldy dolů	město Příbram	okolí Kovohutě
do vod	1 - 5	< 50			> 50
erozí	50 - 500	200 - 5000		200 - 2000	> 2000
sklízni rostlin	20 - 50		?		> 1000
celkem	100 - 500	200 - 5000		200 - 2000	2000 - 5000
<b>Bilance</b>	<b>rovnováha</b>	<b>odnos</b>	<b>odnos</b>	<b>rovnováha</b>	<b>hromadění</b>

Analýzou distribuce Pb, Zn, Cd a As bylo zjištěno, že hlavními zdroji kontaminace půd Příbramska jsou primární rudní mineralizace (polymetalická a uranová provázená těžkými kovy), stará a moderní důlní činnost včetně úpravy rud, stará a moderní hutní činnost. Další antropogenní kontaminaci může působit zemědělství (hnojení a redistribuce biologickým cyklem), lokální topeniště, doprava (olovnatý benzín, popílek z parních lokomotiv) a další činnosti (například používání pozinkovaných plechů a drátů s vysokým obsahem Cd) a v neposlední řadě skládky nejrůznějšího původu a stáří.

Bylo definováno několik pásem kontaminace. Ve vnitřním pásmu kontaminace měly výrazný vliv Kovohutě. Pásmo odpovídá obsahům nad 1000 mg/kg (ppm) Pb ve svrchním horizontu půdy. Toto pásmo bylo sledovatelné do vzdálenosti ca 0,5-1,5 km v závislosti na rozloze struskových hald, orografii, druzích biocenóz a snad i převládajícímu severozápadnímu směru větrů. Na vnitřní pásmo navazovala zóna velmi variabilních avšak vysokých obsahů v prostoru Březohorského a Černojského revíru. Vysoké obsahy byly nalezeny i na k huti přívráecných svazích zalesněného hřbetu Klouček severně od Kovohutí, v místech, ve kterých by měla být kontaminace vnějšího pásma.

Území s obsahy Pb ve svrchním horizontu mezi 400-1000 mg/kg vytvářelo na JZ, Z, SZ a S ca 1 km široký lem kolem vnitřního pásma do celkové vzdálenosti 1,5-2 km od komínu Kovohutí. V tomto středním pásmu vliv Kovohutí na kontaminaci půd Pb převládal nad ostatními zdroji. Pásmo pokračovalo do prostoru městské zástavby v Příbrami a podél rudních ložisek k Bohutínu. Ze semikvantitativních modelů bilance přínos-odnos Pb vyplynulo (viz tabulka), že v těchto dalších územích již vlivy dolů, úpraven, spadů z lokálních topenišť a exhalací z dopravy (olovnatý benzín) mohly převažovat nad vlivem Kovohutí.

Ve vnějším pásmu (obsahy 100-400 mg/kg Pb) ve svrchní vrstvě půdy nebyla kontaminace rozlišitelná podle původu. Zčásti se jednalo i o přírodní anomálie uranové a polymetalické mineralizace. V některých případech i o anomálie nad vulkanogenními horninami.

Ve vnitřním pásmu byly výrazně olovem kontaminovány oba vertikálně rozlišené horizonty půdy (vzorky A i B). Vně tohoto pásma byly v trvalých porostech (louky, lesy) zjištěny vyš-

ší obsahy ve vzorcích A v porovnání s hlouběji odebranými vzorky B.<sup>9</sup>

Je zřejmé, že přímým a výrazným zdrojem olova v ovzduší byly na Příbramsku hutě. Z hlediska dalšího osudu olova není důležité, která fáze pražení a hutnění maximálně ovlivňovala emise. Sloučeniny olova jsou v ovzduší jednak ve fázi plynné, dále jsou součástí aerosolů a polétavého prachu. Depozice olova z ovzduší je v případě větších částic prostou sedimentací v nejbližším okolí zdroje. Jemnější částice prachu a aerosoly bývají kondenzačními jádry, na nichž se sráží vzdušná vlhkost. Tyto částice, včetně Pb v nich obsaženého, vypadávají s dešťovými a sněhovými srážkami v různých vzdálenostech od hutě. Jak ukazuje rozložení olova v půdách v okolí Kovohutí, na depozici se pravděpodobně podílel přímý spad (sedimentace) a vymývání emisí z ovzduší při srážkách.

Zajímavý efekt při zachycování emisí mají okraje lesů a lesků, dále remízky, křoviny, okraje sídel (zahrady), stromořadí a podobné objekty. Při jejich okrajích byly vždy zjišťovány zvýšené obsahy Pb, zvláště na okrajích situovaných na svazích přivrácených ke zdroji, třeba i lokálnímu (drobná sídla, komunikace). Takovéto lokální anomálie mají vysokou variabilitu obsahů mezi sousedními vzorky.

Zvýšené obsahy vznikají tzv. *vyčesáváním* kondenzující vzdušné vlhkosti s emisemi (mlha, jinovatka, námraza) na překážkách. Zvláště výrazným případem tohoto typu byla již zmíněná anomálie na zalesněných svazích hřbetu Klouček ve vnějším pásmu kontaminace. Huť je v nadmořské výšce 500 m, hřbet má výšku 680-690 m.n.m., výška komínů postupně rostla od 36 m. Anomálie je vzdálena 4,5 km od Kovohutí. Při jihovýchodní až jihozápadní meteorologické situaci vytváří lesní porost hřbetu výraznou překážku pro kouřovou vlečku. V humózních půdách této anomálie byly zjištěny obsahy Pb přesahující v některých vzorcích i 1000 mg/kg (ppm). Primární křemité horniny půdního podloží jsou v těchto místech velmi chudé olovem (maximálně prvé desítky ppm) a ani v blízkém okolí anomálie nejsou stopy mineralizací.<sup>10</sup>

### Druhotné emise olova

Nyní se podívejme na to, jak olovo již v půdě uložené, pocházející jak z přírodních, tak z antropogenních zdrojů, se opakovaně dostává do ovzduší. V předindustriální době bylo dřevo (včetně dřevěného uhlí) hlavním zdrojem tepelné energie. I později v domácnostech zůstávalo dřevo hlavním palivem. V drobných venkovských sídlech se topilo tím, co se dalo zdarma posbírat v lesích - klestí, šišky borka. Na topení se používaly hlavně výmladkové dřeviny, lesy byly bez stabilního křovinného patra.

Starší údaje o obsahích olova v dřevinách, roztroušené in Zýka (1971), Rosler-Lange (1972), Pačes-Moldan, (1981), Beneš (1994), Cikert-Šedivá at al. (1994), Váňa-Ustjak (1995), Dubec et al. (1996), jsem si doplnil orientační rešerší na [www.springerlink.com](http://www.springerlink.com).<sup>11</sup> Obsahy Pb

<sup>9</sup> Olovo je v kontaminovaných půdách většinou vázáno na organické sloučeniny. V kyselých půdách je přítomno v podobě síranu (anglezitu) a v zásaditých půdách jako uhličitán (cerusit). V nekontaminovaných půdách je vázáno hlavně na silikáty a na hydroxidy železa - např. Andropova (1984) a další publikace VITR Leningrad.

<sup>10</sup> Informace o mineralizacích byly získávány z publikací a nepublikovaných zpráv - Bambas 1990, Dubec 1985, Fatková a kol. 1980, Kolektiv 1984, Studničná a kol. 1982, a z osobních znalostí členů řešitelského týmu.

<sup>11</sup> H.-U. Meischl, M. Kessler, W. Reinle, and A. Wagn: Distribution of metals in annual rings of the beech (*Fagus sylvatica*) as an expression of environmental changes.

Ch.J. McGee, I.J. Fernandez, S.A. Norton and C.S. Stubbs: Cd, Ni, Pb, and Zn Concentrations in Forest Vegetation and Soils in Maine.

S.A. Watmough and T.C. Hutchinson: A Comparison of Temporal Patterns in Trace Metal Concentration in Tree Rings of Four Common European Tree Species Adjacent to a Cu-Cd Refinery.

J. Hagemeyer, A. Lülfsmann, M. Perk and S.-W. Breckle: Are there seasonal variations of trace



v běžných dřevinách, jaké rostou na Příbramsku, se pohybují v nekontaminovaných územích v jádře v prvních desítkách ppm. V průmyslem kontaminovaných územích je obsah Pb v jádře o řád vyšší a v intoxikovaných jedincích, rostoucích na příklad na starých haldách, stoupají obsahy až o dva řády. Přitom Pb, na rozdíl od jiných prvků, nemá vazbu na letokruhy, tj. na historii kontaminace v konkrétním území. Rostliny se toxického olova zbavují a ukládají je do opadavých orgánů - listů, jehlic a do kůry. Tenké větve a větvičky, obdobně jako výmladky, u nichž je podíl kůry ke hmotě dřeva vysoký, jsou proto významným koncentrátorem olova. A právě klestí a tyčkoviny byly hlavním zdrojem tepla na vesnicích, hornických a hutnických osadách. Přitom doba obnovy (obmítná doba) většiny výmladkových dřevin sloužících jako palivo je krátká, pohybuje se mezi 10 až 20 roky. A tak mířře, lokální topeniště, topeniště potřebná k vedlejším provozům dolů, hutí i pro další řemesla, se v krátkém čase po zahájení těžby a hutnění stávají druhotným zdrojem znečištění ovzduší v rudním revíru.<sup>12</sup> Za vhodných meteorologických situací, jakými jsou na příklad inverze v zimě, se exhalace udržují v ovzduší po dlouhou dobu. Jsou z něj vyčesávány v podobě jinovatky v blízkém okolí. Při mírném pohybu vzduchových hmot mohou dosáhnout až hraničních hvozdů.<sup>13</sup> Tam se Pb účastní biologického koloběhu a posléze s organickým odpadem končí v sedimentech.

### Závěr

Publikovaný graf není důkazem. Ukazuje pouze na možné souvislosti, neboť od korelačního vztahu k prokázání příčiny je dlouhá cesta. Bohužel se nelze v čase vrátit třeba do předhusitského období a sledovat, jak například z hojných kutišť a hutí nepravidelně rozmístěných na ploše téměř dvaceti tisíc kilometrů čtverečních (Kořan 1988) Vysočiny, jižních Čech a Pošumaví putuje vzdušná kontaminace olovem do šumavských hvozdů.

Protože v sedimentech jezer byly analyzovány i další prvky a sloučeniny, prováděny i další výzkumy, například palynologické, je možné pro interpretaci výsledků měření použít i více informací. Při diskuzi nad výsledky analýz jsme na příklad s kolegou Veselým probírali zajímavé výsledky z doby vrcholné existence keltských oppid v Čechách. Z jezerních sedimentů téměř zmizel pyl lísky<sup>14</sup> a objevil se Bi a As. Nabízela se možnost interpretovat tuto koincidence jako důkaz o možné těžbě a hutnění primárních rud zlata v nedalekých Kašperských Horách a jejich okolí. Na Otavě Keltové zlato rýžovali, ale obsahy Bi a As ve zlatě z rýžovišť nebývají vysoké. Takovéto interpretace nejsou důkazem, mohou být jen impulzem pro další výzkum.

Souhlasím s V. Štefanem, že na deposici prvků v šumavských jezerech se podílelo mnoho dalších vlivů. Osobně si myslím, že z grafu plynoucí korelace je nejspíše odrazem měnící se celkové ekonomické aktivity společnosti v sousedících zemích.

---

element concentrations (Cd, Pb, Zn) in wood of Fagus trees in Germany?  
W. Tylmann: Lithological and geochemical record of anthropogenic changes in recent sediments of a small and shallow lake (Lake Pusty Staw, northern Poland).  
F. Queirolo, P. Valenta, S. Stegen and S. W. Breckle: Heavy metal concentrations in oak wood growth rings from the Taunus (Federal Republic of Germany) and the Valdivia (Chile) regions.  
A. Tendel and K. Wolf: Distribution of nutrients and trace elements in annual rings of pine trees (*Pinus silvestris*) as an indicator of environmental changes.

<sup>12</sup> Podíl olova zůstávajícího v popelu neznám. Popel ze dřeva byl však vítanou surovinou - sloužil k výrobě louhů, sody, potaše, či se přímo přidával do taveb.

<sup>13</sup> Bohužel jsem nenašel vhodný přehledný článek o pohybech poléťavého prachu a dalších emisí po české kotlině. Jsou však prokázány družicovými fotografiemi mlhy na Ostravsku pocházející z vlhkosti produkované elektrárnou Dukovany.

<sup>14</sup> Uhlí z lísky bývalo považováno ve starověku za výborný zdroj tepla při zpracovávání zlata. Snad. Citaci s odkazem na starověkého autora jsem nenašel.

## Literatura

- Andropova et al. 1984: Počvennyj analiz po formam nachoždenija elementov. - *Int. Geol. Congres, Moskva, Sborník abstrakt - Geochemistry - Mineralogy*.
- Bambas, J. 1990: Březohorský rudní revír. - *Hornická Příbram ve vědě a technice*.
- Beneš, S. 1993: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část I: Obsahy, akumulace a kriteria hodnocení prvků v zemědělských půdách. - *VŠZ Praha*.
- 1994: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, Část II: Vstupy prvků do půd ve srovnání s výstupy. - *VŠZ Praha*.
- Beneš, S. - Benešová, J. 1992: Stanovení koeficientu akumulace a úbytku prvků během vzniku a vývoje půd. - *Pedologie a meliorace*, 28, 91-103.
- Dubec, J. - Holub, M. - Šedivá, V. - Štych, K. 1996: Sledování distribuce těžkých kovů a arzenu v okrese Příbram (úkol GA-52/93). - *MS, MŽP Praha*.
- Dubec, J. 1985: Ekonomické zhodnocení rudního potenciálu Příbramska. - *Kandidátská disertační práce, VŠB Ostrava*.
- Dubec, J. et. al. 1997: Distribuce Pb, Cd a As v půdách na Příbramsku. - *Sbor. prací ze semináře k 75 letům prof. Zd. Pouby, 29-34, PF KU Praha*.
- Cikert, M. - Šedivá, V. a kol. 1994: Účinky olova a jeho anorganických sloučenin na lidský organismus a možnosti individuální prevence. - *MS, OHES Příbram*.
- Fatková, J. a kol. 1980: Závěrečná zpráva úkolu Dobříš - Rožmitál - I. fáze. Surovina Ag, Pb, Zn, Cu rudy. - *MS, Geofond Praha*.
- Hazdrová, M. et al. 1984: Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200.000 - list 22 - Strakonice. - *ÚÚG Praha*.
- Hejný, M. - Slavík, B. 1988: Květena ČSR, díl I. - *ČSAV Praha*.
- Kolektiv, 1984: Československá ložiska uranu. - *SÚP Praha*.
- Kolektiv, 1991: Výzkum vnitřní a vnější ekologické situace podniku. - *MS fy HASKÖNIG (91/8504.01/1k), Archiv OHES Příbram*.
- Kořan, J. 1988: Sláva a pád starého českého rudného hornictví. - *Hornická Příbram ve vědě a technice, zvláštní tisk, Příbram*.
- Pačes, T. - Moldan, B. 1981: - Geochemický odnos ze zemědělských a lesních povodí. - *Sborník geologických věd, 15, Praha*.
- Rosler, H.J. - Lange, H. 1972: Geochemical tables. - *Leipzig*.
- Studničná, B. a kol. 1982: Závěrečná zpráva úkolu Dobříš - Rožmitál II. fáze. - *MS, Archiv RD Příbram*.
- Váňa, J. - Ustjak S. 1995: Transfer těžkých kovů z půdy do energetických rostlin. - *In sborník: Těžké kovy v zemědělské půdě a rostlinách, Praha, 52-55*.
- 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, Czech Republic*.
- Zýka, V. 1971: Geochemie životního prostředí, díl I-III. - *ÚNS Kutná Hora*.

*Titulní strana: Vyobrazení hutě z tzv. Separátního listu, překreslil V. Štefan.*

*Zobrazená stříbrná huť plně odpovídá představě o huti provozované kutnohorským rudokupcem (erckafěrem) v optimálním rozsahu a vybavení od konce 15. století do vytlačení rudokupců z obchodu se stříbrem v roce 1559.*

*Za pozornost stojí dva hutnické technologické prvky, které nikde jinde nejsou zobrazeny:*

*a) vzduch do pecí je vháněn lidskou silou pomocí sestavy „hejblat“ - převodů.*

*b) sháněcí pec pracuje bez víka - poklopu. Tuto funkci nahrazuje vrstva polen syrového dříví. Oba tyto prvky jsou technologicky i ekonomicky zastaralé a pokud byly v Kutné Hoře takto používány mohou být odpovědí na otázku příčin postupného úpadku rudokupecké struktury v Kutné Hoře. Přechod na vodní pohon měchů a náročná přestavba sháněcí pece mohly být pro rudokupce finančně neřešitelné.*

*Na obraze jsou zakresleny dvě hutnické stavby - korpany - postavené k ochraně pece a ovlivňování kouřových zplodin.*

*Vpravo jsou vedle sebe dvě nízké šachtové pece (dnešní název), v obou probíhá tavba rozdílnou technologií.*

*Vlevo pod druhým korpanem je část sháněcí pece, ve které probíhá odhánění olova. Sháněcí pec je přikryta poleny syrového dříví, hutník žlábkem stahuje klejt.*

*Do popsaných pecí je trvale vháněn vzduch: jeden huntík stojí, druhý asi sedí. Každé z „hejblat“ má jinou konstrukci. Dlouho jsem nechápal, že levá pec nemá měchy - nemohl jsem najít, co ani na originálu není.*

*Činnost hutníků (zleva): odváží strusky na běžném kolečku. Nad ním stahuje klejt univerzálním nástrojem - hákem nebo trajbholcem. Se stejným hákem pracuje hutník u pravé pece tak, že ho ponořil do předpecí. U jeho pravé nohy je „hlávka zelí“ - mohla by to být hromádka strusky chladnoucí a čekající na vyvezení nebo připravená (už ne struska ale kamínek) k opakované tavně. Na zemi jsou dvě hromady. Jedna je ruda, druhá dřevěné uhlí. Obě složky se nakládají do neciček a shora sypou do pece. Neurčená zůstává činnost středního hutníka s kulatou ošátkou. Podle technologické představy by snad mohl nést olovo.*

*Ze zařízení: sekera na dřevo pro shánění, kladivo na tlučení rudy, soudek na pití (pivo?). Kulatý škopek na chlazení žhavých háků, zploštělý (univerzální) škopek - zásoba vody (hašení?). Rozdílný tvar nádob: ošatky na dřevěné uhlí, necičky na rudu.*

*Na originále je zakreslen dým nad sháněcí pecí, nad šachtovými pecemi dým není.*

*Hutník s ošátkou olova nemusí být správným popisem zobrazené situace v případě, že ruda již obsahovala potřebné olovo.*

*Ve středověké hutnické literatuře se dosti často objevuje termín „staré české strusky“ „staročeské hutnění“.*

*Nakreslené nízké šachtové pece mají nečitelnou strukturu oddělování jednotlivých vrstev tekuté taveniny.*

*Nenašel jsem ani názky průběžství, které bylo silnou zárukou výtečnosti hutnického procesu.*

---

**Název:** Kutnohorsko - vlastivědný sborník 14/10

**Vydal:** Vydavatelství a nakladatelství Martin Bartoš (Kuttna)

17. listopadu 97, 284 01 Kutná Hora (kuttna@seznam.cz)

**Kutná Hora 2010**

**ISSN 1212-6098**

---

## OBSAH

<b>M. Holub:</b> Odhad množství stříbra obsaženého v rudě vytěžené z hlavních rudních pásem Kutnohorského revíru	<i>1</i>
<b>V. Štefan:</b> Úvahy o výrobě a využívání olova v Evropě v letech 1250 až 1860	<i>27</i>
<b>M. Holub:</b> K některým otázkám Václava Štefana	<i>58</i>
<b>V. Štefan:</b> Vyobrazení hutě z tzv. Separátního listu	<i>65</i>

**Příloha 3: Přehled některých parametrů, výkonu a provozu sháněcích pecí ve větších hutnických centrech střední Evropy v 17.-18. století.**

hutnické středisko, oblast	druh sháněcí pece	průměr nístěje (m)	dávka hut. Pb (kg)	obsah Pb (%)	spotřeba paliva k váze hut. Pb	doba tavby (hod)	výkon pece (kg/hod)	získáno	
								klejtu (%)	strusky (%)
Transylvánie	kotel-nístěj bez kopule	1	560	0,3	1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 500 kg	6	93	71	
Banská Štiavnica, Kremnica	pec se železnou kopulí	2	350-570	2,5	1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 500 kg	8-10	50	85	
Jáchymov	pec se železnou kopulí		1150-1500	2,5	1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 500-600 kg			49-54	4
Freiberg	pec se železnou kopulí	2,3	2500-3000	0,7-0,9	1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 800 kg	15-16	175	50-57	
Tyrolsko Achwaz	pec se železnou kopulí	3,8	10000	0,25-0,3	1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 1200-930 kg	32-34	300	34	
Horní Harc starší postup	pec se zděnou kopulí	2	2070-2870		1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 1230-1150 kg	11-15	190		
Horní Harc novější postup	pec se zděnou kopulí		1700-2300	0,13-8,0	1 m <sup>3</sup> dřevěných polen na 1000 kg	13-15	140	33-43	16-20
Dolní Harc	pec s odděleným topeništěm a zděnou kopulí	2,5	3400	0,05-0,06	1 m <sup>3</sup> roští na 320-236 kg nebo 1 m <sup>3</sup> polen asi na 1600 kg	16-18	200	58-80	8-11
Horní Harc	pec s odděleným topeništěm a železnou kopulí	2	2070		1 m <sup>3</sup> roští na 200 kg nebo 1 m <sup>3</sup> polen na okolo 1100 kg	11-22	180		

*názvosloví upraveno*