

Těžba a úprava rud na jihlavských Starých Horách ve 13. století (Montánní archeologický výzkum a aplikace přírodovědných analýz)

Erzgewinnung und Erzaufbereitung am Altenberg bei Jihlava (Iglau) im 13. Jh. (Montanarchäologische Untersuchungen und der Einsatz naturwissenschaftlicher Analysen)



Abstrakt

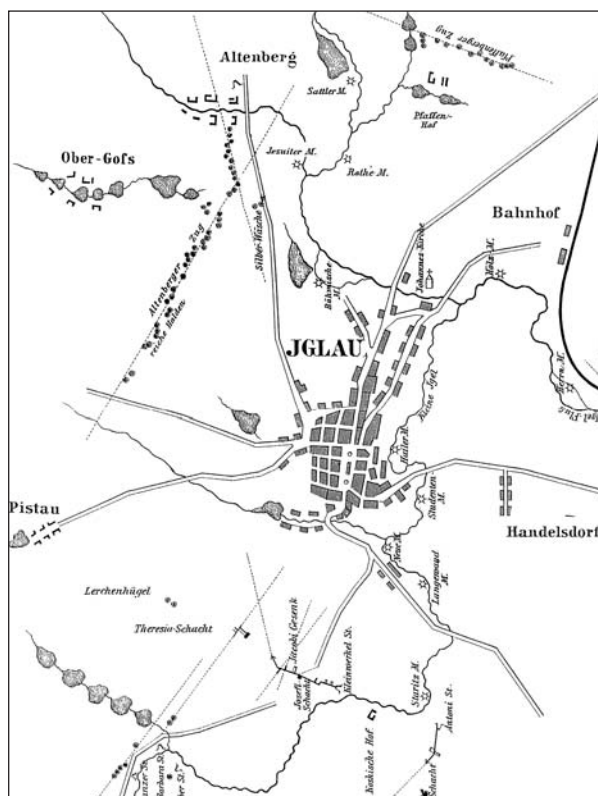
Príspevok predkladá výsledky archeologických výzkumů středověké hornické aglomerace v Jihlavě-Starých Horách z let 2002–2006 (**obr. 1**). V lokalitě se stopami důlní činnosti ze 13. století byla prozkoumána část těžebního, úpravnického a obytného areálu o rozloze 4,17 ha. Byly nalezeny pozůstatky průzkumných i těžních jam a dále úpravnických zařízení. Do roku 2006 se podařilo odhalit dvě rozsáhlejší soustavy objektů, interpretované jako prádely rud. Při výzkumu byly aplikovány přírodovědné analýzy (půdní metalometrie) a jejich prostorové vyhodnocení v prostředí GIS. O hutnění svědčí nálezy strusek a slitků s obsahem stříbra a olova. Pokud jde o hutnění, nelze se vyslovit jednoznačně. Kovářství dokládají drobné okuje ve šlicích z vrstev, vyplňujících úpravnické objekty. Keramické zlomky s taveninou na povrchu a s obsahem stříbra naznačují možnost průběhu na lokalitě.

Während der Rettungsgrabungen 2002–2006 in Jihlava-Staré Hory (Iglau-Altenberg) wurde ein Bergbaugelände mit einer Gesamtfläche von 4,17 ha untersucht (**Abb. 1**). Es umfasst die Prospektionsschächte, Förderschächte und Aufbereitungsobjekte, vor allem die Wäscheüberreste. Ein ganz außerordentlicher Befund war die im Jahr 2006 entdeckte Anlage, welche aus zahlreichen Rinnen, Kanälen und rechteckigen Gruben bestand, und welche wir als Überrest einer Erzwäsche interpretieren. Zwar stammen aus dem Aufbereitungsareal regelmäßig geformte Objekte mit Spuren von Feuereinwirkung, doch erlauben diese Fundsituationen nicht, sie mit Sicherheit als Reste von Öfen anzusprechen. Als Belege von Probierschmelzen kommen keramische Fragmente in Frage, die Spuren der Einwirkung höherer Temperaturen tragen, und bei denen auf der Oberfläche eine metallische geschmolzene Masse mit makroskopischen Einschlüssen reinen Silbers beobachtet wurde.

*těžba – primární úprava rud – hutnictví – geofyzika – archeometrie – půdní metalometrie
Gewinnung – Aufbereitung – Hüttenwesen – Geophysik – Archäometrie – Bodenmetalometrie
mining – concentration – metallurgy – geophysical survey – archaeometry – metallometry*

Příspěvek pojednává o aspektech montánního archeologického výzkumu lokality (**obr. 1**), které i přes dosavadní publikaci (HEJHAL – HRUBÝ 2005; TÍŽ 2006; HEJHAL – HRUBÝ – MALÝ 2006; HRUBÝ 2005; TYŽ 2006; HRUBÝ – MALÝ 2006; HRUBÝ – HEJHAL – MALÝ 2007; HRUBÝ – JAROŠ – KOČÁR – MALÝ – MIHÁLYIOVÁ – MILITKY – ZIMOLA 2006) dosud nebyly v úplnosti zveřejněny a to zejména proto, že jde z velké části o novější výzkumy z let 2005 a 2006. Jedná se především o výsledky přírodovědných postupů, které byly v průběhu let 2002–2007 použity při terénní části výzkumů i ve fázi zpracování. K dnešnímu dni bylo z někdejší starohorské důlní, úpravnické a hutní aglomerace prozkoumáno 4,17 ha (viz kap. 3), což představuje v kontextu střední Evropy nejrozsáhleji prozkoumanou lokalitu tohoto druhu. O to více je potřebné zabývat se možnostmi a metodami výzkumu, které by umožnily rozšířit naše poznatky v oblastech, ve kterých čistě archeologické postupy pomoci nemohou.

V nejstarší pramenné zmince z roku 1315 je lokalita uváděna pod názvem Antiquus mons, což naznačuje, že v té době existovalo povědomí o pracích z předchozích dob. Jde o listinu potvrzenou králem Janem Lucemburským, v níž težarji Konrád z Kamenice (Conratus de Lapide) a Luso z Krásné Hory (Luso de Pulchro Monte) uzavírají smlouvu s Heinrichem Rothermelem o čerpání vody z dolů (ALTRICHTER 1924, 3; LAŠTOVIČKA – VILÍMEK – VOŠÁHLO 2001, 39–40).



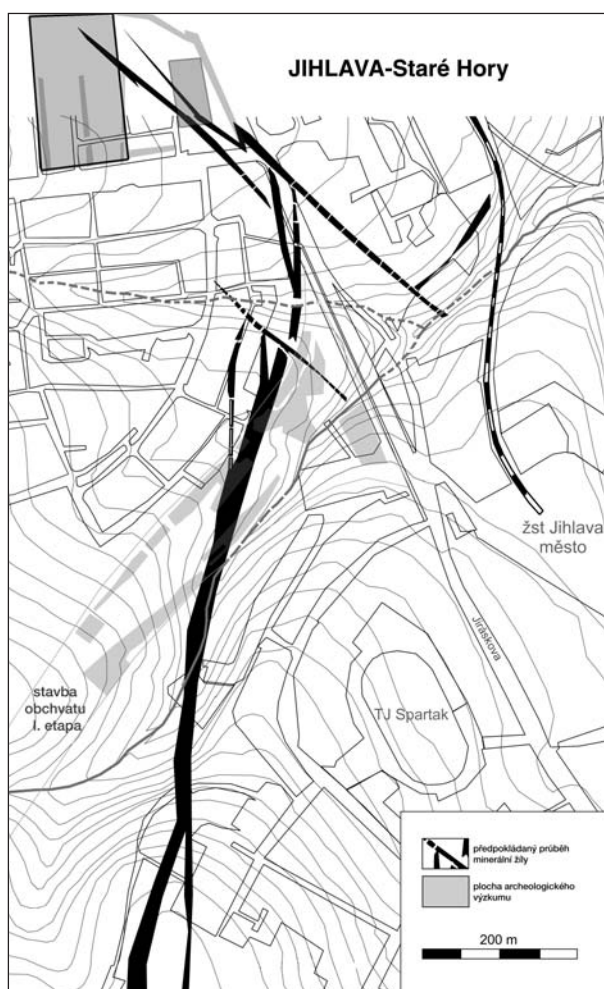
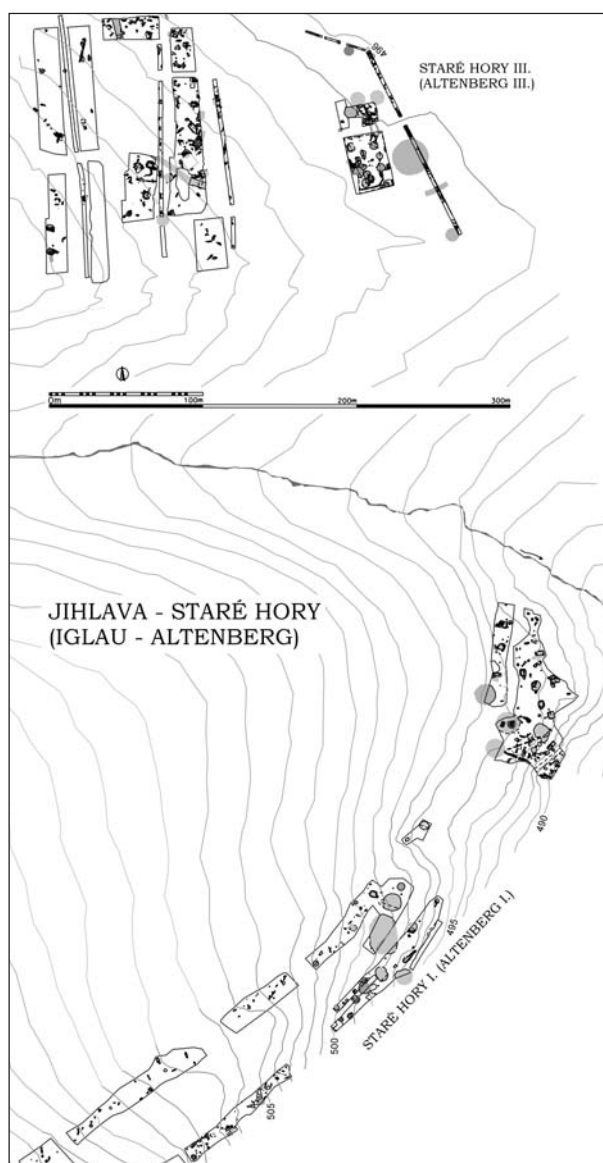
*Abb. 2: Ausschnitt aus der Revierkarte
Iglaus des k. u. k. Bergmeisters
Johann Georg Fischer,
Ende des 18. Jahrhunderts
(überarbeitet nach Hingenau 1858).
NW des Stadtzentrums sind
die Geländeüberreste des alten
Bergbaus noch sehr gut erhalten.*

V rejstřících z 1. poloviny 15. století se na Starých Horách uvádí vedle usedlostí i mlyn, jehož prvním majitelem byl v letech 1425–1442 mlynář Petr. Vedle toho stály v osadě také prosté domky. Osada byla na sklonku středověku citelně zasažena husitskými válkami a také válkami za Jiřího z Poděbrad. V roce 1442 je zde uváděno 8 usedlých poplatníků, avšak již v roce 1483 jen jediný (HOFFMANN 2004, 211–212). O důlních pracích se dozvídáme i v letech 1517, 1541 a také roku 1577. Další práce zde probíhaly na počátku 17. století (VOSÁHL 1999, 56–58; VOSÁHL 2005). Zajímavá je informace z roku 1540 o opuštěné tavírně.

Informace o vývoji zástavby a komunikací obsahují i historická mapová díla. Na veduté z roku 1647 je znázorněna zástavba vesnického charakteru v centru s blíže nespecifikovanou církevní stavbou. Protože se Staré Hory nacházely na zemské česko-moravské hranici ustálené na řece Jihlavě, jsou zobrazeny na obou zemských sériích prvního vojenského mapování. Česká i moravská verze tohoto díla zobrazují lokalitu v mnohém velmi odlišně, nicméně obě na jižním, tedy moravském břehu, již žádnou zástavbu neregistrují. Zachyceno je zde pouze rozcestí dvou či více cest a nevelká shluková zástavba bezprostředně u řeky (HEJHAL – HRUBÝ 2005, obr. 3, 4, 6). Na rukopisné katastrální mapě z roku 1780 je u zástavby přímo na břehu řeky vyznačeno několik pozemků s pomístními názvy Am Berg. Zároveň je zde zachycena extrémně rozvinutá cestní síť s různými křižovatkami a větvenými (HOFFMANN 2004, 442, obr. 22). Zajímavým pramenem je mapa z roku 1782, kterou pořídil důlní mistr Johann Christian Fischer (obr. 2). Je na ní zobrazen Starohorský couk se zlomem v severní části. V místě zlomu směrem k SZ se důlní díla nacházela až po zdejší úsek toku Jihlavy. Jinou zajímavostí je soustava sedmi rybníků na potoce tekoucím z Horního Kosova ke Starým Horám, z nichž dnes existuje jediný (srov. HINGENAU 1858, Tafel XII).

Obr. 3: Jihlava, Staré Hory I–III.
Celkový plán výzkumů 2002–2006.

Abb. 3: Plan der Fundstellen
Staré Hory I–III.



Obr. 4: Celková situace
naleziště na výřezu mapy Jihlavy
s vyznačením průběhu
starohorského dislokačního
pásma (podle Vosáhla).
Kresba P. Hrubý.

Abb. 4: Gesamtsituation
des Fundplatzes auf einem
Ausschnitt aus einer Karte von
Jihlava mit gekennzeichnetem
Verlauf des Erzganges von Staré Hory
(nach Vosáhl). Zeichnung P. Hrubý.

3. Topografie archeologických nalezišť**3.1. Lokalita Staré Hory I**

Nachází se v prostoru silničního obchvatu I/38 u Jiráskova mostu. Jedná se o polohu limitovanou ze severu ulicí Jiráskovou a ze západu sídlištěm Na Dolech (**obr. 1; obr. 3 a 4; obr. 6; obr. 7**). Jižní strana je vymezena čtvrtí Horní Kosov. Východní a jv. strana lokality je limitována přírodní hranicí, kterou je terénní zářez, kudy ještě v nedávné době tekla drobný potok vlévající se zprava do Jihlavy. Sama lokalita je situována na táhlém návrší s mírným sklonem k SV, přičemž archeologické situace byly zachyceny v nadmořských výškách mezi 490 m až 520 m. Podnětem výzkumu byla stavba silničního obchvatu města, započatá v létě 2002 (viz HRUBÝ 2005; HRUBÝ – JAROŠ – KOČAR – MALÝ – MIHALYOVÁ – MILITKY – ZIMOLA 2006).

3.2. Lokalita Staré Hory II

Jedná se o polohu limitovanou ze S a SZ údolíčkem bezejmenné vodoteče a Hellerovým rybníkem. V trase zatrubněného potůčku se nachází ulice S. K. Neumanna do Horního Kosova. Ze z. strany ohraničuje lokalitu zástavba panelového sídliště Horní Kosov, v. hranicí byla zástavba rodinných domů z let 2001–2002. Archeologické situace byly zachyceny v rozmezí nadmořských výšek 508 m až 515 m. Podnětem k zahájení výzkumu byla stavba nového sídliště Na Dolech II. Tuto lokalitu můžeme vzhledem k absenci významnějších dokladů těžby, úpravy rud nebo osídlení z dalšího textu vypustit (**obr. 1**).

3.3. Lokalita Staré Hory III

Je to plocha ohraničená z jihu ulicí S. K. Neumanna vedoucí do Horního Kosova; z V je limitována severním úsekem ulice Jiráskovy, na severu je limitována železniční tratí 224 Jihlava – Veselí nad Lužnicí (**obr. 1; obr. 3 a obr. 4; obr. 6; obr. 8–9**). Ze západu je lokalita ohraničena vilovou čtvrtí a zemědělskými plochami. Jedná se o plochy a rovný terén s nepatrným sklonem k S až SV. Rozmezí nadmořských výšek lokality je 494 m až 504 m. Lokalita III byla zkoumána v letech 2004–2006 v souvislosti s výstavbou obytného souboru domů, kanalizace a velkoobchodu s potravinami (HEJHAL – HRUBÝ 2007; HRUBÝ 2006).

Obr. 5: Celkový pohled na Staré Hory a Horní Kosov od severu.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 5: Staré Hory (Altenberg) und Horní Kosov (Obergoss) von Norden.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 6: Letecký snímek z roku 2002 s vyznačením ploch, zkoumaných archeologicky v letech 2002–2006.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 6: Luftbild (2002) des Stadtviertels Jihlava-Staré Hory mit Kennzeichnung der Fundstellen Altenberg I–III.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.





4. Ikonografické prameny pozdního středověku a raného novověku

Významným pramenem studia těžby, úpravy rud a hutnictví jsou ikonografické prameny. Přestože všechny pocházejí z doby vzdálené od počátků a vrcholu jihlavského dolování rud ve 13. století nejméně 200 let, nejvíce pak 300–320 let, a nejsou tedy autentické, u řady jevů, technického vybavení a zařízení, jehož archeologické relikty studujeme, se jeví jako dobrý pramen. Následující kapitola prezentuje stručně ty, které je možno považovat za nejznámější a které byly více či méně v předložené práci použity. Pravděpodobně v 70. letech 15. století vznikla výjimečná vyobrazení dolů a úpraven ve dvou souborech, kterými jsou *Kutnohorský graduál* a *Kutnohorský antifonář* (obr. 16). Jiným pramenem je malovaný pozdně gotický oltář v kostele sv. Anny v saském hornickém městě Annaberg. Zde se nacházejí detailní výjevy důlního okrsku i technické jednotlivosti, jako těžní zařízení, vyměřování, praní, drcení a úprava rudy a také hutnění. Soubor maleb na oltáři vznikl někdy ve 20. letech 16. století (obr. 15, 17, 31).

V následujícím období převažuje další typ pramene, kterým je odborná literatura. Bohatě iluminovaná kniha, přinášející vyobrazení dolů mlýnů a stoup, je dílo německého šlechtice Christopa Grafa zu Waldburg Wolfegga s názvem *Mars und Venus. Das mittelalterliche Hausbuch von Schloss Wolfegg*, vzniklé někdy po roce 1480 (obr. 19). Okolo roku 1500 vzniká soubor odborných textů a vyobrazení, zaměřených na důlní prospekci, stanovení směru a úklonu žil a třídění rudních struktur. Autorem je Ulrich Rülein von Calv, dílo nese název *Eyn wohlgerichtet nützlich Büchlein, wie man Bergwerk suchen und finden soll*. Vydáno však bylo poprvé až roku 1555 (obr. 14).

Mezi nejkomplexněji pojaté odborné knihy patří monumentální dílo jáchymovského lékaře Georga Bauera (Georgius Agricola) *De re metallica libri XII*, vydané poprvé roku 1556 (obr. 30, 32–33). Srovnatelně cenné je dílo Lazara Erckera von Schreckenfeld, *Das kleine Probierbuch*, vydané roku 1556. V polovině 16. století spatřila světlo světa kniha *Das Schwazer Bergbuch*, jejímiž autory jsou pravděpodobně Ludwig Läßl (texty) a Jörg Kolber (iluminace). U nás méně známý je svazek H. Grosse *La Rouge Myne de Saint Nicolas de la Croix. 25 Federzeichnungen aus dem Lothringer Bergbau*, vydaný roku 1550 a obsahující iluminace z důlních a úpravnických provozů na západě dnešní Francie (srov. kap. 9).

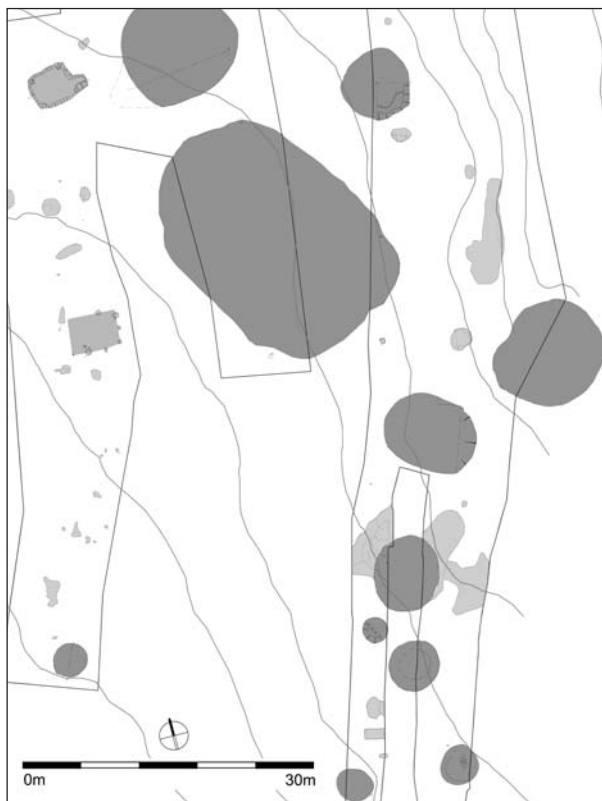
5. Důlní prospekce a těžba

Obr. 7: Staré Hory I, výzkum 2002.
Plán části výzkumné plochy těžního
areálu s šachtami a dalšími objekty.

Abb. 7: Teil der Grabungsfläche 2002
von Staré Hory I mit Schächten,
Grubenhäusern und weiteren Befunden.

5. 1. Průzkumné jámy

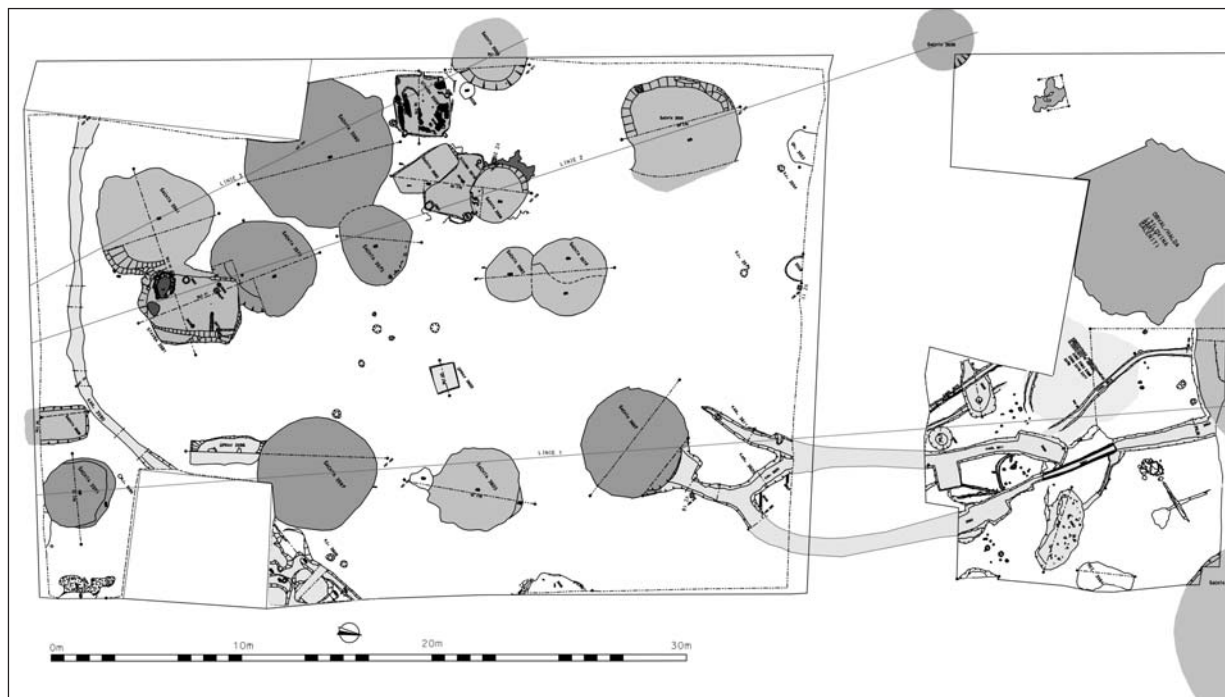
Tyto objekty se na povrchu jeví jako pravidelné kruhové útvary barevně odlišné od okolí (např. obr. 7–11, obr. 23–24). Zjištěný průměr jam přibližně odpovídá jihlavskému hornímu právu, podle kterého měl prospektor provést nálom žily o délce min. 1 látra, tedy okolo 2 m. Nejvhodnějším úsekem pro studium prostorových vztahů prospekčních a těžních jam je část lokality Staré Hory III., zkoumaná v roce 2006 (obr. 9). Na této ploše bylo pozorováno 13 jam, považovaných podle povrchového průměru a charakteru zásypů za průzkumné. Zajímavé jsou liniové série jam, jejichž vzdálenosti jsou pravidelné. Rozlišeny byly celkem tři linie, jejichž průběh kopíruje průběh dislokace, přičemž vzájemný úhel se vždy o několik stupňů liší a od ideální poledníkové osy S–J byly tyto linie jam vyměřeny vždy s odchylkou k sz. (obr. 9). Liniové tahy průzkumných jam byly zjištěny i při výzkumech v letech 2002 a 2005. Rozestup jam činil 3 m až 5,5 m. To může být odrazem více kutacíh jam na jednom lánu.



Obr. 8: Staré Hory III, výzkum 2005.
Plán části výzkumné plochy
se šachtami, obytnými a úpravnickými
objekty.

Abb. 8: Teil der Grabungsfläche 2005
von Staré Hory III mit Schächten,
Resten hölzerner Bauten und weiteren
Befunden.





Obr. 9: Staré Hory III, výzkum 2006. Plán téžního a úpravnického areálu se šachtami, dřevěnými stavbami a prádelnou rud.

Abb. 9: Teil der Grabungsfläche 2006 von Staré Hory III mit Schächten, Resten hölzerner Bauten, Aufbereitungsanlagen und weiteren Befunden.

Obr. 10: Staré Hory I, výzkum 2002. Šachta 3515 s bází obvalu, přilehlými objekty a pravděpodobně pražící peci.

Abb. 10: Staré Hory (Altenberg) I, Grabung 2002. Schacht 3515 mit einem Überrest der Halde und einem Röstofen am Rand. Foto Archiv ARCHAIA Brno.



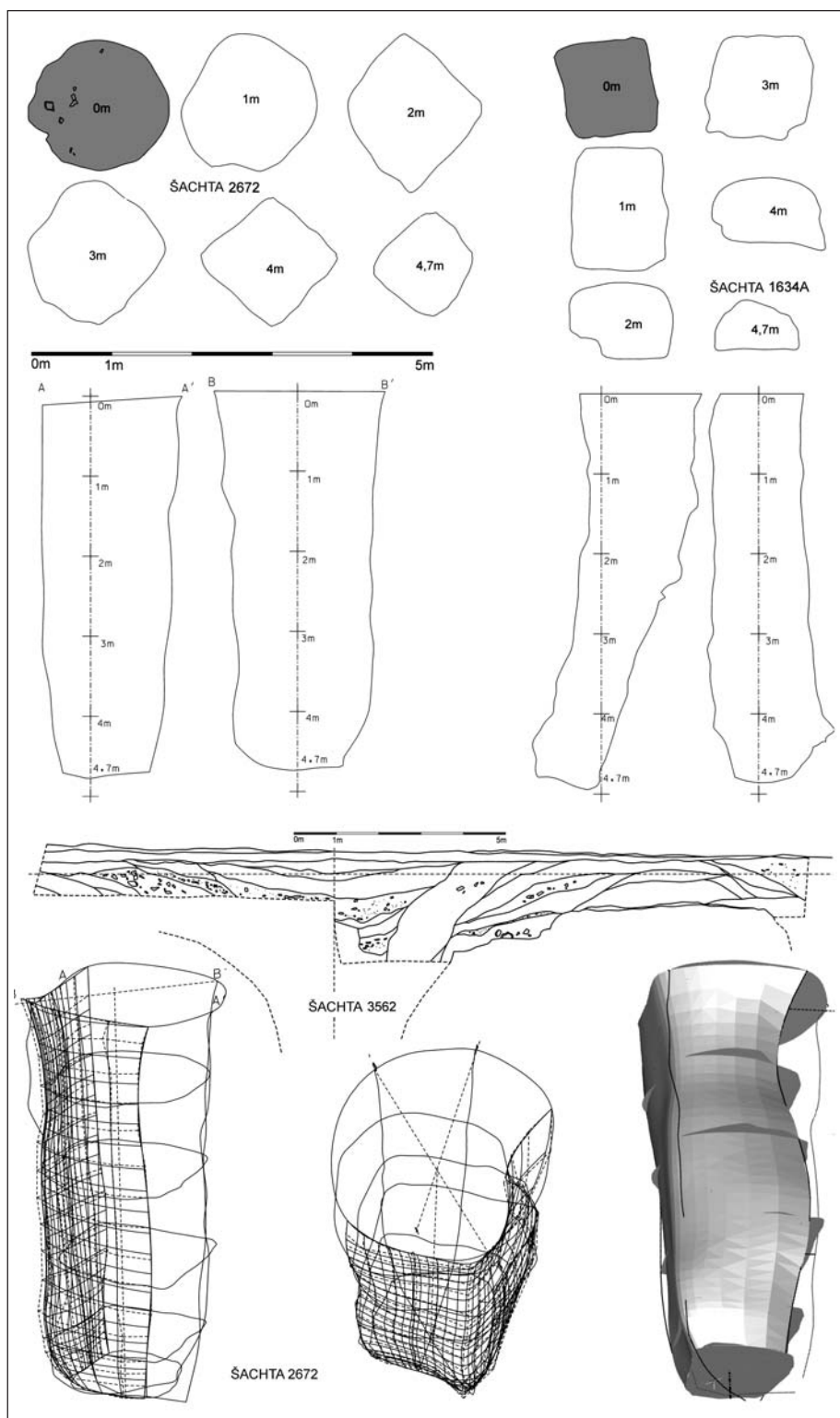
Obr. 11: Staré Hory III, výzkum 2006. Linie průzkumných šachet, indikujících pravděpodobně směr vytyčování kutných lánů.

Abb. 11: Staré Hory (Altenberg) III, Grabung 2006. Eine Linie der Prospektionsschächte als Hinweis auf die Vermessung der Prospektionsfelder. Foto Archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 12: Příklady dokumentace středověkých důlních děl a jejich zobrazování. 3D modelace M. Daňa.

Abb. 12: Beispiele der Dokumentation mittelalterlicher Schächte und ihrer 3D-Modellierung. 3D-Visualisierung M. Daňa.



Tab. 1: Staré Hory III., výzkum 2006. Přehled vzájemných vzdáleností jam zachycených archeologickým výzkumem.

Taf. 1: Staré Hory III., Grabung 2006. Gegenseitiger Abstand der Gruben.

Minimální vzájemná vzdálenost jam	5,4 m
Maximální vzájemná vzdálenost jam	11,3 m
Průměrná vzájemná vzdálenost jam	8,1 m

5.2. Těžní jámy

Některé jámy se projevovaly v úrovni skrývky jako pravidelné struktury o průměru i přes 10 m a více. Rozestupy těžních jam na lokalitě Staré Hory I se pohybovaly okolo 28 m, což zcela neodpovídá hornímu právu. Zápůjčka těžaři činila 7 lánů, tedy přibližně 98 m, přičemž na nich měl těžař zřídít tři jámy (srov. VOSÁHLO 1998). Rozestupy těchto objektů by se tak měly pohybovat okolo 33 m. K zajímavým patří situace jam, v jejichž blízkosti jsou objekty považované za pozůstatky úpravnických zařízení, ať už jde o pravidelné obdélné jámy nebo žlaby, koryta či jiné atypické struktury. Zpravidla se nacházejí do vzdálenosti nanejvýš 3–4 m, většinou je však jejich vazba těsnější. Tento jev byl pozorován na lokalitě I i III. Celkově je zřejmé, že hustota důlních děl, bez rozdílu jejich funkce, je ve východní části lokality III, zkoumané v roce 2006 mnohem větší, než jinde (obr. 3; obr. 8–9; tab. 1 a 2).

Tab. 2: Statistický přehled hustoty jam v závislosti na vzdálenosti od zrudnění.

Taf. 2: Dichte der Gruben in Abhängigkeit vom Abstand der Vererzung.

Výzkumná plocha	Výměra výzkumné plochy	Vzdálenost výzkumné plochy od průběhu zrudnění	Počet zachycených jam na výzkumné ploše	Plocha připadající na jednu jam
Staré Hory I, výzkum 2002	1 404 m ²	0–20 m	15 jam	93 m ²
Bytové domy, Staré Hory III, výzkum 2005	1 689 m ²	140–150 m	9 jam	188 m ²
Supermarket, Staré Hory III, výzkum 2006	945 m ²	30–40 m	15 jam	63 m ²

5.3. Vystrojení šachet a vodotěžní zařízení

U těžních jam neznáme kvůli omezeným možnostem výzkumu strukturu podzemí. Problém představuje i rozpoznání pozůstatků vodotěžních zařízení a rozpoznání, resp. zachování pozůstatků zastřešení či jiných zařízení, která byla součástí vystrojení díla (srov. obr. 14–15). Příkladem existence vodotěžního zařízení, vázaného na výstupy ze šachet, je situace jámy 3607, kde se při jejím vyústění na povrch nachází obdélný objekt s kanálem. Ten byl součástí úpravnické soustavy vedoucí k severu (obr. 9, obr. 20 dole, obr. 23).

5.4. Haldy a obvaly

Haldy jsou tvořeny křemenem několika generací, karbonáty (kalcit, méně dolomit-ankerit), barytem a okolními horninami (převážně alterované ruly). Obsah rudních nerostů je minimální (makroskopicky zjištěn sfalerit, pyrit, galenit, chalkopyrit, tetraedrit). Haldovina se vyskytovala v zásypech jam a některých dalších objektů a dále v lokálních koncentracích velikosti až desítek metrů. U východní části lokality Staré Hory III, která se nacházela bezprostředně v průběhu dislokace, bylo možno pozorovat, že nahromaděná hlušina zvedla původní terén více než v jiných částech Starých Hor. Zatímco na lokalitě Staré Hory I se jednalo na některých místech o 30–40 cm včetně ornice, někde činilo navýšení až 1 m. Podobně tomu bylo i na lokalitě III, asi 150 m západně od průběhu zrudnění (obr. 8) kde činilo navýšení od původního terénu nejvýše 40–65 cm; v sv. části lokality III, při silnici Jiráskova (obr. 9) to bylo mezi 0,8–1,6 m. Díky tomu došlo k zachování plošně se vyskytující provozní vrstvy, také ale k částečné konzervaci původních forem obvalů okolo některých jam, což je vůbec poprvé, kdy byl tento prvek zjištěn a dokumentován.

Z naměřených údajů vyplývá, že kruhový obval byl pro některé jámy společný a že po krátkém čase od zahájení těžby došlo k zanesení původního povrchu, takže byl změněn i režim a podoba lokality z hlediska přítomnosti sídlištních a výrobních objektů (tab. 3). Archeologická situace v úrovni podloží tak patří k prokazatelně nejstarším. Pokud se podobná struktura vyskytovala i ve vyšších úrovních po navýšení terénu hlubinným materiálem, podlely její stopy záhy zkáze a nelze je dnes zachytit.

Tab. 3: Přehled parametrů obvalů u vybraných jam.

Taf. 3: Eine Vergleichung der Parametern der Haldenreste.

Jáma	Průměr, nebo odhadovaný průměr	Zachycená šířka obvalu	Zachycená výška obvalu
3557	3,4–4 m	cca 10 m	cca 0,9 m
3562	2,9–3,2 m	cca 13–15 m	cca 2 m
3636	3,6 m	cca 12 m	cca 2 m

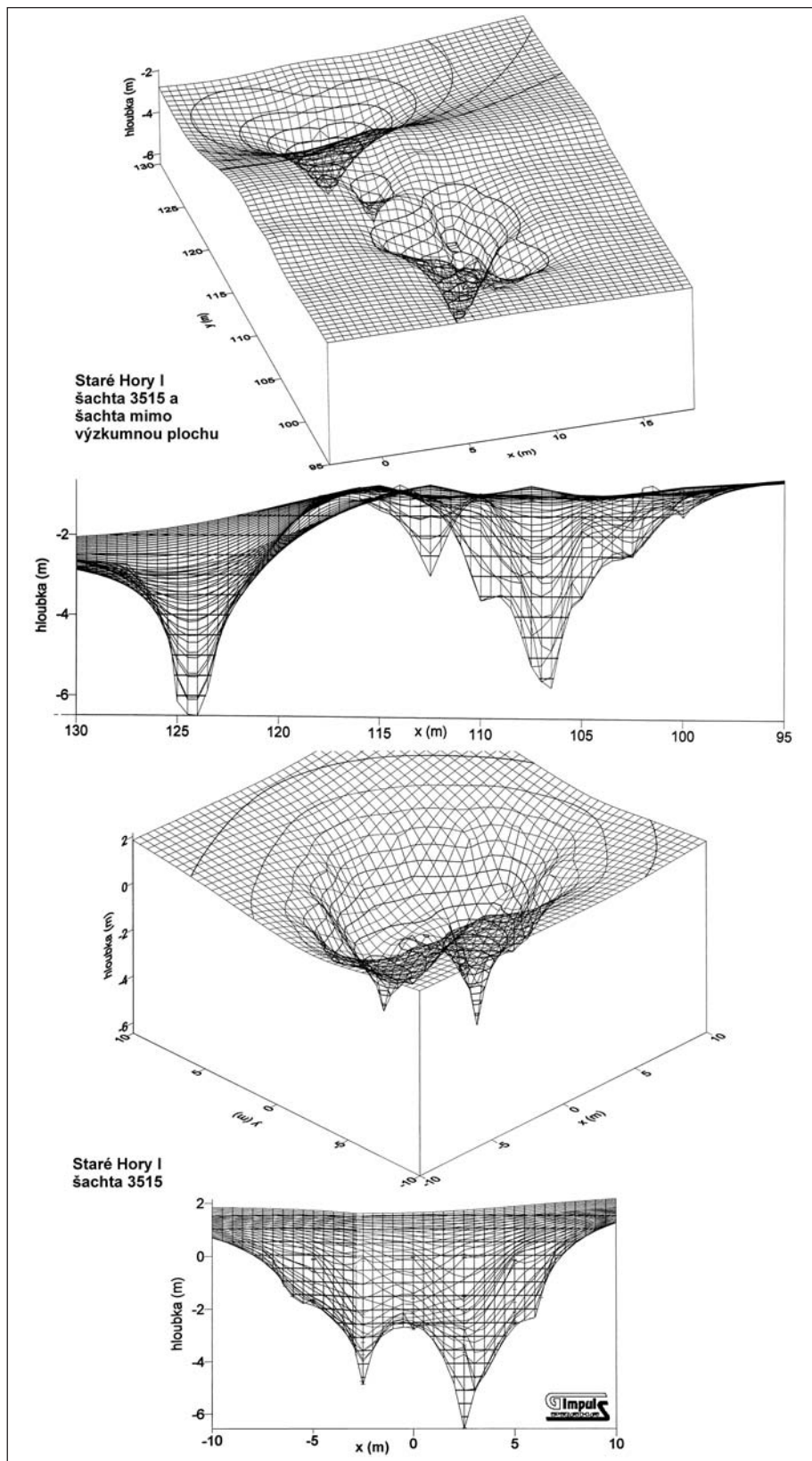
5.5. Geofyzikální metody průzkumu starých důlních děl: radar a mikrogravimetrie

Geofyzikální měření byla provedena na lokalitě Staré Hory I a jeho cílem byly jámy 3515, 2672 a 3504 ve fázi po plošném začistění jejich zasypaných ústí. Při měření byly aplikovány dvě geofyzikální metody: radarové měření a gravimetrie, přičemž každá z těchto metod sleduje různé fyzikální parametry a výsledky se tak vzájemně doplňují a ověřují. V rámci průzkumu bylo změřeno 354 m radarových profilů (pomocí 2 antén, celkem 708 m) a 157 gravimetrických bodů (BENEŠ 2003).

Použitá metoda měření: Geofyzikální radar vysílá do země elektromagnetické vlnění a registruje jeho odrazy od anomálních struktur s odlišnou hodnotou dielektrické konstanty, než má okolní prostředí. Radarové měření byla provedeno pomocí digitální radarové aparatury s kombinací anténních systémů 100 MHz a 500 MHz. Anténa 500 MHz má větší rozlišovací schopnost a umožňuje průzkum do hloubky cca 3 m, anténa 100 MHz slouží pro průzkum hlubších partií (cca do 8 m). Mikrogravimetrická metoda je založena na sledování změn objemových hmotností. Lze tak přímo detekovat dutiny, zásypy jam a výkopů, tektonické porušení hornin apod. Vše se projevuje „zředením“ prostředí, označovaném jako lokální minimum. Pro potřeby průzkumu byla v místě zkoumaných jam vytyčena síť profilů. U menších objektů byly vytyčeny dva křížové profily, u větších jam byly vytyčeny profily v ploše po 2,5 m (BENEŠ 2003, 3–6).

Obr. 13: Staré Hory I, výzkum 2002.
Příklady trojrozměrného zobrazení dat
naměřených geofyzikálním radarem
(měření G-Impuls, V. Beneš).

Abb. 13: Staré Hory (Altenberg) I,
Grabung 2002. Beispiele der virtuellen
3D-Modellierung der Daten
aus dem Georadar
(G-Impuls, V. Beneš).



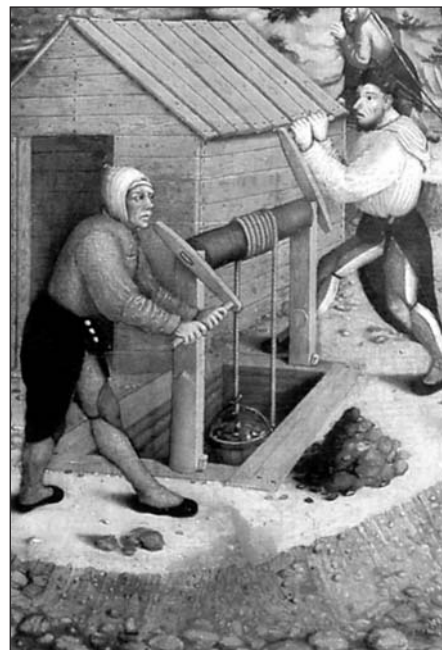
Zjištění: Zkoumaná struktura 3515, která se na povrchu jeví jako kruhová, se do hloubky trychtýřovitě zužuje. Sklon jejích stěn lze odhadnout na cca 30°, v centru dosahuje hloubky cca 3 až 4 m. V centru trychtýře jsou patrné dvě lokální prohlubně, které dále do hloubky pokračují jako dvě izolované šachty. Hloubka propadu je 3 až 5 m. Zásyp má obdobnou objemovou hmotnost jako okolní rozvětralé horniny. V centru kruhové struktury byly zaznamenány anomálie odpovídající projevu zasypané šachty, která pokračuje pod úroveň báze trychtýře. Šachtice je pravděpodobně vyplněna kamenitým zásypem. Do hloubky 5 m nebyly zaznamenány projevy větší dutiny. Půdorys jámy pravděpodobně nepřesahuje 1 × 2 m. Šachta se při ústí jeví jako vertikální, dále do hloubky může být ukloněná (do 70°). Celkovou hloubku lze odhadnout na více než 20 m. V proměřeném území byly zaznamenány dvě další drobné oblasti, které mají charakter šachticky vyplněné kamenitým zásypem. Zasahují však jen do hloubky prvních metrů (obr. 13).

Obr. 14: Horníci při práci na šachtě s vrátkem. Dřevořez z knihy Ulricha Rülein von Calw s názvem *Eyn wohlgerechnet nützlich Büchlein, wie man Bergwerk suchen und finden sol*, vydané roku 1555, vznikající však již okolo 1500.

Abb. 14: Spätmittelalterliches Bergwerk mit Haspel. Holzschnitt aus Ulrich Rülein von Calws *Eyn wohlgerechnet nützlich Büchlein, wie man Bergwerk suchen und finden sol* (um 1500, Ausgabe 1555).

Obr. 15: Detail pozdně gotického vyobrazení šachty s vrátkem. Oltář ve farním kostele sv. Anny, Annaberg, Sasko, 20. léta 16. století.

Abb. 15: Detail eines Schachtes mit Haspel. Altar in der Annenkirche, Annaberg, Sachsen. 20er Jahre des 16. Jahrhunderts.



6. Primární úprava rud a manipulace s rudním koncentrátem

Vedle archeologických dokladů těžební činnosti v podobě průzkumných a těžních jam, nebo dokladů sídelních aktivit, tvoří pozůstatky po úpravě rud třetí nejvýraznější a plošně nejrozsáhlejší skupinu nálezů. To se shoduje i se stavem zachyceným na mnoha dobových iluminacích. Velmi jednoduše řečeno jde o doklad těsné vazby úpravnických provozů na doly a o doklad jejich poměrně velkého prostorového rozšíření.

Obr. 16: Detailní výřez pozdně středověkého vyobrazení třídění a roztíloukání rudy na povrchu. Kutnohorský antifonář, pravděpodobně 70. léta 15. století.

Abb. 16: Aufklaubszene über Tage im spätmittelalterlichen Kuttener Antiphonar. 70er Jahre des 15. Jahrhunderts.

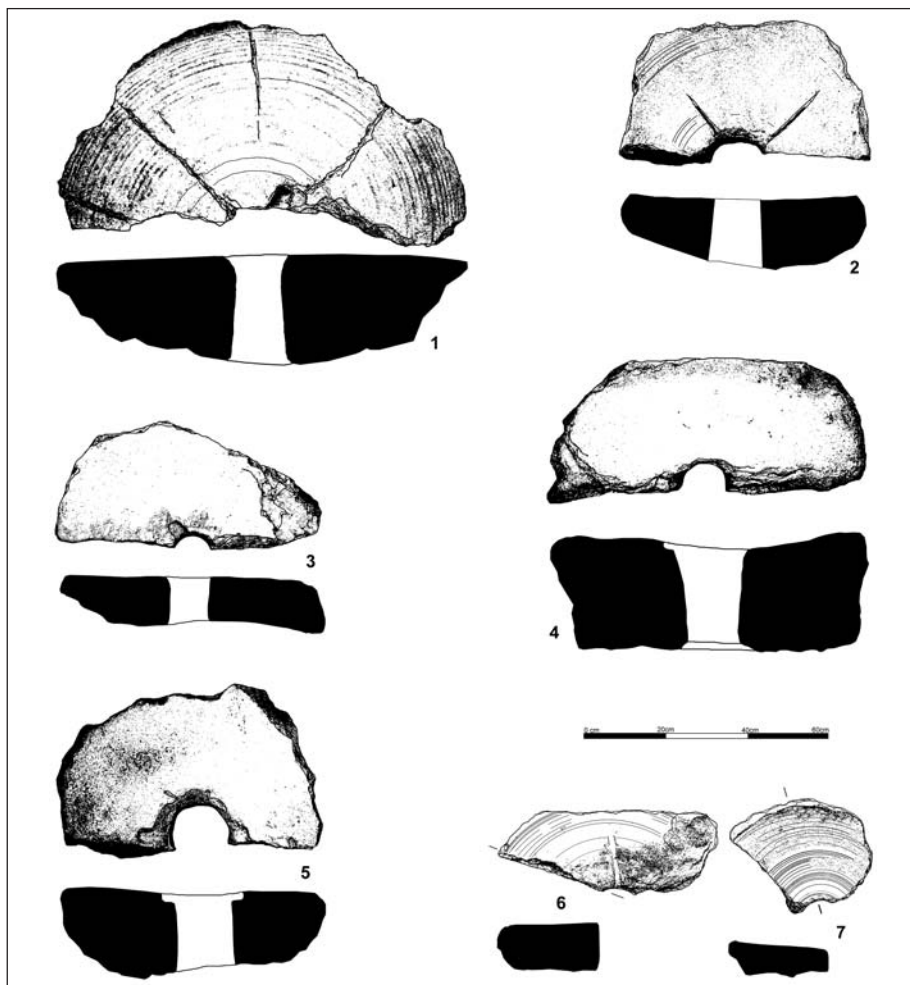
Obr. 17: Detail ručního roztíloukání rudy. Oltář ve farním kostele sv. Anny, Annaberg, Sasko, 20. léta 16. století.

Abb. 17: Aufklaubeszene über Tage auf dem spätgotischen Altar in der Annenkirche, Annaberg, Sachsen. 20er Jahre des 16. Jahrhunderts.



Obr. 18: Mlecí kameny nalezené na Starých Horách I a III 1: obj. 2667 (zahloubená stavba); 2, 4–5: obj. 5594 (zahloubená stavba); 3 a 6: obj. 6638 (zahloubená stavba); 7: obj. 5553 (zahloubená stavba). Kresba P. Hrubý.

Abb. 18: Mühlsteine. 1 Fragment aus Befund 2667 (Überrest hölzerner Gebäude), Staré Hory I (Grabung 2002); 2–5 Fragmente aus Befund 5594 (Überrest hölzerner Gebäude), Staré Hory III (Grabung 2005); 6 Fragment aus Befund 6638; 7 Stück aus Befund 5553 (Überreste hölzerner Gebäude), Staré Hory III (Grabungen 2004–2005). Zeichnung P. Hrubý.



6. 1. Mletí rud v mlýnech

Výlučnými doklady zpracování rud v mlýnech jsou mlecí kameny (obr. 18). Vedle mlecích kamenů nalezených povrchovými průzkumy v korytech vodních toků na Havlíčkověbrosdsku (ROUS – HAVLÍČEK – MALÝ 2005), jde o druhý největší soubor na Českomoravské vrchovině. Mlýny byly používány při mletí rozdrčené rudy na jemnou moučku, která byla dále zpracovávána. Do nynějšíka je ze severní části starohorského couku k dispozici celkem 8 zlomků mlecích kamenů (obr. 18), které přítomnost rudních mlýnů bezpečně dokládají (HEJHAL – HRUBÝ 2006, obr. 19; HRUBÝ 2006, 158–160). I přes vzestup výzkumu postrádáme terénní situace, které by byly přímými pozůstatky stavebních konstrukcí mlýna (srov. WALDHAUSER – DANĚČEK – NOVÁČEK 1993, 393, Abb. 1). Všechny mlecí kameny ze Starých Hor u Jihlavy pocházejí z objektů, které lze označit jako zahloubené stavby, datované do 13. století. Zároveň byly všechny exempláře nalezeny v druhotných situacích.

Soubor lze z hlediska pozorovaných pracovních stop rozdělit na dvě skupiny. První skupinu tvoří žernovy. Jejich pracovní plochy jsou opotřebovány rotačním pohybem, takže lze říci, že poté, co byly kameny příliš omlety nebo se rozlomily, nebyly již více použity (obr. 18: 1–2, 6–7). V případě žernovů jde o poměrně velké a těžké exempláře, jejichž výraznější pohyb po lokalitě v rámci postdepozicičních procesů je méně pravděpodobné. Místa jejich nálezů zřejmě souvisí s areály jejich provozního využití. Mezeru představuje i absence vodního zdroje, jež by umožňoval pohon těchto zařízení. Další možností je tedy pohon silou lidskou, nebo zvířecí.

Druhou skupinu tvoří žernovy, jejichž pracovní plochy jsou druhotně změněny. Namísto rotačního omletí jsou jejich povrchy obité a u žernovu 5 pak i s náznaky několika mělkých menších prohlubní (obr. 18: 3–5). Jde tu bezpečně o doklad druhotného využití fragmentů žernovů v úpravě (drncení) rud, přičemž ale není jasné, zda jako podložek pro ruční roztloukání rudy a nebo jako kamenů do stoup pod pohyblivé palice. Všechny nalezené exempláře jsou vyrobeny z jemnozrnné muskoviticko-biotitické žuly. Materiálová unifikace dovoluje vyslovit myšlenku o jediném zdroji kamenné suroviny – žuly, který byl ve 13.–14. století za účelem výroby žernovů pravděpodobně pravidelně využíván. Z hlediska morfologie je velmi obtížné alespoň s jistou pravděpodobností stanovit, zda jde o tzv. běhouny, tedy horní pohyblivé díly mlecí soustavy mlýna, nebo o tzv. ležáky, tj. spodní statické díly dvojice žernovů (srov. HEJHAL – HRUBÝ – MALÝ 2006).

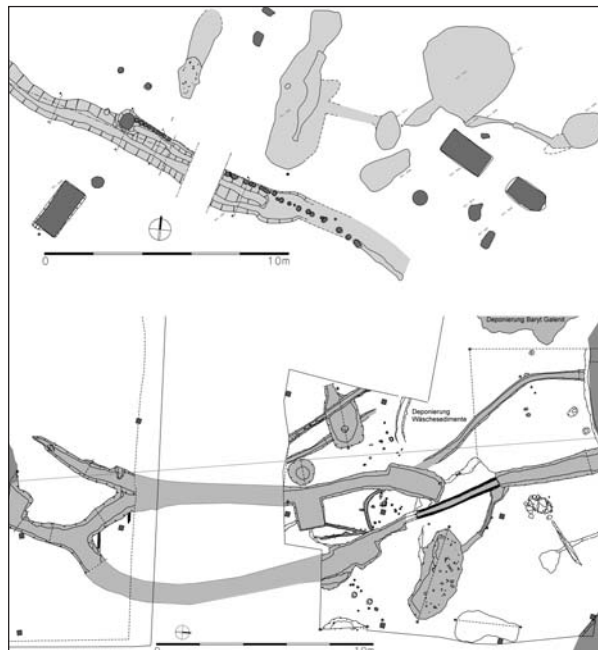


Obr. 19: Jednoduchá pozdně středověká stoupa s jednou palicí poháněná vodním kolem, situovaná na menším vodním toku. Christoph Graf zu Waldburg Wolfegg (asi po roce 1480).

Abb. 19: Spätmittelalterliches Pochwerk mit einem Stampfholz nach Christoph Graf zu Waldburg Wolfegg (kurz nach 1480).

Obr. 20: Pozůstatky zařízení na praní rud. Nahoře: soustava zkoumaná na lokalitě Staré Hory I v roce 2002. Dole: Lokalita Staré Hory III, výzkum 2006. Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 20: Überreste von Waschanlagen. Oben: Wäsche in Staré Hory I (Grabung 2002); unten: Wäsche in Staré Hory III, Grabung 2006. Foto Archiv ARCHAIA Brno.



6. 2. Praní rud: základní klasifikace nálezových situací

U pozůstatků po praní rud se jedná o hojný druh podpovrchových archeologických nálezů a situací. Zásadní problém na úrovni vnější kritiky pramene ale spočívá v tom, že velké části těchto zařízení byly nadzemní a dřevěné. Archeologicky jsou proto nezachytitelné. Objekty, které lze spojovat s pozůstatky úpravnických zařízení, můžeme rozdělit do dvou skupin, přičemž oba typy objektů lze hojně vysledovat téměř při všech úpravnických postupech ve Dvanácti knihách o hornictví a hutnictví G. Agricoly (srov. obr. 30 a 32). Právě to však může být určitým úskalím při pokusu o interpretaci technické funkce nalezených pozůstatků.

1) Obdélné a čtvercové jámy, výjimečně jámy kruhové: jedná se o pozůstatky po nádržkách, které jsou v rámci důlního a úpravnického areálu situovány buď izolovaně, tj. samostatně, nebo v rámci větších uskupení, které interpretujeme jako rýžovnické soustavy (obr. 24–26, obr. 28–29). Archeologicky jsou detekovány takové prádelny na Starých Horách dvě (viz kap. 6. 3. a 6. 4.).

2) Liniové žlaby, kanály a koryta: tyto objekty se téměř vždy vyskytují v kontextu větších uskupení, představujících odtoková koryta od rýžovnických splavů (obr. 21–22, obr. 27).

6. 3. Prádelna rud na lokalitě Staré Hory I

Jednalo se soustavu objektů, jejichž osou byl mohutný kanál směru V – Z, jehož výše položená západní část ústila z jedné z těžních jam na samém okraji výzkumné plochy (obr. 20 nahoře; obr. 21). Hlavní kanál měl trapézovitý průřez, v horní základně se šířka pohybovala mezi 65–82 cm, v dolní 45–55 cm. Hloubka kolísala mezi 55–70 cm. Na kanál navazoval členitý objekt obdélného půdorysu. Představoval rozšíření kanálu, kdy jeho jedna stěna byla tvořena řadou kúl se šikmo seříznutým dnem. Celková zachycená délka podzemní, tj. zahloubené části tohoto zařízení byla okolo 18,5 m, původně však byla mnohem větší a má své pokračování ve východní části zkoumané plochy o 16 m dále, kde se nachází další struktury tohoto typu, včetně stop po nadzemních dřevěných liniovitých konstrukcích (obr. 26: 1–3). V této části, která již spadá po mírném svahu do údolíčka, se nacházela potoční niva a sedimentární vrstvy, vzniklé provozem dolů a prádelen. Součástí areálu bylo několik dalších pravidelných objektů, považovaných za pozůstatky nádržek (obr. 24 a 25). Celá soustava byla vázána na malou vodoteč (srov. kap. 3. 1.), do které ústila. Napájení této soustavy jasně není. Jednou z možností je, že voda k propírání rudy se do soustavy přiváděla čerpáním ze šachet.

6. 4. Prádelna rud na lokalitě Staré Hory III

Tento areál se nacházel se v sv. části plochy zkoumané v roce 2006, v těsné vazbě na těžní jámy, které zde vytvářely hlavní pásmo těžních jam (obr. 9). Soustava (obr. 20 dole; obr. 22) využívala přirozený spád terénu ve směru JJZ–SSV; rozmezí nadmořských výšek 496,815 m – 496,381 m, tj. s převýšením 43 cm v délce okolo 27 m.

Vůdčím druhem objektů jsou kanály, kterých bylo zjištěno několik svazků. Řada z nich je pravděpodobně současná, ale některé jsou podle doložených stratigrafií posloupné. Hlavní kanály měly trapézovitý průřez, v horní základně se jejich šířka pohybovala mezi 65–82 cm, v dolní 45–55 cm. Hloubka kolísala mezi 30–55 cm. Výplně hlavních kanálů byly dvojího původu. Ve spodní části se nacházely sedimentární uloženiny, které lze považovat za provozní vrstvy, jimiž se kanály zanášely jemnozrnnou až jílovitou složkou praného materiálu, nebo naopak zrnitou mletou žilovinou. Sedimenty byly překryty hlínou, která se do nálezových situací dostala rozrůstáním obvalů, nebo postmedievalním aplanováním.



Na hlavní kanály byly navázány objekty s plochým dnem a hladkými rovnými stěnami, považované za pozůstatky nádržek, v nichž se usazoval rudonosný náplav (obr. 28–29). Vedlejší kanály měly průřez hranolový a byly menší. Šířka se pohybovala mezi 25–35 cm. Třetí skupinou jsou mělké a povrchové úzké kanálky, zachycené v severní části soustavy, které propojovaly jednotlivé větve, přičemž nepřesahovaly délku 1,7–2,1 m, šířku 11–20 cm a hloubku často jen několik centimetrů.

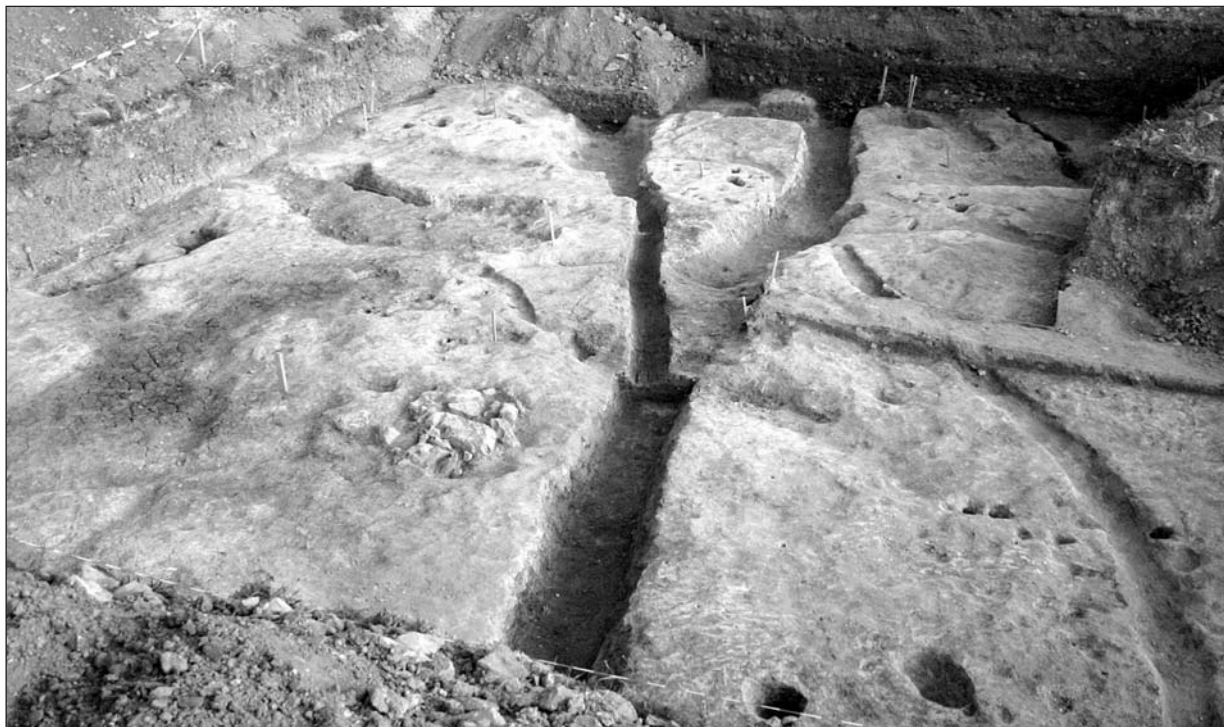
Největší koncentrace kanálů a výkopů se nachází v centrální části soustavy, kde je situace z technického i archeologického hlediska nejzajímavější. Byla zde zachycena superpozice dvou větví soustavy, která podle stratigrafie může být nesoučasná. V místě jejich kontaktu je koncentrace sedimentárních vrstev a terén zde byl v době provozu rozbahněn. Západnější větev byla zanesena a přeložena. Pravděpodobně ze stejného důvodu zde vzniklo přemostění dřevěným žlabem délky 3,7 m. Žlab měl profil U, nebo spíše půlkruhový a byl vydlabán z podélně rozpůleného kmene. Šířka byla 35–41 cm. Součástí archeologických situací byla i koncentrace uloženin, vzniklých přepráním a zbavených hlinitých a jílovitých složek se zrny jemné ostrohranné frakce. Na rozdíl od prádelny rud na lokalitě Staré Hory I nebyla zjištěna bezprostřední vazba na přirozený vodní tok. Napájení této soustavy lze předpokládat rovněž vodou čerpanou ze šachet (viz obr. 20).

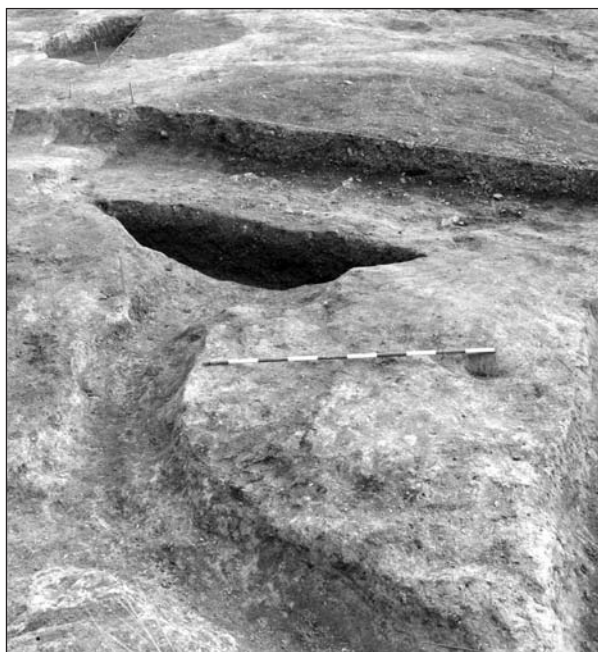
Obr. 21: Staré Hory I, výzkum 2002.
Archeologický doklad prádelny rud
v podobě žlabovitého objektu.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Obr. 22: Staré Hory III,
výzkum 2006. Celkový
pohled na prádelnu rud.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 21: Staré Hory (Altenberg) I,
Grabung 2002. Archäologischer Beleg
einer mittelalterlichen Erzwäsche.
Foto Archiv ARCHAIA Brno

Abb. 22: Überreste von Waschanlagen.
Gesamtansicht der Anlage in Staré
Hory III., Grabung 2006.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.





Obr. 23: Staré Hory III, výzkum 2006. Šachta 3607 a pozůstatky odvodňovacích kanálů, dokládajících přítomnost vodotěžního zařízení. Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 23: Staré Hory III, Grabung 2006. Schacht 3607 und Überreste einer Entwässerungsvorrichtung über Tage. Foto Archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 24: Staré Hory I, výzkum 2002. Šachta 3504 a zahloubená nádržka 3505. Foto Archiv ARCHAIA Brno.

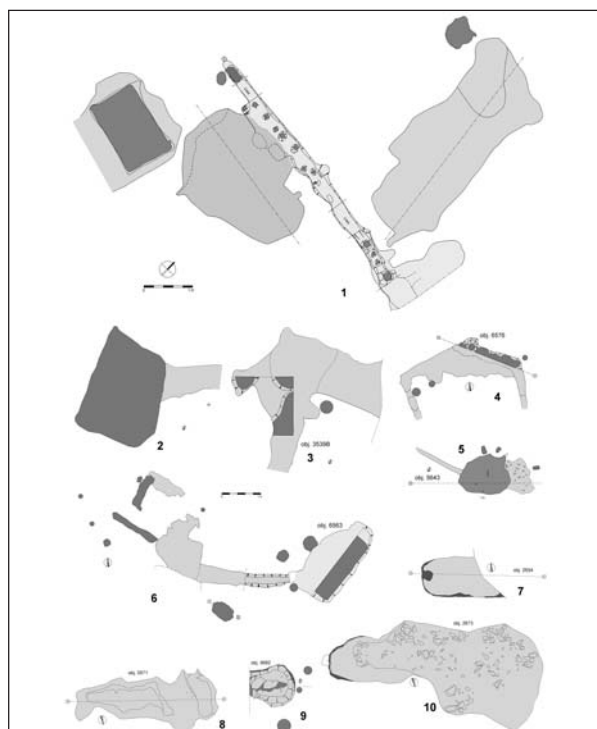
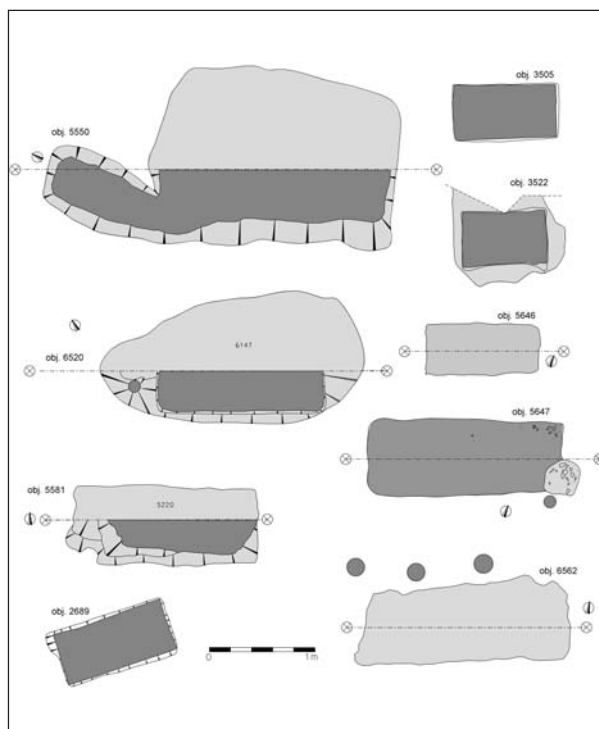
Abb. 24: Staré Hory (Altenberg) I., Grabung 2002. Schacht 3504 und Reservoir 3505. Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Obr. 25: Archeologické doklady zařízení na praní rud.

Abb. 25: Archäologisch dokumentierte Überreste einer Erzwäsche.

Obr. 26: Archeologické doklady zařízení na praní rud (1–6). Doklady von Öfen oder Feuerstellen (7–10).

Abb. 26: Überreste einer Erzwäsche (1–6). Überreste von Öfen oder Feuerstellen (7–10).



Obr. 27: Staré Hory III, výzkum 2006.
Dřevěné korytko nalezené v úpravně.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 27: Staré Hory III, Grabung 2006.
Eine hölzerne Rinne innerhalb
der Erzwäschanlage.
Foto Archiv ARCHAIA Brno.

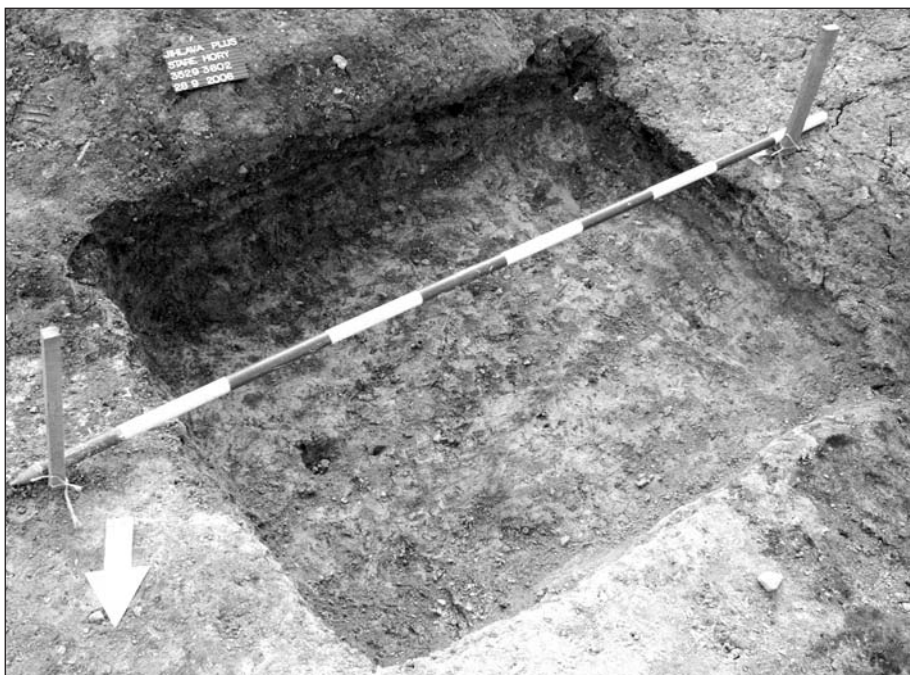
Obr. 28: Staré Hory III, výzkum 2006.
Jednotlivé objekty v rámci úpravny rud
(3584). Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 28: Staré Hory III, Grabung 2006.
Befunde innerhalb
der Erzwäschanlage (3584).
Foto Archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 29: Staré Hory III, výzkum 2006.
Jednotlivé objekty v rámci úpravny rud
(3602). Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 29: Staré Hory III, Grabung 2006.
Befunde innerhalb
der Erzwäschanlage (3602).
Foto Archiv ARCHAIA Brno.



6. 5. Odpad z prádelny rud: významný studijní pramen

Tento typ materiálu, jehož výskyt je pochopitelně spojen s hojnou přítomností výše referovaných archeologických objektů, se za krátký čas ukázal být významným pramenem informací. Proto se při odkryvu úpravnické soustavy a dalších objektů v průběhu výzkumných sezón 2005–2006 na lokalitě Staré Hory III přistoupilo k systematickému odběru a k chemické analýze uloženin tohoto typu, za účelem zjištění spektra a obsahů barevných kovů (**tab. 4, tab. 11 a 12**). Vedle toho byly odebrané výplně prošlíchovány za účelem detekce technolitických makročástic. Obecně lze rozlišit z hlediska původu a z hlediska pozice v rámci naleziště několik skupin:

- 1) Provozní písčité sediment, promíchaný s propanou rudninou: vyskytoval se zejména na dnech a ve výplních nádržek, koryt a kanálů.
- 2) Propaná a rozemletá rudnina s příměsí hutního odpadu: vyskytovala se zejména v sekundárních výplních objektů, ale i mimo objekty, tj. volně ve zkoumané ploše.
- 3) Propaný a pravděpodobně stoupaný, či ručně roztlučený baryt, zbavený užitkové rudy (galenit): nalezen byl v zánikové výplni jedné ze staveb na lokalitě Staré Hory I v blízkosti rýžovnické soustavy.

Tab. 4: Chemické analýzy výplní
objektů a šlichů z těchto výplní
na lokalitě Staré Hory III
(obsahy v ppm).

Taf. 4: Metallgehalte
im Aufbereitungsabfall in der Befunde
und Fundsituationen in Staré Hory III.
(ppm).

Objekt	5641	5641	5664	5664	5699	5699	5643	5643
Vrstva	5339	5339	6292	6292	6104	6104	6209	6209
Typ	nádržka	nádržka	nádržka	nádržka	nádržka	nádržka	nádržka	nádržka
Poznámka	šlich		šlich		šlich		šlich	
Č. pro analýzu	1a	21	2a	20	3a	19	4a	18
Pb	34 048	25 756	1 231	3 009	1 348	2 386	972	1 675
Ag	76	140	42	67	151	190	37	102
Cu	796	1 233	91	245	107	208	94	164
Zn	8 967	5 388	412	976	515	939	462	847
Sb	211	178	810	38	0	39	30	20
As	231	286	166	183	173	210	179	186
Ba	85 729	41 501	15 521	10 794	21 946	7 888	20 916	3 662

Použitá metoda zpracování a analýzy: Většina uloženin, považovaných za produkt nebo odpad po prání rud byla podrobena analýzám. Metodou AAS byl zjišťován obsah Pb, Ag, Cu, Zn, Sb, As, Ba (ze vzorků, které již makroskopicky obsahovaly velké množství barytu, byl baryt ručně vyseparován, zvážen a množství Ba pak bylo dopočteno k obsahu Ba zjištěnému analýzou). Dále byl pod binokulárním mikroskopem zjišťován obsah specifických fází: **a)** v materiálu přepáleném, **b)** v materiálu šlichovaném a následně upraveném v těžkých kapalinách. Ve vzorcích byly vyhledávány rudní minerály, baryt, strusky a jiné technolity.

Zjištění: Všechny sedimenty mají zvýšený obsahy barevných kovů a ve všech byly také zjištěny částice jak technogenní (strusky), tak pocházející z rudních žil (baryt, či krystalky křemene). Za zvýšené lze obsahy kovů považovat jak oproti běžně udávaným hodnotám (POLANSKI – SMULIKOVSKI 1978), tak i vzhledem k „pozadí“ této lokality.



Obr. 30: Rýžovnická soustava
na propírání cinové rudy podle osmé
knihy Agricoly. Polovina 16. století
(Ježek – Hummel 2001, 316).

Abb. 30: Waschen der Zinnerze nach
Agricola Buch VIII (Ježek – Hummel
2001, 316).

Lze tedy předpokládat, že sedimenty představují odpad po úpravě rudniny případně po přípravě vsázky. Za vysoce pravděpodobné to lze pokládat u sedimentu z objektu 5641, kde jsou obsahy kovů extrémně vysoké a kde vzorek obsahuje i zlomky strusek a baryt. Struska v tomto sedimentu pochází podle chemické analýzy z procesů hutnění polymetalických rud (obsahuje zvýšené množství Pb, Zn, Cu aj.). Jen podle obsahu sledovaných kovů je však obtížné rozhodnout, zda sedimenty vznikly jako „provozní“ výplně objektů (a podle jejich vlastností tedy lze dovozovat funkci konkrétních objektů), nebo zda vznikly až druhotně (a sedimenty tak vypovídají pouze o technologických procesech na lokalitě obecně). Ze srovnání obsahů sledovaných kovů v sedimentu a ve šlichu z tohoto sedimentu vyplývá několik závěrů:

- 1) Pb, Ag, Cu, As a Zn mají vyšší obsahy v sedimentu než ve šlichu. Značná část Pb, Ag, Cu, As a Zn je tedy v sedimentu vázána na fázi s nízkou hustotou. Lze předpokládat, že to bude zejména na jílové nerosty a hydroxidy Fe.
- 2) Množství Ba ve šlichu v porovnání s původním sedimentem je vyšší, takže významná část Ba je vázána na baryt.
- 3) Stejně „nabohacení“ vykazuje Sb, jehož vazba na konkrétní fázi s vysokou hustotou je neznámá. Výjimku tvoří vzorek z objektu 5641, v kterém je vyšší obsah Pb a Zn ve šlichu než v původním sedimentu. To je pravděpodobně způsobeno podstatným obsahem strusky v sedimentu, která má vyšší hustotu a zároveň obsahuje velké množství Pb i Zn.

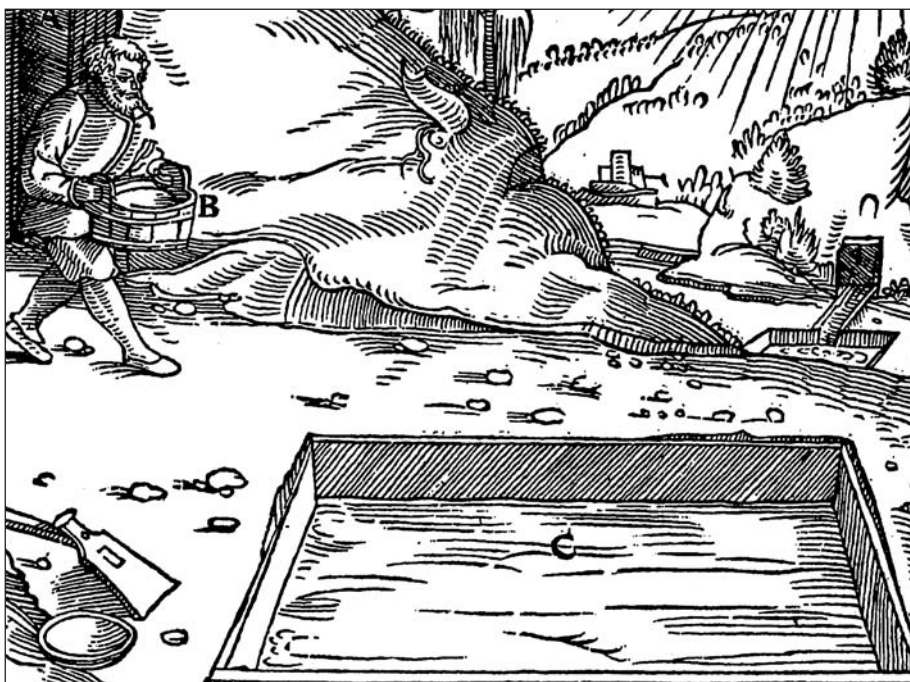
Obr. 31: Úprava nadrcené a namleté rudy práním a rýžováním. Výjev z pozdně gotického malovaného oltáře z kostela sv. Anny, Annaberg, Sasko, 20. léta 16. století.

Abb. 31: Erzwäsche. Spätgotischer Altar in der Annenkirche, Annaberg, Sachsen. 20er Jahre des 16. Jahrhunderts.



Obr. 32: Nádržka na sedimentaci roztoků při výrobě skalice podle dvanácté knihy Agricolovy se konstrukčně shoduje s objekty, nalezenými v úpravárnách na Starých Horách (Ježek – Hummel 2001, 529).

Abb. 32: Reservoir für die Sedimentation der Erzlösungen bei der Vitriolgewinnung nach Agricola Buch XII (Ježek – Hummel 2001, 529). Baulich identisch mit Befunden aus Staré Hory.



Obr. 33: Uměle budovaná dřevěná dlabaná koryta při rýžování zlata podle osmé knihy Agricoly (Ježek – Hummel 2001, 333). Koryto (A) je technologicky identické s nálezem z lokality Staré Hory III (srovnej obr. 30).

Abb. 33: Eine hölzerne Rinne (A) beim Goldwaschen nach Agricola Buch VIII (Ježek Hummel 2001, 333). Technologisch ist diese Rinne identisch mit dem Befund aus Staré Hory (siehe Abb. 30).



6. 6. Půdní metalometrie

Půdní metalometrie byla systematicky provedena jen na menší ploše lokality Staré Hory III, zkoumané v roce 2006 (obr. 9). Úkolem bylo zjištění rozsahu kontaminace celého těžebně-úpravnického areálu barevnými kovy, dále vymezení oblastí s nejvyšší kontaminací, tzn. předpokládaných areálů těžby a úpravy rud a srovnání takto vymezených ploch s archeologickými objekty. Dalším z cílů bylo zjistit, zda lze tuto metodu využívat v obdobných terénech na vyhledávání starých těžebních a úpravárenských objektů.

Tab. 5: Obsahy kovů ve vrstvě 0100 na lokalitě Staré Hory III (v ppm).

Taf. 5: Metallgehalte im Schicht 0100 in Staré Hory III (ppm).

Bod (číslo vzorku)	Cu	Sb	Pb	Zn	Ag	As	Ba	Cd
1	27	0	200	32	7	0	56	0
2	4	0	17	71	2	6	55	1
3	9	0	32	48	3	0	166	1
4	21	0	159	51	13	11	61	0
5	7	0	26	792	4	0	57	5
6	3	0	20	182	2	8	59	4
7	4	0	9	23	4	0	50	0
8	13	0	21	60	0	7	67	2
9	8	0	41	288	1	10	91	5
10	4	0	10	14	0	0	117	0
11	3	0	18	26	0	7	67	0
12	13	0	45	108	2	0	158	1
13	11	0	47	57	0	0	118	1
14	7	21	42	53	5	0	132	1
15	33	0	86	110	39	11	165	2
16	6	0	30	36	1	0	70	0
17	8	0	69	68	3	7	155	1
18	7	0	26	92	0	0	131	2
19	8	0	89	26	0	4	39	0
20	2	0	9	19	0	3	102	0
21	7	0	17	28	1	0	66	0
22	5	0	30	42	1	16	91	0
23	7	0	53	48	2	0	117	0
24	7	0	39	72	5	2	82	1
25	4	0	8	20	0	0	62	0
26	17	0	16	28	0	0	250	0
27	5	5	19	27	0	0	75	0
28	9	0	13	36	0	0	43	0
29	5	0	13	490	0	1	85	6
30	8	0	22	49	2	0	149	0
31	6	0	26	37	0	8	67	0
32	4	0	11	38	0	0	56	0
33	4	0	22	50	0	7	69	1
34	5	0	21	56	1	0	93	0
35	7	0	15	32	0	0	44	0

Použitá metoda zpracování a analýzy: Vzorky byly odebrány v pravidelné síti 5 × 5 m. V každém vzorkovacím bodě byly, pokud to bylo možné, odebrány vzorky ze dvou vrstev:

- 1) tmavě až černě zbarvená provozní komunikační vrstva se zvýšeným množstvím organického materiálu (číslo 3232 a 3155),
- 2) vrstva šedě zbarveného jílovitého sedimentu v bezprostředním podloží předchozí vrstvy (číslo 0100).

Zjištění: Celá zkoumaná plocha je výrazně kontaminována barevnými kovy (srov. **tab. 5–10**). Vzhledem k tomu, že ve vrstvě 3232/3155 je množství sledovaných kovů několikanásobně vyšší než ve vrstvě 0100, je kontaminace velmi pravděpodobně antropogenního původu. K nejvyššímu nárůstu obsahu došlo u kovů, jejichž migrace je v supergenních podmínkách omezená (Pb, Ag, Ba). U kovů, které jsou v supergenních podmínkách mobilnější (Zn, Cu), není nabohacení vrstvy 3232/3155 již tak výrazné. Maximální zjištěné obsahy sledovaných kovů dosahují desetin % (např. téměř 0,3 hmot. % Pb ve vrstvě 3232/3155). To dokládá rozsáhlou kontaminaci celého areálu kovy, jejichž působení na organismy je toxické.

Ve vrstvě 0100 jsou významné kladné korelace v obsahu prvků, které mají obdobné vystupování v přírodních procesech (zejména Zn–Cd, ale i Pb–Cu nebo Cu–Ag). Naproti tomu ve vrstvě 3232/3155 jsou významné kladné korelace i mezi prvky, jejichž chování v přírodních procesech je velmi odlišné (Cu–As, Pb–Ba, Ag–As, Ag–Ba, As–Ba). To ukazuje na skutečnost, že distribuce prvků byla ve vrstvě 3232/3155 zásadně ovlivněna antropogenními procesy. Ve vrstvě 0100 i v provozní vrstvě 3232/3155 se plošně zvýšené obsahy těžkých kovů projevují zejména ve východní části zkoumané plochy, která je interpretována jako úpravnický areál. Tato skutečnost je v souladu s předpokládanou intenzitou práce s vytěženou rudninou. V blízkosti šachet docházelo nejvýše k vytahování rudniny a jejímu dočasnému uložení. V areálu úpravy (prádelny) naproti tomu byla manipulace s rudninou intenzivní. Ruda zde byla roztloukána, drcena (mleta) a přeplavována. Ve vrstvě 3232/3155 byla zjištěna další výrazná oblast kontaminace těžkými kovy, a to u zbytků dřevěné stavby 3559. Příčiny tohoto jevu nejsou jasné. Mezi jinými mohlo jít o dočasnou skládku rudniny, místo pro přebírání nebo roztloukání rudy apod. (srov. **obr. 16–17**).

Tab. 6: Obsah kovů v provozní vrstvě 3232/3155 (ppm) na lokalitě Staré Hory III

Taf. 6: Metallgehalte im Schicht 3232/3155 in Staré Hory III (ppm)

Bod (číslo vzorku)	Cu	Sb	Pb	Zn	Ag	As	Ba	Cd
1	182	0	2 055	263	283	137	2562	0
2	8	0	55	187	1	7	153	8
3	43	0	224	54	11	0	239	2
8	104	0	703	802	4	25	564	23
10	10	0	33	77	0	0	199	1
11	26	0	172	119	2	5	266	2
12	77	0	796	210	68	47	622	2
13	42	0	423	207	52	10	158	2
15	178	0	380	429	33	6	358	11
16	14	0	30	279	0	7	264	3
17	17	0	88	116	6	0	315	1
19	67	0	378	49	48	16	160	0
20	11	0	70	72	5	0	205	1
22	32	0	210	204	12	3	401	5
23	18	0	119	91	10	0	250	2
24	31	0	321	72	10	0	256	2
26	17	0	22	147	4	0	209	13
27	13	0	40	63	0	0	130	2
28	87	0	100	92	7	68	112	1
29	11	0	21	173	0	8	155	3
30	84	0	2 814	604	35	22	1 372	9
32	20	0	188	238	21	4	130	4
34	14	0	88	281	7	0	223	4
35	8	0	16	18	0	0	54	0

Tab. 7: Statistické vyhodnocení obsahu kovů ve vrstvě 0100 (v ppm) na lokalitě Staré Hory III. Údaj „počet“ vyjadřuje množství vzorků, v kterých byl daný kov zjištěn v měřitelném množství.

Taf. 7: Eine statistische Auswertung der Metallgehalte im Schicht 0100 (ppm) in Staré Hory III. Die im Feld „počet“ erwähnte Angaben ausserm die Proben mit messbaren Metallgehalte.

	Cu	Sb	Pb	Zn	Ag	As	Ba	Cd
průměr	9	1	38	92	3	3	93	1
sm. odchylka	7	4	40	149	7	4	46	1
max	33	21	200	792	39	16	250	6
min	2	0	8	14	0	0	39	0
medián	7	0	22	48	1	0	75	0
počet	35	2	35	35	19	15	35	15

Tab. 8: Statistické vyhodnocení obsahu kovů ve vrstvě 3232/3155 (ppm) na lokalitě Staré Hory III. Údaj „počet“ vyjadřuje množství vzorků, v kterých byl daný kov zjištěn v měřitelném množství.

	Cu	Sb	Pb	Zn	Ag	As	Ba	Cd
průměr	46		389	202	26	15	390	4
sm. odchylka	49		659	180	57	30	522	5
max	182		2 814	802	283	137	2 562	23
min	8		16	18	0	0	54	0
medián	23		146	160	7	5	231	2
počet	24	0	24	24	20	16	24	21

Taf. 8: Eine statistische Auswertung der Metallgehalte im Schicht 3232/3155 (ppm) in Staré Hory III. Die im Feld „počet“ erwähnte Angaben äussern die Proben mit messbaren Metallgehalte.

Tab. 9: Koeficienty korelace obsahu kovů ve vrstvě 0100 (ppm) na lokalitě Staré Hory III.

Taf. 9: Korelationskoeffizient der Metallgehalte im Schicht 0100 (ppm) in Staré Hory III.

	Pb	Zn	Ag	As	Ba	Cd
Cu	0,741	-0,050	0,755	0,188	0,315	0,018
Pb		-0,074	0,458	0,218	-0,030	-0,089
Zn			0,058	-0,009	-0,095	0,841
Ag				0,354	0,214	0,121
As					-0,094	0,169
Ba						0,026

Tab. 10: Koeficienty korelace obsahu kovů ve vrstvě 3232/3155 (ppm) na lokalitě Staré Hory III.

Taf. 10: Korelationskoeffizient der Metallgehalte im Schicht 3232/3155 (ppm) in Staré Hory III.

	Pb	Zn	Ag	As	Ba	Cd
Cu	0,611	0,510	0,682	0,709	0,676	0,296
Pb		0,556	0,630	0,584	0,856	0,181
Zn			0,120	0,181	0,396	0,812
Ag				0,868	0,881	-0,164
As					0,804	-0,083
Ba						0,062

Tab. 11: Chemické analýzy výplní zahloubených nádržek na lokalitě Staré Hory III. (ppm).

Taf. 11: Metallgehalte in der Verfüllungen der Behälter in Staré Hory III. (ppm).

Objekt Vrstva Typ Poznámka	3561 3318 nádržka	3605 3312 nádržka	3599 3301 nádržka nad dnem	3599 3300 nádržka nadloží vz. 8	3599 3299 nádržka nadloží vz. 11	3611/3604 3310 nádržka nad dnem	3653 3316 nádržka	3563 kanál - nádržka nad dnem
č. pro analýzu	1	4	8	11	13	12	14	20
Cu	170	332	431	818	272	120	189	101
Sb	182	0	36	1 423	0	0	0	0
Pb	1 678	3 267	5 339	8 531	2 897	1 184	1 762	1 170
Zn	2 471	2 610	1 538	2 305	1 098	2 237	2 427	2 229
Ag	148	122	140	93	142	192	107	96
As	503	695	445	571	243	451	676	413
Ba	2 107	3 165	3 480	2 029	1 851	2 382	5 138	922

Tab. 12: Chemické analýzy výplní objektů – kanálů (obsahy v ppm).

Taf. 12: Metallgehalte in der Verfüllungen der Wasserkanäle und Wasserrinnen in Staré Hory III. (ppm).

Objekt Vrstva Typ Poznámka	3620 3384 kanál	3620 3385 kanál podloží vz. 2	3620 bez čísla kanál dno	3590 3397 kanál nad dnem	3590 3256 kanál nadloží vz. 7	3611/3604 3389 kanál nad dnem	3611 kanál nad dnem	3611 3386 kanál	3620 3383 kanál nad dnem	3563 3305 kanál	3563 3305 kanál nadloží vz. 18	3563 3307 kanál	3619 kanál nad dnem
č. pro analýzu	2	5	6	7	16	9	10	15	17	18	23	19	21
Cu	265	542	16	42	154	153	236	220	230	119	123	94	86
Sb	160	644	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
Pb	2 952	8 941	96	222	1 626	897	2 465	3 101	1 745	975	996	1 190	762
Zn	2 278	2 537	147	472	1 011	1 350	3 193	2 351	2 015	2 518	2 565	2 719	2 687
Ag	128	126	0	2	82	119	129	66	57	66	103	81	80
As	504	945	301	246	288	407	482	407	462	522	550	291	474
Ba	2 563	1619	596	470	3 406	1 819	2 531	1 896	2 282	2 410	1 845	1 023	1 176

7. Hutnění Pb-Ag rud

Prvek	Obsah v ppm
Cu	62
Pb	193
Zn	440
Ag	32
As	245
Ba	539
Sb	0

Tab. 13: Obsahy kovů v propálené provozní výplni blíže neurčené picky 0911/0913 v interiéru stavby 3581 (srov. obr. 36).

Taf. 13: Metallgehalte im Lehm aus dem Ofen 0911/0913 im Inneren des Grubenhauses 3581 (siehe Abb. 40).

V současné době je z archeologických výzkumů na Starých Horách k dispozici soubor nálezů, objektů a situací, který můžeme (s určitou opatrností) klást do souvislosti s výrobními metalurgickými procesy. Celkově lze hovořit o několika skupinách, pojednaných v následujících státech (viz kap. 7. 1. až 7. 4).

7. 1. Relikty výhni (?)

Jedná se o více než desítku archeologických objektů, z nichž jen u některých lze uvažovat o spojitosti s hutnictvím, nebo jinými výrobními procesy (srov. obr. 26: 7–10, obr. 34–36). Bohužel se na základě standardní archeologické klasifikace nedaří nalézt klíč k přesnému rozlišení těchto objektů z hlediska jejich funkce. Z hlediska zachování technických a konstrukčních prvků (zastřešení, stěny, přírodní a odváděcí kanálky apod.) se terénní situace jeví jako nedostatečné. Všechny tyto relikty byly nalezeny jako jednotlivosti, takže dosud nelze hovořit o přesvědčivých dokladech metalurgických pracovišť. V provozní výplni jediné takové výhni, jejíž výplň byla blíže zkoumána, nebyly zjištěny takové obsahy kovů, aby to umožnilo její jednoznačné technologické zařazení (viz tab. 13). Pouze u mělkých větších objektů, často s vazbou na obvaly jam (obr. 10; obr. 26:10; obr. 34 dole) by mohlo jít o pracoviště, kde byla ruda po vyřídění pražena. Pražením bylo docíleno větší poddajnosti rudy při mletí a drcení, dále byly zčásti odstraněny v dalších procesech nežádoucí kovy a látky (As, Sb, S) a bylo dosaženo převodu převážně sulfidických rud na snáze hutnitelné oxidy.

7. 2. Hutní, kovářský a slévačský odpad

Jedná se o nepočetnou skupinu (obr. 37–40), kterou lze na základě materiálových analýz, nebo archeologické deskripce spojit se zcela konkrétními metalurgickými postupy (srov. kap. 7. 4. a 7. 5.). Okolnosti omezující naše interpretační možnosti jsou jako i jinde nálezevé situace. Výjma drobných fragmentů, nalezených po prošlíchování odpadu či v provozním sedimentu po prání rud (srov. kap. 6. 5.), byly další nálezy tohoto typu nalezeny buď v zánikových, tedy druhotných výplních zahloubených staveb (viz obr. 39), nebo v objektech bez bližšího určení. Kovářské strusky byly většinou nalezeny v zánikových vrstvách staveb na lokalitě Staré Hory I (obr. 12) a v dalších menších objektech. Okuje byly od roku 2005 záměrně separovány (ze šlíchů výplní objektů) až na lokalitě Staré Hory III. Jejich největší koncentrace byly zjištěny v blízkosti téžních jam a staveb (obr. 8) a v uloženinách v prostoru úpravny (obr. 20 dole).

7. 3. Strusky po hutnění Pb-Ag rud

U strusek (celkem cca 20 kusů) bylo cílem zjištění fyzikálně-chemických vlastností včetně fázového a chemického složení. Z těchto informací lze pak usuzovat na typ procesu, kterým strusky vznikly a případně na některé jeho bližší charakteristiky.

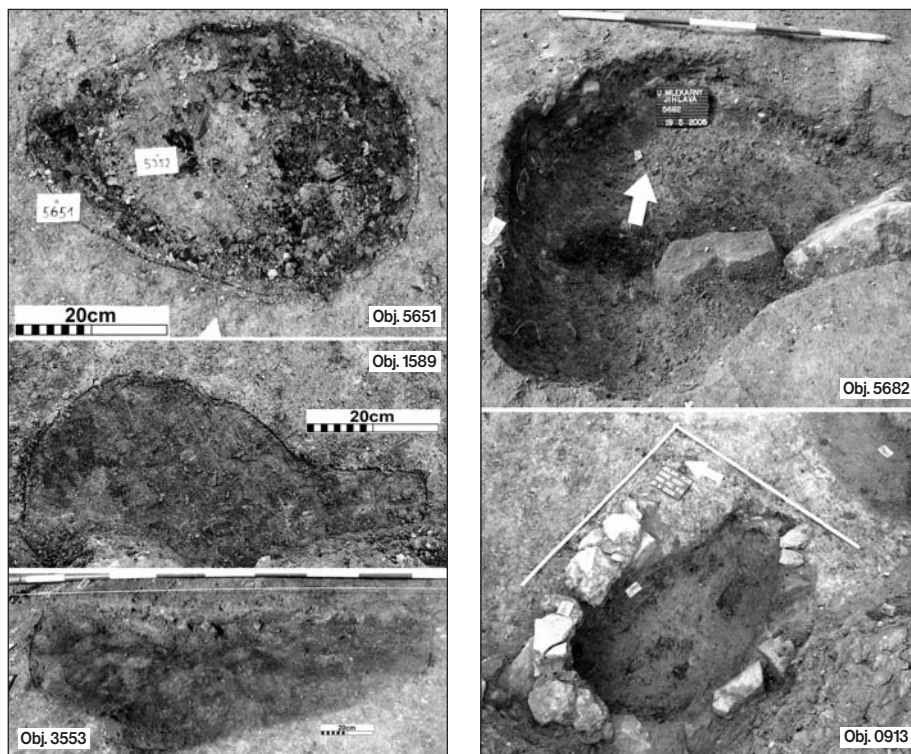
Použitá metoda zpracování a analýzy: Strusky byly po očištění prohlédnuty pod binokulárním mikroskopem a byla u nich měřena magnetická susceptibilita (ručním kapametrem KT-5). Z vybraných vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy, které byly vyhodnoceny pod mikroskopem a vyfotografovány. Na stejných vzorcích bylo stanoveno fázové složení metodou rentgenové práškové difrakce (na difraktometru STOE Stadi-P, za použití záření CuK α s germaniovým filtrem; srovnání s databází JCPDS) a chemické složení klasickou „slíkatovou“ analýzou (H₂O – sušením při 110 °C; +H₂O – Penfieldova

Obr. 34: Ukázky ohnišť, pecí, nebo otopných zařízení. Shora: Obj. 5651 (Staré Hory III, výzkum 2005); Obj. 1589 (Staré Hory I, výzkum 2002); Obj. 3553 (Staré Hory III, výzkum 2006). Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 34: Öfen, Herde oder Feuerstellen. Vom oben: Befund 5651 (Staré Hory III, Grabung 2005), Befund 1589 (Staré Hory I, Grabung 2002), Befund 3553 (Staré Hory III, Grabung 2006). Foto Archiv ARCHAIA Brno.

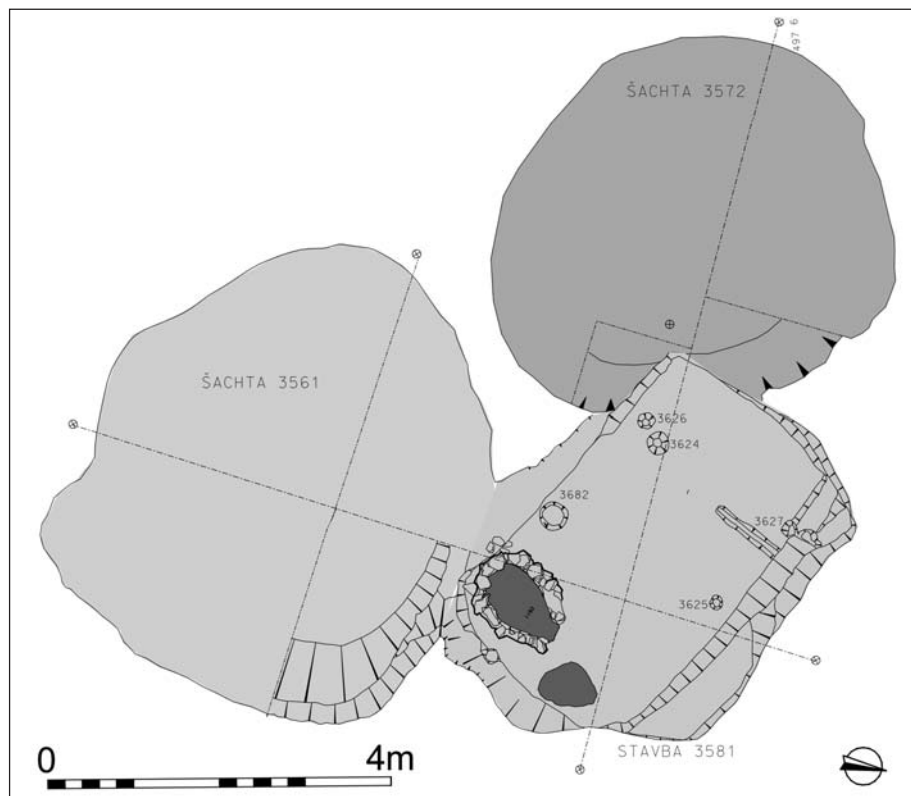
Obr. 35: Ukázky ohnišť, pecí, nebo otopných zařízení. Nahoře: Obj. 5682, Staré Hory III, výzkum 2005. Dole: Obj. 0913, Staré Hory III, výzkum 2006. Foto Archiv ARCHAIA Brno.

Abb. 35: Öfen, Herde oder Feuerstellen. Oben: Befund 5682, Staré Hory III, Grabung 2005. Unten: Befund 0913, Staré Hory III, Grabung 2006. Foto Archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 36: Staré Hory III, výzkum 2006. Stavba 3581 v superpozici s mladšími šachtami. V interiéru atypické stavby se nachází otopné nebo výrobní zařízení 0913 blíže neurčené funkce (srov. obr. 39 dole).

Abb. 36: Staré Hory III, Grabung 2006. Hölzerne Gebäude 3581 und ein nicht spezifizierter Befund 0913 im Inneren (siehe Abb. 39 unten).



metoda; SiO_2 a n.p. – vážkové; Fe_2O_3 – fotometricky; FeO – titračně $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; MnO – metodou AAS; CaO – titračně $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; MgO – titračně $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; CO_2 – absorpčně; Al_2O_3 – titračně $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; SO_3 – vážkové; S – gravimetricky jako BaSO_4 ; TiO_2 – fotometricky; K_2O , Na_2O – plamennou fotometrií. U vybraných vzorků byl dále stanoven obsah dalších kovů metodou AAS.

Zjištění: Všechny strusky z lokality Staré Hory III velmi pravděpodobně pochází z některé fáze hutnění stříbra (barevných kovů); jednoznačně je to doloženo u analyzovaných vzorků. Všechny vzorky mají zvýšené obsahy Ag a obvyklé As, extrémně vysoké obsahy Pb, Cu, Zn, Sb (tyto prvky pochází z hutněných rudních nerostů); časté jsou extrémně vysoké obsahy Ba (barium pochází z barytu, který je častým hlušinovým nerostem jihlavských rudních žil. V některých vzorcích jsou poměrně vysoké obsahy Pb (až cca 8 hmot. %), což není zcela obvyklé, neboť olovo nebylo pouhým „vedlejším“ produktem při výrobě stříbra, nýbrž samo bylo produkovanou komoditou, nacházející uplatnění zejména v hutnictví a stavebnictví.

Zbytkové obsahy Ag jsou nízké a obvyklé, což svědčí o dobrém zvládnutí technologického procesu. Z malého množství nalezených vzorků strusek lze dovozovat, že hutnický areál nebyl příliš daleko, ale nebyl také v bezprostřední blízkosti místa nálezů (tzn. těžby). Vzhledem k malému množství vzorků pak lze jen spekulovat o tom, zda velmi rozdílné obsahy některých prvků nemohou ukazovat na hutnění rud z různých částí jihlavského rudního revíru. Např. nízké obsahy Ba v některých vzorcích by mohly ukazovat na to, že hutněný materiál pochází z jiných žil než starohorských, kde je baryt velmi častý.

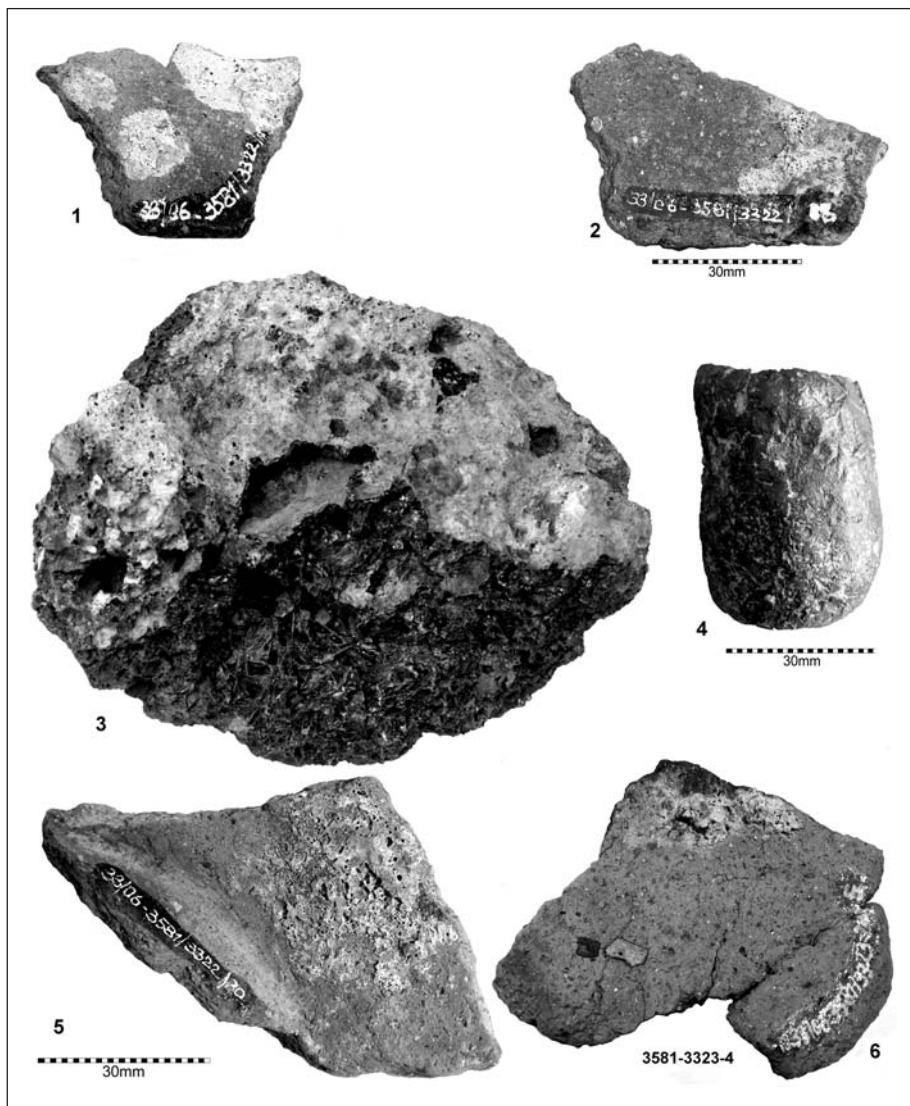
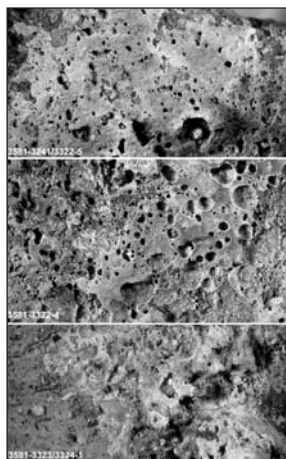
Tab. 14: Obsah vybraných kovů ve struskách (v ppm).

Tab. 14: Metallgehalte in der Schlacken (ppm).

obj. 5584 vr. 5270	obj. 5628 vr. 5322	obj. 5551 vr. 525/5226	obj. 5518 vr. neuvedena	obj. neuveden vr. 5268	obj. 5551 vr. 5233/5234
17 749	51 580	22 721	2 773	78 662	27 328
45	91	112	52	82	52
2 666	2 500	912	735	2 622	1 704
62 018	35 644	16 520	9 317	19 061	27 549
110	208	172	180	316	149
0	0	75	33	25	85
12 743	2 130	219 879	179 566	3 008	194 982

Obr. 37: Doklady metalurgických procesů. 1–2, 5–6: Zlomky keramiky s kovnatou taveninou na povrchu s obsahem mědi, olova a dalších prvků (Obj. 3581, Staré Hory III., výzkum 2006); 3 Kovářská struska (Obj. 1634, Staré Hory I., výzkum 2002); 4 olověný výlitek tavicího tyglíku (Obj. 6607, Staré Hory III., výzkum 2005).

Abb. 37: Überreste metallurgischer Prozesse (Probierschmelzen, Verhüttung und Schmiede). 1–2, 5–6 Keramikscherben mit Spuren von Feuereinwirkung und mit Buntmetallschmelze, außerdem analytischer Nachweis makroskopischer Silberreste, Befund 3581 (Überrest hölzerner Gebäude), Staré Hory III (Grabung 2006); 3 Schmiedeschlacke aus Befund 1634 (Überrest hölzerner Gebäude), Staré Hory I (Grabung 2002); 4 Bleistück (Abguß) aus einem kleinen, dreieckigen Schmelztiegel, bei Befund 6607, Staré Hory III (Grabung 2005).



Obr. 38: Staré Hory III., výzkum 2006, zahloubená dřevěná stavba 3581. Makroskopické snímky povrchu keramických zlomků s kovnatou taveninou na povrchu (Foto K. Malý).

Abb. 38: Staré Hory III., Grabung 2006, Überrest hölzerner Gebäude 3581. Makroskopische Aufnahmen der keramischen Scherben mit Buntmetallschmelze (Foto K. Malý).

Tab. 15: Obsahy kovů v olověných slitcích z lokality Staré Hory III.

Taf. 15: Metallgehalte in der Bleistückchen aus der Befunde in Staré Hory III.

7.4. Olověné slitky

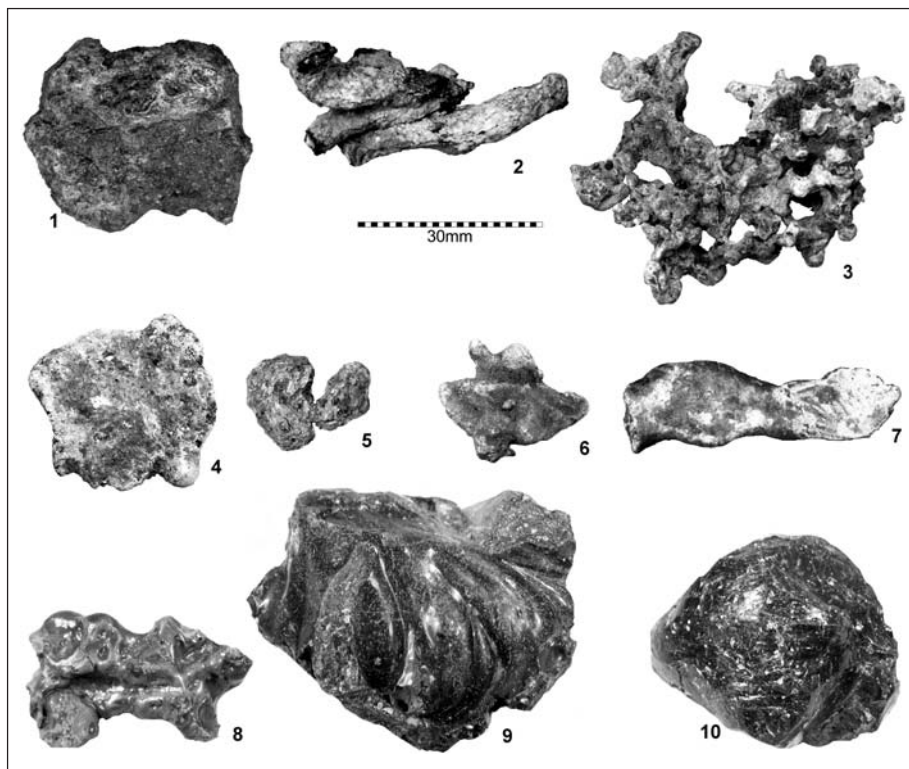
Použitá metoda zpracování a analýzy: Cílem analýz bylo zjistit chemické složení olověných slitků (6 kusů) a na jeho základě se pokusit vyvodit závěry o použitých výrobních technologiích. Analýza byla provedena na elektronovém mikroskopu CAMSCAN s připojeným EDX analyzátozem AN 10000 (nábrusy napařeny uhlíkem, použité urychlovací napětí 20 kV, doba načítání spektra 100 s, spektra vyhodnocena pomocí programu ZAF, uváděné výsledky jsou ve většině případů průměrem ze dvou stanovení na tomtéž zrně). V některých slitcích byl obsah kovů zjišťován metodou AAS nebo XRF.

Zjištění: Zkoumané slitky ze Starých Hor jsou tvořeny olovem bez významnějšího obsahu dalších těžkých kovů, avšak výjimkou je slitky z objektu 6534 z lokality Staré Hory III s výrazným obsahem Ag a Cu (tab. 15). O tom, jakým procesem olovo vzniklo, lze jen spekulovat. Mohlo vzniknout jako neúmyslný vedlejší produkt při tavbě bohaté stříbrné rudy, nebo jako záměrný produkt při tavbě chudších stříbrných rud – do vznikajícího olova se „chytalo“ stříbro (proces „zolvňování“), dále jako neúmyslným únikem při dalším zpracování slitiny Pb-Ag v procesu „zolvňování“, a konečně jako záměrný produkt výroby olova z rud chudších na Ag. Vyrobené olovo se pak používalo při hutnění stříbrných rud procesem zolvňování.

Vzorek č.	6607	6534	5554	2653	1622	3543
Ag	22	2 333	1	6	23	8
Cu	59	3 830	14	11	238	109
Zn	141	11	1	3	6	80
Sb	294	0	121	5	696	18

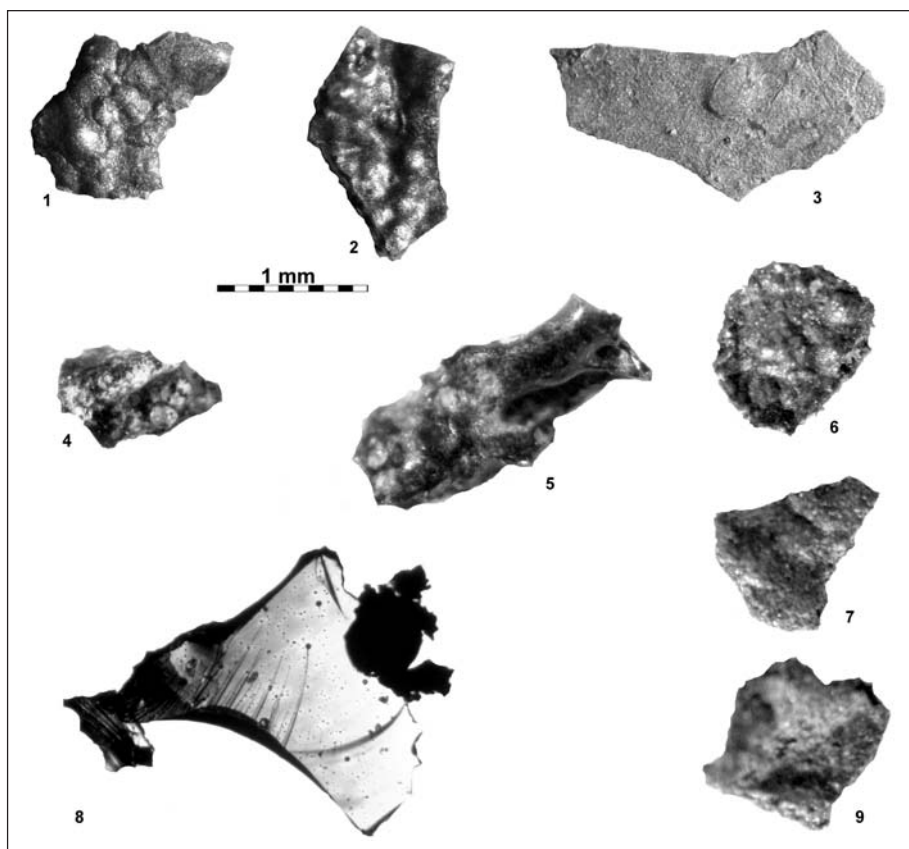
Obr. 39: Doklady metalurgických procesů. 1: Slítek bronzoviny (Obj. 6654, Staré Hory III, výzkum 2005; 2–3: olověné slitky z lokality Staré Hory I, výzkum 2002, Obj. 1634 a 1622; 4–7: olověné slitky z lokality Staré Hory III, výzkumy 2002–6; 8–10: menší fragmenty strusek po hutnění polymetalických rud z lokality Staré Hory III, výzkumy 2004–5.
Foto P. Hrubý, P. Starůstková, K. Malý).

Abb. 39: Überreste metallurgischer Prozesse (Probierschmelzen, Verhüttung). 1 Stück aus einer Kupfer-Zinn-Legierung (Glockenbronze), Befund 6654, Staré Hory III (Grabung 2005); 2 Bleistück aus Befund 1634 (Überrest hölzerner Gebäude); 3 Bleistück aus Befund 1622 (Überrest hölzerner Gebäude), beide Staré Hory I (Grabung 2002); 4 Bleistück aus Befund 3591 (Schacht), Staré Hory III (Grabung 2006); 5 Bleistück aus Befund 3534 (Überrest hölzerner Gebäude), Staré Hory III (Grabung 2005); 6 Bleistück aus Befund 3560 (Schacht), Staré Hory III (Grabung 2006); 7 Bleistück aus Befund 5553/5554 (Überrest hölzerner Gebäude), Staré Hory III (Grabung 2004); 8 Bleistück aus Befund 5628 (Schacht), Staré Hory III (Grabung 2005); 9 Hüttenschlacke aus Befund 5521, Staré Hory III (Grabung 2004); Hüttenschlacke aus Befund 5518, Staré Hory III, Grabung 2004.
Foto P. Hrubý, P. Starůstková, K. Malý.



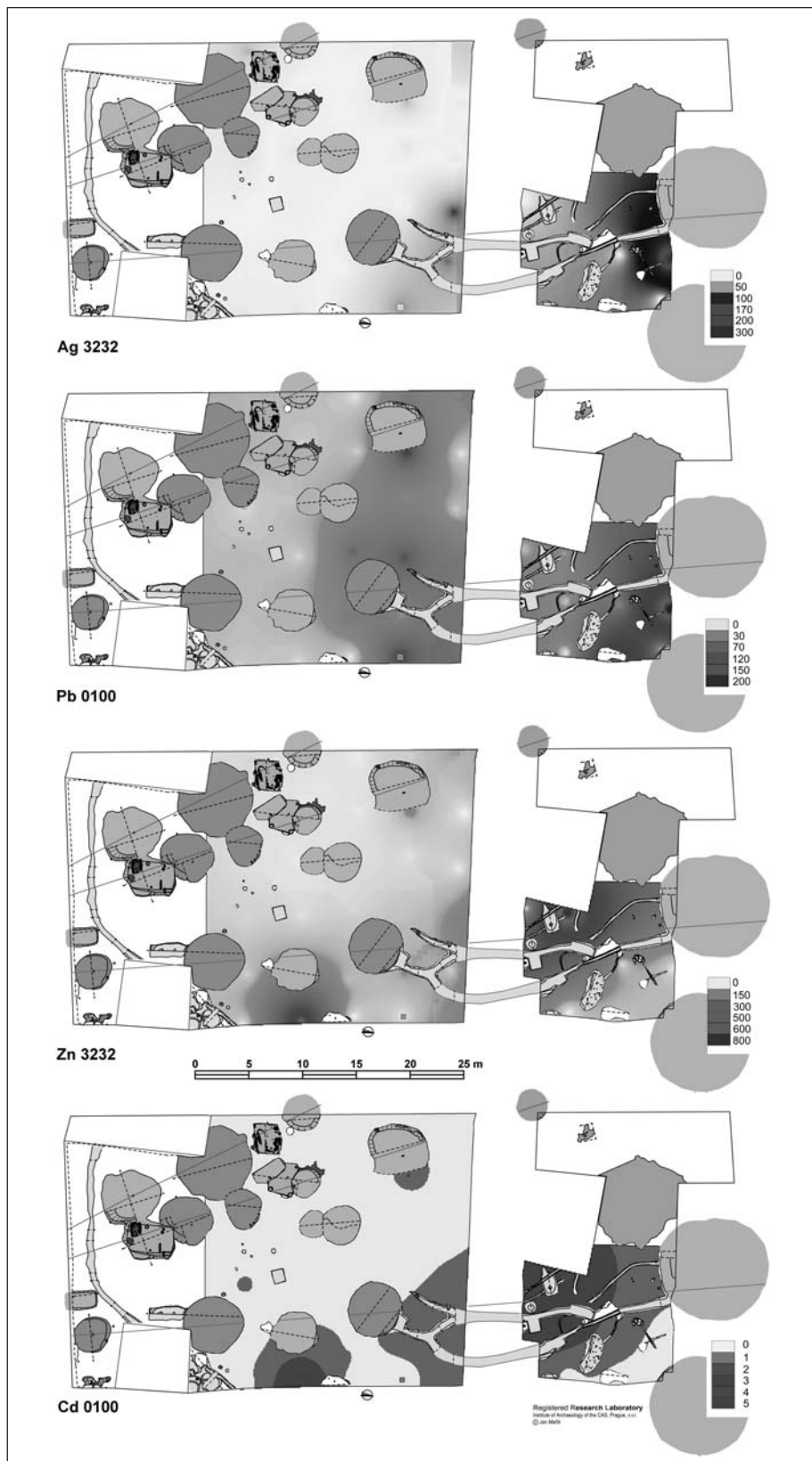
Obr. 40: Staré Hory III, výzkumy 2005 a 2006. Makroskopicky pozorované technolity, získané šlíchováním výplní archeologických objektů. 1–3, 6–9: železné okuje jako doklad kovářských provozů; 4–5, 8: zlomky hutnických strusek, pravděpodobně druhotně rozemletých.
Foto K. Malý, P. Starůstková.

Abb. 40: Staré Hory (Altenberg) III, Grabungen 2005 und 2006. Technolithische Fragmente aus Schichten in Befunden innerhalb der Waschanlagen. 1–3, 6–9: Schmiedebeschläge; 4–5, 8: gemahlene Fragmente der Hüttenschlacken (Foto P. Starůstková). Isoliert mithilfe des Waschprozesses der Bodenproben.
Foto K. Malý, P. Starůstková.



Obr. 4f: Staré Hory III, Výzkum 2006.
Vyhodnocení výsledků půdní metalometrie v prostředí GIS.
Koncentrace Ag, Pb, Zn a Cd
v půdních provozních a komunikačních
vrstvách zejména v prostoru úpravny
naznačují manipulaci s rudami
a koncentrátem.
Zpracování GIS J. Mařík.

Abb. 4f: Staré Hory III, Grabung 2006.
GIS-Auswertung
bodenmetallometrischer Analysen
der Bunt- und Schwermetalle.
Die Schwermetalle konzentrieren sich
in der Nähe einer entdeckten
Aufbereitungsanlage, Hinweis
auf die Manipulation
mit dem Erzkonzentrat.
GIS-Analyse J. Mařík.



7.5. Technická keramika

Tato skupina nálezů představuje výrazně menšinovou složku rozsáhlého keramického souboru ze Starých Hor, počet keramických zlomků z celého areálu nepřekročí desítku. Jedná se zpravidla o střepy silně tepelně zasažené, nebo keramiku tlustostěnnou a s extrémně vysokým obsahem grafitu. Významnou skupinu představuje soubor tepelně zasažených zlomků keramiky s taveninou na povrchu, nalezený v zánikové výplni stavby 3581 na lokalitě Staré Hory III v roce 2006 (**obr. 36–38**). Jedná se o soubor keramiky s nálepy sklovité taveniny a sekundárních nerostů ze zánikové výplně zahlobené dřevěné stavby 3581 (**obr. 36**). Barva „nálepů“ je proměnlivá, nejčastěji šedá, šedobílá nebo světle hnědá, v jednom případě zelená. Většinou jsou „nálepy“ bez lesku, silně porézní a pouze u některých vzorků lze místy pozorovat sklovitý vzhled. Nálepy jsou na různých velkých plochách, maximálně cca 4 × 3 cm a s tloušťkou cca do 2 mm. Jsou na vnitřních, vnějších i lomových plochách střepů. U keramického fragmentu z vrstev 3241/3322 s inv. číslem 13 byly zjištěny tři stříbřitě kovové lesklé kuličky (**obr. 37:2**). Stříbro v nich bylo potvrzeno kvalitativní mikrochemickou zkouškou s dichromanem draselným; kvantitativně nebyl vzorek analyzován.

Zjištění: Nálepy na keramice vznikly (alespoň ve většině případů) za zvýšené teploty a mají charakter sklovitých „struskových“ povlaků; jen některé mohly vzniknout i jako výsledek srážení sekundárních nerostů za běžných teplot. Povlaky mají vysoké obsahy Pb a Cu; zvýšené jsou obsahy také u Ag, Zn, As a v jednom případě Sb. To jednoznačně dokládá použití keramiky v některé fázi zpracování barevných kovů nebo stříbra. Konkretizovat tento proces je však obtížné a do značné míry spekulativní; jednak je vzorků přístupných pro výzkum málo a zejména není jasné, jak dalece je zastoupení kovů ve struskových nálepech na keramice reprezentativní vzhledem k „hutněným“ kovům. Neboli, zda „ochota“ kovů vstupovat do struskových hmot odpovídá procentuálnímu zastoupení těchto kovů v původní tavené slitině (**tab. 16**).

Tab. 16: Obsahy barevných kovů v tavenině na povrchu keramických zlomků ze zahlobené stavby 3581 (ppm).

Taf. 16: Metallgehalte in der oberflächigen Schmelzen auf der Keramik aus dem Grubenhaus 3581 (ppm).

Prvek	KE 3581-3322/20 (obr. 37:5) obsah v ppm	KE 3581-3323/4 (obr. 37:6) obsah v ppm
Cu	2,60 hmot. %	1,99 hmot. %
Pb	51,22 hmot. %	51,80 hmot. %
Zn	2 621	6 007
Ag	348	268
As	1 489	899
Cd	12	28
Ba	596	2 020
Sb		559
Cd	12	29

7.6. Kovářské provozy

Indikátory kovářských provozů jsou strusky a okuje. Přítomnost kováren byla pro provoz dolů a úpraven nezbytná, neboť zajišťovala výrobu a opravu náčiní, součástí pohyblivých těžních zařízení, stavebních kování a dalšího mobiliáře. Z lokality Staré Hory I pocházejí zlomky strusek (**obr. 37:3**), které mezi kovářské lze zařadit na základě morfologie (miskovitý, nebo čočkovitý tvar, vzniklý shromažďováním v nistěji výhně), na základě vysoké magnetické susceptibilitě, zvýšeného obsahu feromagnetického podílu a konečně chemického i fázového složení (fayalit a wüstit). Strusky, které mají netypický tvar, řadíme mezi kovářské díky jejich fyzikálně-chemickým vlastnostem, odpovídajícím struskám kovářským. Nezařazeny zůstávají strusky ze zahlobené stavby 1622 na lokalitě Staré Hory I, které jsou odlišné zvýšenými obsahy barevných kovů. Nedosahují sice hodnot jako strusky hutnické (po tvavě stříbrných rud), jsou však vyšší, než je obvyklé.

8. Závěry a diskuse

8.1. Důlní prospekce a těžba

Metoda odkryvu a dokumentace prospekčních a těžních jam a jejich bezprostředního okolí na povrchu se v průběhu let ustálila na exkavaci zásypů jam do hloubek nejvýše 3 m. Vychází z potřeby bezpečnosti pracovníků, z finančního omezení terénních prací a také z podstaty záchranného archeologického výzkumu, jehož primárním posláním je výzkum a záchrana archeologických památek, tedy i starých důlních děl do hloubek, které jsou stavbou ohroženy. Až na výjimky nebyly tedy na lokalitě Staré Hory I někdejší šachty zkoumány hloubkově.

Právě geofyzikální měření zaniklých šachet ale prokázala, že nedestruktivní průzkum může přinést cenné informace, zvláště v případě, kdy je třeba provést dokumentaci podzemních objektů na velké ploše, v krátkém čase a s omezenými finančními prostředky. Některé z nich (3515 a 2672) byly báňsky otevřeny a zdokumentovány, což v praxi znamenalo verifikaci měření (**obr. 12**). V hloubkách okolo 8–10 m v jámě 3515 byla exaktně zjištěna odchylka odhadovaného průměru šachty okolo 50–70 cm, což lze za daných podmínek považovat za přesný výsledek geofyzikálního měření.

Pokud jde o prostorová pozorování (viz kap. 5.1 a 5.2.) zejména na lokalitě Staré Hory III, zdá se, že v některých situacích lze hovořit o systematické důlní prospekci, odpovídající ustanovením jihlavského horního práva (VOSAHL 1998). Výrazně diferencovaná hustota jam je přímo úměrná vzdálenosti od průběhu zrudnění. Na rozdíl od areálů smíšených, s větším podílem sídlitních komponent, například v severní části lokality Staré Hory I, nebo v západní části lokality Staré Hory III, se u plochy zkoumané v roce 2006 jedná o ryze důlní a úpravnický provoz (**obr. 3 a 7–9**).

8.2. Primární úprava rud

Jednoznačně výrazný archeologický projev a tím i velký informační potenciál představují areály primární úpravy mokrou cestou, tj. prádelny rud (**obr. 20–25, 27–29**). K určité skepsi ale nutí fakt, že velká část rýžovnických zařízení a soustav byla dřevěná a nadzemní a archeologicky jsou proto nedoložitelná. I přes výrazný posun našich znalostí této fáze úpravy rud je



nutno stále brát v úvahu, že půdorysné plošné situace zemních vodních cest nepředstavují ani zdaleka původní celek. U dalších úpravnických postupů, jako je např. ruční třídění a roztloukání, či stoupování, jsou naše terénní poznatky relativně malé. To však může plynout ze samotné podstaty tohoto postupu, který ve středověku jen zřídka vyžadoval sofistikovanější a náročněji vybavená pracoviště (viz **obr. 16–17, obr. 19**). Jinou disproporci a zároveň interpretační problém představují nečetné doklady metalurgických procesů (**obr. 34–36**, srov. kap. 7).

8.3. Hutnictví Pb-Ag rud

Pokud jde o hutnické procesy, analýzy výplní pecí a ohnišť sice ukázaly zvýšené koncentrace těžkých kovů a tedy možné výrobní funkce těchto objektů, k jejich přesnější funkční interpretaci ale zatím nepřispěly. Vedle vyložené hypotetické úvahy, založených na morfologii a rozměrech pozůstatků pyrotechnologických zařízení, v případě Starých Hor nadále neexistuje přesné a spolehlivé vodítko k pochopení hutnictví ani z hlediska technologického procesu samotného, ani ze vztahů prostorových.

Naprostá je absence dokladů masového hutnění olovnatých rud v podobě struskových hald, nebo vrstev. Celkový obraz více než 4 ha prozkoumané plochy, kde v kontrastu s areály těžby a primární úpravy hutnické provozy se stejně výrazným projevem vyložené chybí vede k závěru, že hutě byly situovány na jiném místě, vázaném pravděpodobně na vodní toky. Vzhledem ke vzdálenosti a k logistice celého důlního průmyslu na starohorském zlomu přicházejí v úvahu polohy na tocích Jihlava, Kosovský potok, nebo Koželužský potok v severní části dislokace.

Za významné lze považovat nálezy zlomků keramiky v zánikových vrstvách stavby 3581 na lokalitě Staré Hory III, kde byla zjištěna kovnatá tavenina. Vysoké obsahy Pb a Ag, či přítomnost ryzího stříbra ukazují na to, že keramika sloužila pravděpodobně při hutnictví-prubířství Ag, než např. při zpracování olova, mědi a jejich slitin. Zkušební tavba rud v malém (laboratorním) měřítku, mohla být provozována jako jednotlivost a způsobem, který nezanechal zvláštní archeologické doklady. Určité závěry mohou plynout i z pozorování, že zatímco na lokalitě Staré Hory I bylo možné setkat se poměrně pravidelně s výskyty kovářských strusek, lokalita Staré Hory III je v tomto ohledu poněkud chudší. Zde zjištěné obsahy okují ve slíchu z výplní objektu ale blízkost kovářských provozů indikují, a to i přes předpokládaný rozptyl těchto částic vzduchem.

8.4. Úvaha nad metodikou výzkumu a zdroji inspirace

Metodika se z valné části inspirovala německým prostředím, kde je stav montánní archeologického výzkumu z našeho pohledu na vysoké úrovni (Harz, Schwarzwald, Krušné Hory, Siegerland ve středním Porýní). Po více než 25 letech intenzivní montánní archeologické práce nelze dnes pochybovat o skutečnosti, že produkce odborné literatury je v tamních oblastech větší a díky dobrému financování i kvalitnější a že pro vědecky založené studium starého hornictví učinili v posledním čtvrtstoletí nejvíce Němci (AGDEMIR ET ALL. 1997; GOTSCHALK 1999; MARKL – LORENZ 2004; STEUER 2003). V každé z uvedených montánních oblastí byly v 80. a 90. letech 20. století archeologicky plošně zkoumány lokality, které přinesly nesmírné množství nových informací a které motivovaly rozvoj výzkumných a analytických metod. Z jednotlivých zkoumaných důlních a hutnických center středověku v Harzu je možno jmenovat rané středověkou důlní lokalitu Rammelsberg nad Goslar (BARTELS – FESSNER – KLAPPAUF – LINKE 2007; KEMPTER – FRENZEL 2000), hutnickou lokalitu Clausthal-Zellerfeld (ALPER 2003), nebo Důna nedaleko Osterode (KLAPPAUF – LINKE 1990) v Harzu.

V oblasti Schwarzwald a v horním Porýní je to např. zaniklé hornické sídliště Geismättle u Sulzburgu, nebo hutnické sídliště s opevněním Birkenberg. K nejvýznamnějším zpracovatelským a distribučním centrům zde patří Freiburg, nebo menší hornická městečka Prinzbach, St. Ulrich, Sulzburg nebo Rammelsbach (GOTSCHALK 1999; ZIMMERMANN 1993; WEISGERBER 1999; UNTERMANN 1999). V oblasti Siegerland (Hochsauerland) se nachází i důlní lokalita Altenberg u Müsenu (LUSZNAT – LOBBEDEY – WEISGERBER 1998), zpracovaná jako interdisciplinární studie (DAHM – LOBBEDEY – WEISGERBER 1998). Významné místo zaujímá montánní archeologický výzkum saského Krušnohoří (ECKSTEIN – REHREN – HAUPTMANN 1994), kam patří zkoumané hornické městečko Bleiberg na lokalitě Treppenhauer u Sachsenburgu, nebo menší centra Wolkenburg či Hartmannsdorf (SCHWABENICKY 1984; TÝŽ 1991; TÝŽ 1993; TÝŽ 2003; TÝŽ 2008), nebo Freiberg (DALLMANN – GÜHNE 1993; SCHWABENICKY 2003).

Z pohledu aplikace přírodních věd v montánní archeologickém výzkumu se jako pokročilý a metodicky vypracovaný jeví paleoenvironmentální výzkum rašelinišť a jezer zaměřený na studium starého hornictví a jeho dopad na životní prostředí v oblastech Harz (BARTELS 1996; BEGEMANN 2003; BEUG – HENRION – SCHMÜSER 1999; KLAPPAUF – LINKE – BROCKNER 1990) a Schwarzwald (FRENZEL – KEMPTER 2004; FOELMER – HOPPE – DEHN 1997; FRENZEL 2003; FRENZEL – KEMPTER 2004), kde se rudy těžily a hutnily od 10./11. století. Posun ve výzkumných archeometrických metodách, zejména v analytice strusek a dalšího metalurgického odpadu, je patrný opět v oblasti Harzu a tamních raně a vrcholně středověkých hutních (BARTELS – FESSNER – KLAPPAUF – LINKE 2007; KLAPPAUF – LINKE 1990; BROCKNER – GRIEBEL – KOERFER 1995).

Studium středověkého hutnictví a produkce barevných (drahých) kovů na Jihlavsku se může opírat o řadu analogických situací, zkoumaných na našem území i v blízkém okolí. Příkladem, který potvrzuje smysl sledování stop metalurgie spojené s výrobou barevných kovů ve 12. a 13. století, je archeologický výzkum středověkého domovního bloku „Harmonie“ na jižním okraji města Freiburg (UNTERMANN 1999, 94, Abb. 60), nebo ve středověkém Cvikově (Zwickau; srov. BEUTMANN 2007, 31, 181–188. V našem prostředí možno poukázat na několik hutnických areálů na území Kutné Hory (BARTOŠ 2004, 192–193), nebo na středověké metalurgické pracoviště ze závěru 13. a počátku 14. století na nádvoří zámku v Českém Krumlově, tedy v prostředí feudálního sídla s vazbou na město (ERNÉE – MILITKY – NOVÁČEK 1999). Významné postavení zaujímá ve vztahu k jihlavské produkci drahého kovu vedle Prahy (zde např. STEHLÍKOVÁ 1984) a nebo rakouských měst zejména Brno, kam se v průběhu 13. století přesouvá z Jihlavy těžební ražby moravské mince (ZAORAL 2005; SMÍŠEK 2006, 8, 11). Výjimečný je např. nález brakteátového razidla z 90. let 13. století z lokality Jakubská 4 (ZAPLETALOVÁ – PEŠKA 2004, 683). Při řešení otázky zpracování barevných kovů, popřípadě mincovnictví ve 13. století v Brně, zaujímá Jihlava vzhledem k aktivitám brněnských měšťanů v těžbařství a mincovnictví (DOLEŽEL 2002; TÝŽ 2003) a vzhledem k absenci výraznější blízkých a srovnatelně vydatných primárních rudních zdrojů, výjimečné postavení.





Vzniká tak potřeba důsledného výzkumu a rozboru stop metalurgie na území středověkého Brna (PROCHÁZKA – HIMMELOVÁ 1995; PROCHÁZKA 2000, 39–40; nověji HOLUB – KOVÁČIK – MERTA – PEŠKA – PROCHÁZKA – ZAPLETALOVÁ – ZUBEK 2002, 82, 105; ZAPLETALOVÁ – PEŠKA 2004, 682–683; HLOŽEK – HOLUB – SEDLÁČKOVÁ – TROJEK 2002).

Námi zvolené metodické přístupy, jakkoliv ovlivněné převážně, nikoliv však výlučně, německou montanistikou, se vyvíjely ve velmi specifických ekonomických, časových a terénních podmínkách domácích, kterým byly pochopitelně přizpůsobeny (např. MALÝ 2005; MALÝ – ROUS 2001; HRUBÝ – MALÝ – MILITKÝ 2007). Fakt, že se od výzkumů a analýz standardně prováděných v německých hornických oblastech liší jen málo, může být i odrazem totožného předmětu studia, který zvolené metody získávání informací určuje sám o sobě.

Práce byla zčásti podpořena grantem MK ČR DE07P04OMG008, Mineralogie jihlavského rudního revíru.

9. Prameny a edice pramenů

AGRICOLA, G. 1556:

De re metallici libri XII. Basel.
(Ježek, B. – Hummel, J. 2001:
Jiřího Agricoly Dvanáct knih
o hornictví a hutnictví, Praha.)

LUDWIG LÄBL – JÖRG KOLBER, 1556:

Das Schwazer Bergbuch.

GROSS, H. (asi 1550):

La Rouge Myne de Sainct Nicolas
de la Croix. 25. Federzeichnungen
aus dem Lothringer Bergbau.
(Winkelmann, H. 1962: Bergbuch
des Lebertals. Gewerkschaft
Eisenhütte Westfalen. Wethmar).

CHRISTOPH GRAF ZU WALDBURG WOLFEGG (asi po roce 1480):

Venus and Mars. Das mittelalterliche
Hausbuch von Schloss Wolfegg.
Munich-New York. 1998.

KUTNOHORSKÝ ANTIFONÁŘ:

Národní knihovna v Praze,
signatura XXIII A2
(www.kutnohorskehudebnirukopisy.cz)

KUTNOHORSKÝ GRADUÁL:

Nationalbibliothek Wien,
signatura 155501
(www.kutnohorskehudebnirukopisy.cz)

LAZARUS ERCKER VON SCHRECKENFELD, 1556:

Das kleine Probierebuch.
(Vitouš, P. 1982: Lazar Ercker,
Kniha o prubířství. Praha.)

ULRICH RÜLEIN VON CALW (asi 1500):

Eyn wohlgeordnet nützlich Buchlein,
wie man Bergwerk suchen und finden
soll. (Berlin – Verlagstechnik 1955).

I. VOJENSKÉ MAPOVÁNÍ:

(Josephinische Landesaufnahme;
1764–1768) M 1: 28 800, Blatt Nr. 45,
Mähren, Staatsarchiv Wien
(In: oldmaps.geolab.cz).

10. Literatura

AGDEMIR, N. – BROCKNER, W. – CRAMER, S. – GRIBEL, C. – JANSSE, W.N. – KLAPPAUF, L. – KOERFER, S. – LIEBMAN, W. – LINKE, F.-A. – MAUSCHULLAT, J. – NIEHOFF, N. – SCHRÖPFER, T. – SEGGERS-GLOCKE, CHR. – WEISGERBER, G. 1997:

Der Harz als frühmittelalterliche
Industrielandschaft. Kolloquium
zum Stand des Forschungsprojektes
vom 23. bis 25. März 1994 in Goslar,
Nachrichten aus Niedersachsen
Urgeschichte, Band 66 (1), 3–86.

ALPER, G. 2003:

„Johannes Kurhaus“. Ein mittelalterlicher
Blei-/Silberverhüttungsplatz
bei Clausthal-Zellerfeld im Oberharz.
Materialhefte zur Ur-
und Frühgeschichte Niedersachsens,
Band 32. Rahden/Westfalen.

ALTRICHTER, A. 1924:

Dörferbuch der Iglauer Sprachinsel. Iglau.

BARTELS, CHR. 1996:

Mittelalterlicher und frühneuzeitlicher
Bergbau im Harz und seine Einflüsse
auf die Umwelt. Springer-Verlag Berlin
Heidelberg 1996.

BARTELS, CHR. – FESSNER, M. – KLAPPAUF, L. – LINKE, F.A. 2007:

Montanregion Harz. Kupfer, Blei
und Silber aus dem Goslarer
Rammelsberg von den Anfängen
bis 1620. Die Entwicklung
des Hüttenwesens von den
frühmittelalterlichen Schmelzpatzen
im Wald bis zur Metallerzeugung
in großem Maßstab am Beginn
des 17. Jahrhunderts nach
den archäologischen und schriftlichen
Quellen. Bochum.

BARTOŠ, M. 2004:

Středověké dobývání v Kutné Hoře –
Mittelalterlicher Bergbau in Kuttenberg.
In: Ježek, M. – Nováček, K. (editoři):
Těžba a zpracování drahých kovů:
sidelní a technologické aspekty.
Mediaevalia archaeologica 6. Praha-
Brno-Plzeň, 157–201.

BEGEMANN, I. 2003:

Palynologische Untersuchungen
zur Geschichte von Umwelt
und Besiedlung im südwestlichen
Harzvorland (unter Einbeziehung
geochemischer Befunde).
Dissertation zur Erlangung
des Doktorgrades der Mathematisch-
Naturwissenschaftlichen Fakultäten
der Georg-August-Universität zu
Göttingen. Göttingen.

BENEŠ, V. 2003:

Silniční obchvat města Jihlavy.
Geofyzikální průzkum pro archeologii.
Závěrečná zpráva. G-IMPULS Praha.
Nepublikovaný rukopis.

BEUG, H. J. – HENRION, I. – SCHMÜSER, A. 1999:

Landschaftsgeschichte im Hochharz.
Die Entwicklung der Wälder
und Moore seit dem Ende der letzten
Eisenzeit. Clausthal-Zellerfeld.

BEUTMANN, J. 2007:

Untersuchungen zu Topographie
und Sachkultur des mittelalterlichen
Zwickau. Die Ausgrabungen
im Nordwesten des Stadtkerns.
Dresden.

BROCKNER W. – GRIBEL C. – KOERFER S. 1995:

Archäometrische Untersuchungen
von Erz- und Schlackenfinden
der Notgrabung 1981 in Goslar
im Bereich des ehemaligen
Brüderklosters.- Nachrichten
aus Niedersachsens Urgeschichte,
64(1), 141–147.

DAHM, C. – LOBBEDEV, U. – WEISGERBER, G. 1998:

Der Altenberg. Bergwerk
und Siedlung aus dem 13. Jahrhundert
im Siegerland. Bonn.



DALLMANN, W. – GÜHNE, A. 1993:

Archäologische Belege zur Frühzeit des Bergbaus und des Hüttenwesens im Revier Freiberg/Sachsen. In: Steuer, H. – Zimmermann, U. (Hrsg): Montanarchäologie in Europa. Berichte zum internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg in Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990. Sigmaringen, 343–352.

DOLEŽEL, J. 2002:

Goblinus et Iohannes de Iglavia. Několik poznámek ke dvěma osobám brněnských dějin 13. a 14. století a jejich roli v důlním podnikání – Goblinus et Iohannes de Iglavia. Einige Bemerkungen zu zwei Persönlichkeiten der Brüner Geschichte des 13. und 14. Jahrhunderts und deren Rolle im Bergwerksunternehmen, Brno v minulosti a dnes 16, 33–49.

DOLEŽEL, J. 2003:

Brněnský měšťan Henning a brodský těžař Henning řečený Schutwein. K otázce jejich totožnosti – Der Brüner Bürger Henning und der Deutsch-Broder Bergbauunternehmer Henning, genannt Schutwein. Zur Frage ihrer Identität, Brno v minulosti a dnes 17, 13–40.

ECKSTEIN K. – REHREN T. – HAUPTMANN A. 1994:

Die Gewinnung von Blei und Silber. In: SCHWABENICKY W., RICHTER U., ECKSTEIN K., REHREN T., HAUPTMANN A. (1994): Hochmittelalterliches Montanwesen in Sächsischen Erzgebirge und seinem Vorland. Ein Vorbericht, der Anschnitt 46/1994, 114–132.

ERNÉE, M. – MILITKY, J. – NOVÁČEK, K. 1999:

Vítkovci a těžba drahých kovů v Českém Krumlově. Příspěvek ke studiu středověkého hutnictví v Čechách. Mediaevalia Archaeologica 1. Praha, 209–233.

FOELMER, A. – HOPPE, A. – DEHN, B. 1997:

Anthropogene Schwermetallanreicherungen in holozänen Auensedimenten der Möhlin (südlicher Oberrheingebiet), Geowissenschaften 15. 2. 1997, 61–66.

FRENZEL, B. 2003:

Zeitliche Veränderungen der Aerosoldeposition auf den Höhen des Nordschwarzwaldes als Hinweis auf die frühe Erzverhüttung. In: Lorenz, S. – Schmauder, A. (Hrsg): Neubulach. Eine Stadt im Silberglanz. Fildesstadt, 147–160.

FRENZEL, B. – KEPMTER, H. 2004:

Frühe Umweltverschmutzungen: Die Schwermetallablagerungen in Schwarzwälder Hochmooren. In: MARKL, G. – LORENZ S. (Hrsg): Silber, Kupfer, Kobalt. Bergbau im Schwarzwald. Freiburg.

FRÖHLICH, J. 2006:

Archeologické doklady rudních mlýnů a stoup. In: LABUDA, J. (ed): Montánní archeológia na Slovensku (25 rokov výskumu lokality Glanzenberg v Banskej Štiavnici). Medzinárodný seminár 7.–9. 9. 2005 Banská Štiavnica – Starý zámok. Banská Štiavnica, 87–90.

GOTSCHALK, R. 1999:

Früher Bergbau im südlichen Schwarzwald. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg 41. Stuttgart.

GOLDENBERG, G. 1999:

Mittelalterliche Kupfergewinnung in Münstertal-Süssenbrunn. In: Gotschalk, R. (Hrsg): Früher Bergbau im südlichen Schwarzwald. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg 41. Stuttgart, 83–88.

HEJHAL, P. – HRUBÝ, P. 2006:

Jihlava, Přehled Výzkumů 47, 234–249.

HEJHAL, P. – HRUBÝ, P. – MALÝ, K. 2006:

Doklady rudních mlýnů ze středověké důlní aglomerace Staré Hory u Jihlavy – Nachweise von Erzmühlen in der Bergbauagglomeration Staré Hory (Altenberg) bei Jihlava (Iglau), Archeologické výzkumy v jižních Čechách 19, 259–288.

HINGENAU, U. 1858:

Über die Frage der Wiederaufnahme des alten Iglauer Bergbaues, Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 6, 214–215, 219–222.

HLOŽEK, M. – HOLUB, P. – SEDLAČKOVÁ, L. – TROJEK, T. 2002:

Doklady slévání barevných kovů ve středověkém Brně na základě nálezů tyglíků z náměstí Svobody 9, Archaeologia technica 17, 87–93.

HOFFMANN, F. 2004:

Mistopis města Jihlavy v první polovině 15. století. Praha–Jihlava–Brno.

HOLUB, P. – KOVÁČIK, P. – MERTA, D. – PEŠKA, M. – PROCHAZKA, R. – ZAPLETALOVÁ, D. – ZÜBEK, A. 2002:

Předběžné výsledky záchranných archeologických výzkumů v Brně v roce 2001 – Vorläufige Ergebnisse archäologischer Rettungsgrabungen in Brunn im Jahr 2001, Přehled výzkumů 43 (2001), 71–114.

HRUBÝ, P. 2005:

Hornická aglomerace na Starých Horách u Jihlavy. In: Stříbrná Jihlava 2004. Seminář k dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině. Jihlava, 17.–19. 9. 2004. Sborník příspěvků. Jihlava, 5–21.

HRUBÝ, P. 2006:

Mittelalterliche Bergbauagglomeration im Altenberg bei Jihlava (Iglau). In: Miroslav Chytráček, Jan Michálek, Michael M. Rind, Karl Schmotz (Hrsg): Archäologische Arbeitsgemeinschaft Ostbayern/West- und Südböhmen – Archeologická pracovní skupina východní Bavorsko/západní a jižní Čechy. 15. Treffen 15. bis 18. Juni 2005 in Altdorf bei Landshut/Rahden/Westf. 2006, 145–171.

HRUBÝ, P. – HEJHAL, P. – MALÝ, K. 2007:

Montanarchäologische Forschungen in Jihlava-Staré Hory (Iglau-Altenberg, Tschechien), Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 35. V tisku.

HRUBÝ, P. – MALÝ, K. 2006:

Hornictví na Jihlavsku: výrobně distribuční vztahy Jihlavy a důlní aglomerace Staré Hory ve 13. století. Montánní archeológia na Slovensku (25 rokov výskumu lokality Glanzenberg v Banskej Štiavnici). Medzinárodný seminár 7.–9. 9. 2005 Banská Štiavnica – Starý zámok. Banská Štiavnica, 67–86.

HRUBÝ, P. – MALÝ, K. – MILITKY, J. 2007:

K výrobě barevných kovů, stříbra v Jihlavě ve 13. století – Zur Buntmetall- und Silbererzeugung und zur Lokalisierung der Münzstätte in Jihlava (Iglau) im 13. Jahrhundert, Archeologické výzkumy na Vysočině 1, v tisku

HRUBÝ, P. – JAROŠ, Z. – KOČAR, P. – MALÝ, K. – MIHALYIOVÁ, J. – MILITKY, J. – ZIMOLA, D. 2006:

Středověká hornická aglomerace na Starých Horách u Jihlavy – Das mittelalterliche Bergbauzentrum in Staré Hory (Altenberg) bei Jihlava (Iglau), Památky archeologické 97, 171–264.

KEMPTER, H. – FRENZEL, B. 2000:

The impact of early mining and smelting on the local trophospheric aerosol detected in ombrotrophic peat bogs in the Harz, Germany. In: Water, Air and Soil Pollution 121, 93–108.

JEŽEK, B. – HUMMEL, J. 2001:

Jiřího Agricoly Dvanáct knih o hornictví a hutnictví, Praha.

KLAPPAUF, L. – LINKE, F.-A. 1990:

Düna. Das Bachbett vor Errichtung des Repräsentativen Steingebäudes. Grundlagen zur Siedlungsgeschichte. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens, Heft 22. Hildesheim.

KLAPPAUF, L. – LINKE, F.-A. – BROCKNER, W. 1990:

Interdisziplinäre Untersuchungen zur Montanarchäologie im westlichen Harz, Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 27, 207–247.

KRABATH, S. 2001:

Die hoch- und spätmittelalterlichen Buntmetallfunde nördlich der Alpen. Eine archäologisch – kunsthistorische Untersuchung zu ihrer Herstellungstechnik, funktionalen und zeitlichen Bestimmung. Band 1 und 2. Internationale Archäologie band 63. Rahden/Westfalen.

LAŠTOVIČKA, Z. – VILÍMEK, L. – VOSÁHL, J. 2001:

Rekonstrukce průběhu rantířovsko – starohorského vodního náhonu (Technická památka středověkého dolování stříbrných rud u Jihlavy z přelomu 13. a 14. století, Sborník Stříbrná Jihlava, 37–55.

MALÝ, K. 1999:

Jihlavský rudní revír – přehled geologie a mineralogie. In: Dolování stříbra a mincování v Jihlavě. Sborník. Jihlava, 15–27.

MALÝ, K. 2005:

Mineralogické zhodnocení starohorských nálezů. In: Stříbrná Jihlava 2004, 62. Seminář k dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině. Jihlava, 17. 9.–19. 9. 2004. Sborník příspěvků. Jihlava.

MALÝ, K. – ROUS, P. 2001:

Ověření výpovědních možností strusek z Jihlavska a Havlíčkovodska – Beglaubigung der Aussagemöglichkeiten der Schlacken aus Iglauland und aus der Gegend bei Havlíčkův Brod (dt.: Deutsch – Brod). In: Nekuda, V. (Editor): Archaeologia historica 26. Sborník příspěvků přednesených na 32. konferenci archeologů středověku České republiky a Slovenské republiky s hlavním zaměřením na získávání a zpracování surovin Čáslav 25.–28. září 2000. Čáslav – Brno, 67–87.

POLANSKI, A. – SMULIKOWSKI, K. 1978:

Geochémia. Bratislava.

PROCHÁZKA, R. – HIMMELOVÁ, Z. 1995:

Příspěvek k vývoji středověké zástavby tzv. Velkého špalíčku v Brně – Beitrag zur mittelalterlichen Bebauungsentwicklung des sg. „Grossen Hauszwickels“ in Brno (Brünn), Archaeologia historica 20, 233–244.

PROCHÁZKA, R. 2000:

Zrod středověkého města na příkladu Brna (k otázce odrazu společenské změny v archeologických pramenech) – Entstehung der mittelalterlichen Stadt – Beispielen Brünn (Zur Frage der Widerspiegelung der Gesellschaftsveränderung in archäologischen Quellen. In: Ježek, M – Klápště, J. (editoři): Brno a jeho region. Mediaevalia archaeologica 2. Praha – Brno, 7–158.

ROUS, P. – HAVLÍČEK, J. – MALÝ, K. 2005:

Nálezy mlecích kamenů z rudního mlýna na katastru Stříbrné Hory na Havlíčkovodsku. In: Stříbrná Jihlava 2004. Seminář k dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině. Jihlava, 17. 9.–19. 9. 2004. Sborník příspěvků. Jihlava, 128–134.

ROUS, P. – MALÝ, K. 2004:

Průzkum terénních stop po zpracování polymetalických rud na Havlíčkovodsku – Untersuchung der Geländespuren von der Verarbeitung polymetalischer Erze in der Umgebung von Havlíčkův (Deutsch-) Brod. In: Nováček, K. (ed): Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a technologické aspekty. Mediaevalia archaeologica 6. Praha – Brno – Plzeň, 121–144.

SMÍŠEK, K. 2006:

Numismatické určení souboru mincí z archeologických výzkumů společnosti ARCHAIA Brno o.p.s. v Brně (Milosrdní bratři – 70/2002, Blok 20 – Panenská – 1999/4, Nová radnice – 60/2005, Náměstí Svobody – 93/2005). Velké Přílepy. Nepublikovaný rukopis.

SCHWABENICKY, W. 1984:

Archeologický výzkum středověkého hornického sídliště na Treppenhaueru u Sachsenburgu, okr. Heinichen (NDR), Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami. Sborník. Brno.

SCHWABENICKY, W. 1991:

... war einst eine reiche Bergstadt. Archäologische Forschungen zum hochmittelalterlichen Montanwesen im Erzgebirge und Erzgebirgsvorland. Mittweida.

SCHWABENICKY, W. 1993:

Archäologische Forschungen in mittelalterlichen Bergbausiedlungen des Erzgebirges, Montanarchäologie in Europa. Berichte zum internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg in Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990, 321–330.

SCHWABENICKY, W. 2003:

Der hochmittelalterliche Bergbau in und um Freiberg. In: Hoffmann, Y. – Richter, U. (Hrsg.): Stadt Freiberg. Beiträge. Band II, 433–443, 660.

SCHWABENICKY, W. 2008:

Der Silberbergbau im Erzgebirgsvorland und im westlichen Erzgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Ausgrabungen in der wüsten Bergstadt Bleiberg bei Frankenberg. Dresden.

STEHLÍKOVÁ, D. 1984:

Zpracovatelé kovů v přemyslovské Praze, in: H. Ječný a kol: Praha v raném středověku, Archaeologica Pragensia 5/2, 263–272.



STEUER, H. 2003:

Montanarchäologie im Südschwarzwald. Ergebnisse aus 15 Jahren interdisziplinärer Forschung. Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 31, 175–219.

UNTERMANN, M. 1999:

Freiburg und der Bergbau. In: Gottschalk, R. (Hrsg): Früher Bergbau im südlichen Schwarzwald. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg 41. Stuttgart, 93–96.

VOSÁHLO, J. 1998:

Metody vyhľadávania prŕzkumu ŕtiŕborudnŕch loŕisek v rozmedzŕ 13. aŕ 18. stoletŕ (se zŕetelem k jihlavskŕmu rudnŕmu revŕru), ŕtiŕbnŕ Jihlava, 29–44.

VOSÁHLO, J. 1999:

Pŕehled historie jihlavskŕho hornictvŕ. In: Dolovŕnŕ ŕtiŕbra a mincovŕnŕ v Jihlavŕ. Sbornik. Jihlava, 52–65.

VOSÁHLO, J. 2005:

Hornickŕ ŕinnost na starohorskŕ dislokaŕnŕ zŕnŕ z pohledu historickŕch pramenŕ. In: ŕtiŕbnŕ Jihlava 2004. Seminŕr k dŕjŕnŕm hornictvŕ a dŕlnŕch pracŕ na Vysoŕinŕ. Jihlava, 17. 9.–19. 9. 2004. Sbornik pŕŕpŕvkŕ. Jihlava, 22–31.

WEISGERBER, G. 1996:

Mittelalterliches Montanwesen und seine Wirkung auf Landschaft und Umwelt. In: Jŕckenhŕvel, A. (Hrsg): Bergbau, Verhŕttung und Walddnŕtzung im Mittelalter. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Stuttgart, 128–139.

WEISGERBER, G. 1999:

Zur Bedeutung des mittelalterlichen Schwarzwŕlder Silberbergbaus im ŕberregionalen Vergleich. In: Gottschalk, R. (Hrsg): Früher Bergbau im sŕdlichen Schwarzwald. Archŕologische Informationen aus Baden-Wŕrttemberg 41. Stuttgart, 131–139.

ZAORAL, R. 2005:

ŕeskŕ a moravskŕ raŕby z pokladu Fuchsenhof – Bohemian and Moravian coins in the Fuchsenhof hoard, Numismatickŕy sbornik 20, 61–108.

ZAPLETALOVŕ, D. –

PEŠKA, M. 2004:

Sv. Benedikt, Oldřich nebo Prokop? K otŕzce polohy ŕtŕedovŕkŕ brnŕnskŕ mincovny a jeŕi souvislosti se starobrnŕnskou kaplŕ sv. Prokopa – St. Benedikt, Ulrich oder Prokop? Zur Lage der mittelalterlichen Mŕnze und zum ihrer Zusammenhang mit der Altbrŕnner St. Prokop – Kapelle, Archeologickŕy rozhledy 56, 679–690.

ZIMMERMANN, U. 1993:

Untersuchungen zum frŕhen Bergbau im Sŕdschwarzwald. In: Steuer, H. – Zimmermann, U. (Hrsg): Montanarchŕologie in Europa. Berichte zum internationalen Kolloquium „Frŕhe Erzgewinnung und Verhŕttung in Europa“ in Freiburg in Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990. Sigmaringen, 201–229.

Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrages ist es, die Ergebnisse archŕologischer Rettungsgrabungen (in den Jahren 2002–2006) in Starŕ Hory (Altenberg) in der Nŕhe der kŕniglichen Stadt Jihlava (Iglau) vorzustellen. Fŕr die Montanarchŕologie in Tschechien bedeutete die Entdeckung dieser Fundstelle eine Fŕlle neuer Erkenntnisse, da dort eine Bergbausiedlung untersucht werden konnte, die in relativ kurzer Zeit entstanden war und reich an Befunden zu Bergbau und Verhŕttung ist. Die Rettungsgrabungen in Jihlava-Starŕ Hory haben insgesamt 4,176 ha aufgedeckt. Aufgrund der Bedeutung dieser Fundstelle fŕr die tschechische Montanarchŕologie sind wŕhrend der Ausgrabungen naturwissenschaftliche Analysen (Geochemie, Metallografie, Palŕobotanik usw.) in groŕem Umfang eingesetzt worden. Die Fundstelle Jihlava-Starŕ Hory I ist bereits in einer umfangreicheren Studie publiziert, und auch die Ausgrabungskampagnen der Jahre 2004 und 2005 am Altenberg III wurden in kleineren Studien vorgelegt. Noch unpubliziert blieben die Ergebnisse der jŕngsten und bislang letzten Ausgrabungen im Jahre 2006 in Starŕ Hory III. Reihenfolge und Aufbau des Textes entsprechen den Bergbautŕtigkeit: von der Erzprospektion ŕber Fŕrderung und Aufbereitung bis zum Schmelzen, Probierschmelzen und anderen metallurgischen Prozessen, die sich zwar archŕologisch nicht sicher nachweisen lassen, die aber anhand von Indizien vorausgesetzt mŕssen.

Bergbauprospektion und Erzabbau

Wŕhrend der Grabungen wurden 51 Prospektionsschŕchte und 21 Fŕrderschŕchte identifiziert, die aber aus Sicherheitsgrŕnden und technischen Schwierigkeiten nur zum Teil ausgegraben worden sind. Zu den besonders interessanten Befunden gehŕren lange Reihen von Prospektionsschŕchten, bei denen die Schŕchte in einem Abstand von 3,5 m bis 5,5 m liegen. Es lŕsst sich vermuten, dass es sich um Belege der im Mittelalter ausgemessenen Prospektionsschlagŕ handelt. Diese systematische Bergbauprospektion spiegelt sich auch in der ŕltesten Kodifikation des Iglauer Bergrechts in der Mitte des 13. Jahrhunderts wider. Es gibt nicht viele Befunde, die Hinweise auf Entwŕsserungsanlagen bieten. Bei einem Schacht von Altenberg III lŕsst sich eine Vorrichtung zur Wasserhebung vermuten, da unmittelbar am Rand der Schachttŕffnung ein viereckiger Befund und ein in ihn mŕndender Kanal entdeckt wurden. ŕhnliche Befunde – ein Zusammenhang zwischen Schachtmŕndung und Kanal – gibt es auch in Altenberg I. Beide Situationen erlauben es, Entwŕsserungsvorrichtungen vorauszusetzen. Ebenso kann man schlieŕen, dass das aus den Gruben abgeleitete Wasser sekundŕr und rationell zur Erzwŕsche genutzt wurde. ŕber Konstruktion und Antrieb von Wasserhebemaschinen des 13. Jahrhunderts ist aber leider nichts auszufŕhren, und die montanarchŕologischen Untersuchungen in Jihlava haben daran nichts geŕndert.

Primŕre Erzaufbereitung

Aufbereitungsareale, vor allem Waschanlagen, sind durch mehrere Fundsituationen, wie verschiedene Kanal- und Rinnensysteme, nachgewiesen. Das Gestein wurde zuerst zerkleinert und gemahlen. Dadurch wurde das Silbererz vom tauben Rest getrennt. Nach dieser Aufbereitung wurde das Erz durch Waschen von weiteren Beimischungen befreit. Diese Erzwŕsche befand sich oft unmittelbar neben den Fŕrderschŕchten; die zugehŕrigen Befunde konnten mehrfach sorgfŕltig ausgegraben und dokumentiert werden. Weitere Objekte, die fŕr Reste von Erzverarbeitungsanlagen gehalten werden, sind rechteckige Gruben mit Holzresten an den Wŕnden. Als Beleg fŕr die Zerkleinerung der Erze kŕnnen Befund 2669 und Schacht 2672 dienen. In ihnen fand sich jeweils eine homogene Schicht aus reinem Baryt-Schotter.

Bis 2006 wurden innerhalb der Bergbauagglomeration von Starŕ Hory acht Mŕhlsteinfragmente gefunden. Von zwei kleineren Fragmente abgesehen, die als Lesefunde bezeichnet werden dŕrfen, stammen die Mŕhlsteine aus Verfŕllungsschichten in ŕberresten hŕlzerner Bauten. Anhand der oberflŕchlichen Arbeitsspuren an den Mŕhlsteinen lassen sich zwei Gruppen



unterscheiden. Die erste Gruppe stellen Exemplare dar, die nach dem Auseinanderbrechen nicht mehr weiter benutzt und als Abfall einfach weggeworfen wurden. Bei der zweiten Gruppe handelt es sich um Bruchstücke, die sekundär als Unterlagen für das manuelle Pochen oder als Unterlegsteine im Pochwerk verwendet wurden. Einige Mühlsteinfragmente tragen Spuren von Feuereinwirkung, was auf die mögliche sekundäre Nutzung der Steine als Baumaterial (z. B. als Ofenwand) hinweist. Alle Exemplare sind aus feinem, in der Umgebung der Stadt auftretendem Granit gefertigt. Sie stammen aus ein und demselben mittelalterlichen Steinbruch, der während des 13. Jahrhunderts betrieben wurde.

Als weiterer Beleg für das Mahlen sind Konzentrationen abgelagerter Abfallsedimente zu erwähnen, die aufgrund der Analyse eindeutig als Abfalldepositionen der aufbereiteten Erze aus Erzmöhlen zu bezeichnen sind. Diese sedimentären Depositionen befinden sich unmittelbar neben den Wascheinrichtungen.

Überreste von Wasch- und Schlämmanlagen

Zu dieser Art von Befunden zählen Gruben und kanalartige Anlagen, die wahrscheinlich zur Abwasserentsorgung gedient haben. Bei den Gruben handelt es sich normalerweise um regelmäßige, im Planum viereckige Befunde mit senkrechten Wänden von jeweils ähnlichen, fast standardisierten Ausmaßen. Der Boden dieser Gruben ist stets flach, und bei mehreren Befunden hatten sich dort oder an den Wänden noch Spuren der Verkleidung aus Brettern in Form von dunklen, humosen Verfärbungen erhalten. Diese „Wasserspeicher“ oder Wasserreservoirs waren bis zu 40 cm tief und befanden sich in einem Abstand von 5 m bis 10 m von den Schächten.

Bei einer weiteren Gruppe von Befunden handelt es sich um verschiedenartige Rinnen, Kanäle und andere linear verlaufende Gräben, die gelegentlich von Pfostengruben flankiert sind. Am interessantesten war hier eine größere Anlage (Befund 2691). Ihr linearer Verlauf mit einem V-förmigen Profil wurde durch einen breiteren, viereckigen und vielschichtigen Befund unterbrochen. Die Nordwestseite dieses Befundes bestand aus einer Reihe von Pfosten mit stumpfem unteren Ende. Eine Probe aus den hier abgelagerten Sedimentschichten zeigte hohe Konzentrationen von Bunt- und Schwermetallen (Pb, Zn, Cu, Ag, Sb). Dies lässt eine Deutung als Wasch- oder Schlämmanlage zu. Der Kanal mündete aus einem der Schächte in den unweit verlaufenden Bach.

Einen besonderen Befund stellt eine 2006 entdeckte Anlage dar, die als ähnlicher Fundkomplex aus vielen linienartigen Rinnen, Kanälen und rechteckigen Gruben erscheint und als Überrest einer Erzwäsche zu interpretieren ist. Zusammen mit der Anlage, die 2002 entdeckt wurde, handelt es um die zweite größere Waschanlage. Beide deuten darauf hin, dass die Silbererze mit denselben Methoden wie die goldhaltigen Flusssedimente bei der traditionellen Goldwäsche aufbereitet wurden. Technisch gibt es nur geringe Unterschiede zwischen den Vorrichtungen für die Silber- und die Goldwäsche. Es handelt sich um die Ausnutzung der Schwerkraft, mit der die schwereren metallhaltigen Bestandteile des Erzes abgeschieden werden können und dann als reines Erzkonzentrat mit einem hohen Metallgehalt in die Hüttenbetriebe gelangten.

Röstvorgang und Hüttenbetriebe

Für das Rösten des Erzes liegen vor Ort bislang nur wenige eindeutige Belege vor. Zwar stammen aus dem Aufbereitungsareal regelmäßig geformte, sehr schlecht erhaltene und relativ flache Objekte von etwa 1 m bis 1,5 m Größe mit Spuren von Feuereinwirkung, doch erlaubt diese Fundsituation keine eindeutige Interpretation als Reste von Öfen. Die Befunde wurden überwiegend an den Schachtmündungen und an den nahegelegenen Halden entdeckt. In kleinen Mengen wurden dort Eisenschlacke gefunden und nur selten Hüttenlehmbruchstücke und kleinere Buntmetallreste. Diese Objekte können als Spuren verschiedener Phasen der Erzaufbereitung interpretiert werden, am wahrscheinlichsten als Überreste eines Röstvorganges. Es könnte sich aber ebenso um Reste anderer technischer Vorrichtungen handeln. Schließlich können auch gewöhnliche Feuerungsanlagen oder Heizeinrichtungen nicht ausgeschlossen werden, z. B. bei Objekt 0911 im Inneren des Gebäudes 3581.

Von der Verhüttung zeugen bislang nur geringe Funde von Buntmetallslaggen und Ofensauen mit Silber- und Bleigehalten. In keinem Fall liegen direkte Spuren massiver Erzverhüttung vor. Deshalb dürften die Hüttenbetriebe selbst, die nach fünf Jahren intensiver Grabung noch immer nicht entdeckt werden konnten, sich an anderer Stelle befunden haben müssen. Wahrscheinlich sind sie unmittelbar am Ufer der Jihlava zu lokalisieren, d. h. in einer Entfernung von 200 m bis 800 m von den Abbau- und Aufbereitungseinrichtungen.

Treibprozess und Probierschmelzen

Als Hinweis auf den Treibprozess können kleine amorphe Bleistückchen herangezogen werden, die aus einigen Schichten aus hölzernen Gebäuden stammen. Es handelt sich um Abfälle des sogenannten Verbleiens. Als Belege für das Probierschmelzen kommen auch keramischen Fragmente in Frage, die hohen Temperaturen ausgesetzt waren und die innen schlackenartige, makroskopisch sichtbare Einschlüsse reinen Silbers erkennen lassen. Zu dieser Gruppe von Funden ist auch ein Bleistück oder besser der Inhalt eines dreieckigen Tiegels (mehr als 99 % Blei) zu rechnen – vielleicht ein Nebenprodukt des Probierschmelzens bleihaltiger Erze. Mit der Metallurgie und mit dem Probierschmelzen hängt die Seltenheit technischer Keramik zusammen. Zu dieser Gruppe gehören vor allem Gusstiegel. Meist wurden diese in der Nähe der Förderschächte oder der Grubenhäuser gefunden. Unter den Keramikfunden sind etwa 30 Fragmente, die anhand ihrer typischen Form und der Rauchspuren an den Rändern als Reste von Öllampen identifiziert werden können.

Schmiedebetriebe

Ein Teil der gefundenen Schlacken ist als Schmiedeschlacken zu interpretieren. Dafür sprechen ihre charakteristische schüsselförmige Gestalt, entstanden an der Ofensohle der Schmiedeesse, und die hohe magnetische Suszeptibilität, der erhöhte ferromagnetische Anteil und schließlich die gesamte chemische und mineralogische Zusammensetzung (Fayalit, Wüstit). Schmiedebetriebe waren für die tägliche Arbeit im Bergwerk, in den Verhüttungs- und Aufbereitungsanlagen unverzichtbar. Sie ermöglichten den Bergbau durch die Instandsetzung von Förderanlagen und die Reparatur von Werkzeugen.