

K METALURGII PŘI STŘEDOVĚKÉ PRODUKCI STŘÍBRA NA ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINĚ

Petr Hrubý, Petr Hejhal, Karel Malý

Příspěvek pojednává o všech zatím archeologicky dokumentovaných nálezech spojených se zpracováním stříbra a jeho hutněním na území Českomoravské vysočiny. Nejedná se pouze o pozůstatky pecí a výhní, ale i o další nálezy, jako jsou rudy, rudný koncentrát, nejrůznější strusky, technická keramika, dřevěné uhlí, olověný klejt, konečný produkt – stříbro a olovo i další doklady výroby drahého kovu. Příspěvek se snaží o zhodnocení artefaktů všeho druhu pocházejících z hornických a hutnických center 13. století, z období rozkvětu stříbrného hornictví.

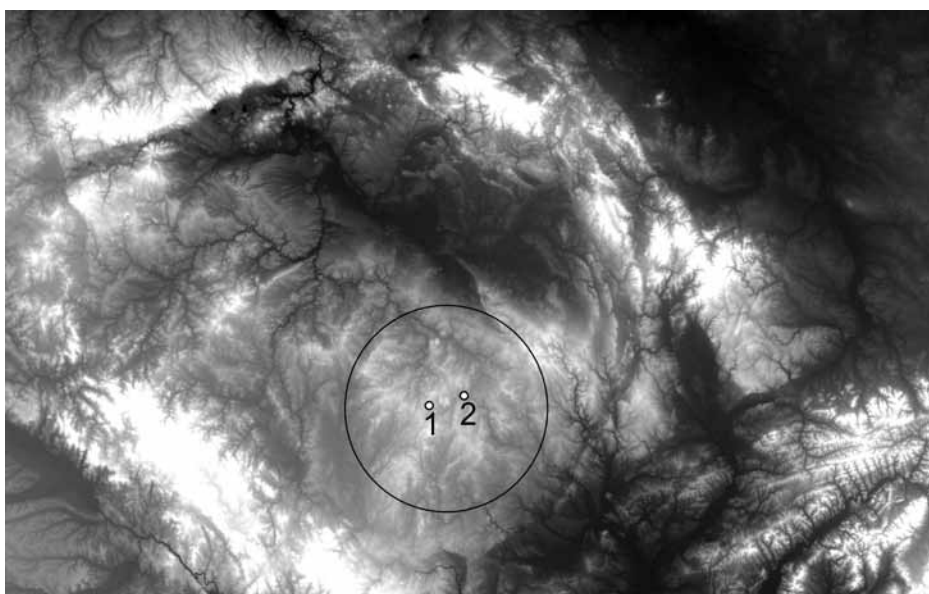
Klíčová slova: montánní archeologie – Českomoravská vrchovina – středověk – archeometalurgie – analýzy

TO THE METALLURGY AT THE MEDIEVAL PRODUCTION OF SILVER OF BOHEMIAN-MORAVIAN HIGHLANDS

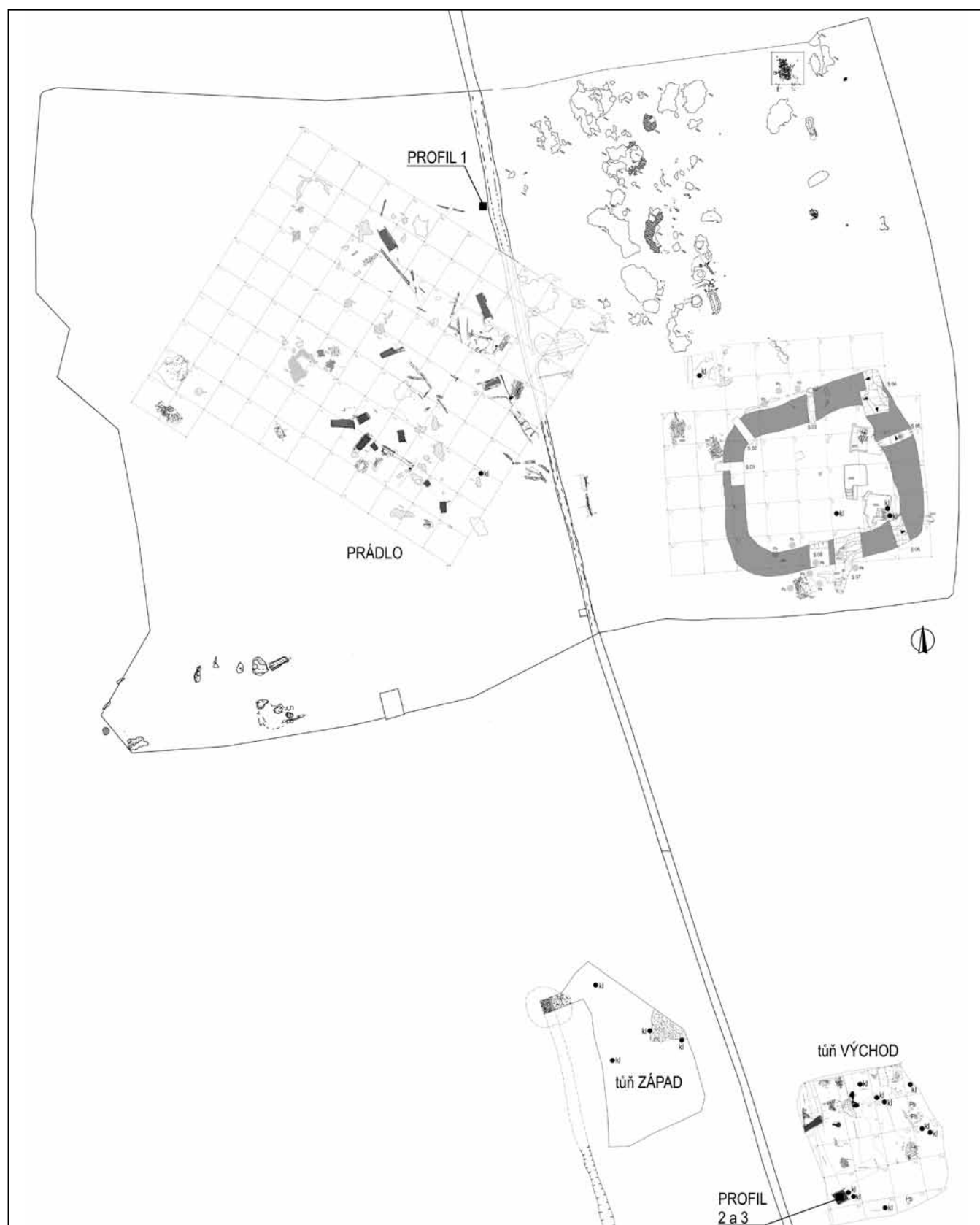
The contribution deals with all already archeologically documented findings related to the processing of silver and its compaction in the Bohemian-Moravian Highlands. It is not dealt only with remains of furnaces and forges but also with other findings such as ores, ore concentrate, various slags, technical ceramics, charcoal, lead litharge, the final product – silver and lead, and other records of production of precious metal. This contribution attempts to evaluate the artifacts of all kinds, from mining and metallurgical centers of 13th century, from the period of prime of silver mining.

key words: Mining Archaeology – Bohemian–Moravian Highlands – Middle Ages – Archeometallurgy – Analyses

Příspěvek pojednává o pozůstatcích metalurgické činnosti, vedoucí k produkci drahých kovů, obsažených v polymetalických rudách na Českomoravské vrchovině. Látku představují tři záchranné archeologické výzkumy zpracovatelských areálů ze 13. století: na Starých Horách u Jihlavy v centru Jihlavska a u Černova na Pelhřimovsku (obr. 1). Jde o nálezy rud a koncentrátu, paliv, strusky, klejtu i konečného produktu, tj. stříbra a olova. Procesy jsou popsány od fáze praní a produkce rudných koncentrátů jako vstupní suroviny pro hutní zpracování. Zkoumané areály jsou ze širšího pohledu základními prvky v procesu produkce hlavního mincovního kovu v období dynamického vývoje přemyslovského státu po polovině 13. století.



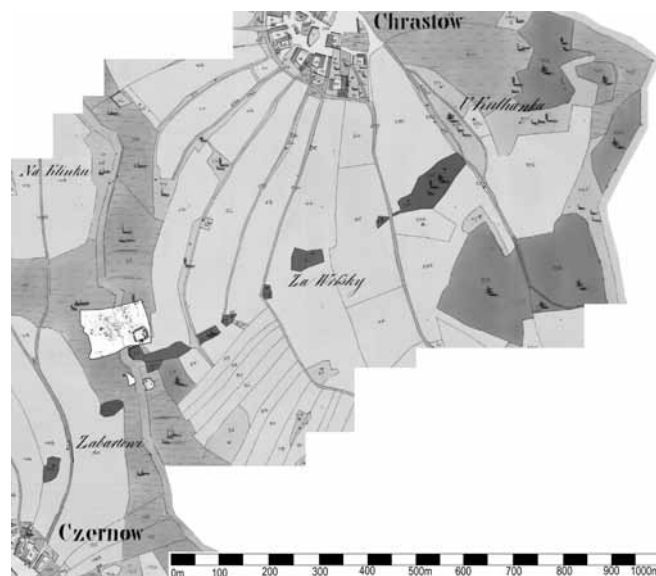
Obr. 1: Poloha zájmových lokalit na ortofotomapě ČR. 1: Černov-Cvilínek, 2: Jihlava-Staré Hory



Obr. 2: Černov-Cvilínek. Celkový plán lokality

TOPOGRAFIE LOKALIT

Cvilínek: Nachází se 550 m sv. od středu obce Černov (obr. 2–4). Nadmořská výška je 639 až 646 m. Lokalitu lze charakterizovat jako otevřené údolí s malým spádem, orientace S–J. Jde o menší a krátkodobý areál. Na ploše přes 1,28 ha byly nalezeny pozůstatky pracovišť, na kterých byla vícefázově tříděna a roztloukána rudnina s obsahem polymetalických rud. Další jsou pozůstatky pecí, výhní a ohnišť, doprovázené metalurgickým odpadem. Podle nálezů keramiky a dendrochronologických dat řadíme komplex do druhé poloviny 13. století. Záchraný archeologický výzkum (2009–2010) probíhal v souvislosti s výstavbou dvou nádrží. Areály souvisejí s polymetalicky zrudněnou žilnou strukturou, která má směr SV–JZ a délku do 1000 m. Hlavním žilným minerálem byl bílý křemen (*Litochleb* 1996). Z rud byly zjištěny vtroušené sulfidy, ve kterých převažují pyrit, arsenopyrit a tmavý sfalerit, méně galeinit (tab. 1, obr. 5, 6 a 9). Tetraedrit, chalkopyrit, pyrrhotin a pyrrargyrit jsou vzácné.



Obr. 3: Cvilínek na Cís. otisku stabilního katastru (1829, převzato ze serveru čúzk, upraveno). Na katastrech Černova i Chrastova jsou patrné porostové příznaky po někdejší těžbě



Obr. 4: Černov-Cvilínek. Plocha tůň východ s pecemi, výhněmi, struskovišti, deponiemi rudniny, nádržkami a deponiemi dřevěného uhlí (výzkum 2010)

lokalita	nálezová situace	Cu	Zn	Pb	Ag	As	Sb	Pozn.
Černov - Cvilínek	galenit, obj. 0543	2300	16	n.d.	13894	0	3684	Separováno z křemene
Černov - Cvilínek	galenit, obj. 0594	2224	60120	n.d.	10464	3505	1902	Separováno ze sedimentu
Černov - Cvilínek	pyrit, z plochy	460	38	493	492	882	42	Separováno z křemene

Tab. 1. Obsahy vybraných kovů v sulfidech (ppm) z deponií rudniny a ze sedimentů nádrží, n.d. – nestanoveno

lokalita	objekt/vrstva	druh	Cu	Zn	Pb	Ag	As	Sb	Složení šlichu
Černov - Cvilínek	0594/0342	nádrž	1354	17050	1120	3121	120475	673	py, asp, ga>sf
Černov - Cvilínek	0600/0310	nádrž	250	3153	19118	351	25822	134	asp, sf, ga>, py
Černov - Cvilínek	0570/0316	nádrž	1146	18625	2401	2636	75919	500	sf, asp>ga, py
Černov - Cvilínek	0600/0310	nádrž	123	1552	10447	170	8920	48	asp, py, ga>sf
Černov - Cvilínek	0602/podloží	nádrž	537	12020	7178	1578	33904	176	py, asp>ga, sf>ph
Černov - Cvilínek	0595/0313	nádrž	921	4947	2433	1918	20929	206	py, asp>ga, sf>ph
Černov - Cvilínek	0602/horní část	nádrž	942	6518	3989	1582	24119	204	py, asp>ga, sf>ph
Černov - Cvilínek	0569/0118	nádrž	129	1870	8598	1517	12813	85	py, asp>ga>sf
Staré Hory III	5641/5339	nádrž	796	8967	34048	76	231	211	nest.
Staré Hory III	5664/6292	nádrž	91	412	1231	42	166	810	nest.
Staré Hory III	5699/6104	nádrž	107	515	1348	151	173	0	nest.
Staré Hory III	5643/6209	nádrž	94	462	972	37	179	30	nest.

Tab. 2. Šlichované sedimentární výplně objektů ve středověkých prádlech. Obsahy prvků v ppm

lokalita	nálezová situace	Cu	Zn	Pb	Ag	As
Černov - Cvilínek	obj. 0585	459	813	35671	55	320
Černov - Cvilínek	tůň Z, vr. 1165	868	1211	31692	18	0
Černov - Cvilínek	vr. 1165	1113	15709	14249	91	10
Černov - Cvilínek	obj. 0621, vr. 1128	1212	3577	20827	36	52
Černov - Cvilínek	obj. 0617, vr. 1187	1321	20730	13256	72	0
Černov - Cvilínek	tůň Z, vr. 1165	1626	977	25191	16	80
Staré Hory III	obj. 5518, 5195	2773	735	52	9317	180
Staré Hory III	obj. 5584, vr. 5270	17749	2666	45	62018	110
Staré Hory III	obj. 5551, vr. 5226	22721	912	112	16520	172
Staré Hory III	obj. 5551, vr. 5233	27328	1704	52	27549	149
Staré Hory III	obj. 5628, vr. 5322	51580	2500	91	35644	208
Staré Hory III	vr. 5268	78662	2622	82	19061	316

Tab. 3. Obsahy vybraných kovů v analyzovaných hutnických struskách (ppm), nalezených v referovaných lokalitách

lokalita	nálezová situace	Cu	Zn	Pb	Ag	As
Černov - Cvilínek	vrstva 1207	257	108	47	2	0
Černov - Cvilínek	vrstva 1200	345	163	32	0	422
Černov - Cvilínek	vrstva 1207	1062	71	50	0	0
Staré Hory I	1634A/1375 (S1)	58	416	1	nest.	nest.
Staré Hory I	1634A/1230 (S2)	90	210	270	nest.	nest.
Staré Hory I	1634A/1230 (S3)	90	440	500	nest.	nest.
Staré Hory I	1622A/2122 (S5)	330	8000	1200	nest.	nest.
Staré Hory I	1622A/1377 (S11)	900	70	1000	nest.	nest.

Tab. 4. Obsahy vybraných kovů v analyzovaných kovářských struskách (ppm), nalezených v referovaných lokalitách

lokality	nálezová situace	hmotnost (g)
Jihlava - Staré Hory	obj. 1634, vr. 1230 (závaží A)	67,296
Jihlava - Staré Hory	obj. 1622, vr. 2122 (závaží B)	17,502
Jihlava - Staré Hory	obj. 1634A, vr. 2123 (závaží C)	17,923
Černov - Cvilínek	tůň východ, čtv. N1	29,161
Černov - Cvilínek	tůň východ, čtv. O1, vr. 1160	25,380
Černov - Cvilínek	poblíž obj. 0535 (závaží s otvorem)	22,565

Tab. 5: Hmotnost závažíček z lokalit Staré Hory a Cvilínek

lokality	druh předmětu	nálezová situace	Cu	Zn	Ag	As	Sb
Černov - Cvilínek	závaží s otvorem	poblíž 0535	1058	56	407	0	0
Černov - Cvilínek	závaží válcovité	tůň východ, čtv. N1	38	0	52	214	0
Černov - Cvilínek	závaží válcovité	tůň východ, čtv. O1, vr. 1160	19	0	41	0	0
Černov - Cvilínek	Pb úkapek/slitek	čtv. O1, vr. 1160	121	27	18	0	0
Černov - Cvilínek	Pb úkapek/slitek	čtv. O5, sběr	103	0	39	0	0
Černov - Cvilínek	Pb úkapek/slitek	poblíž 0581, sběr	21	0	12	0	0
Černov - Cvilínek	klejt (PbO)	objekt 0581, vr. 0231	2056	437	12	318	3
Jihlava - Staré Hory III	Pb úkapek/slitek	obj. 6607	59	141	22	nest.	249
Jihlava - Staré Hory III	Pb úkapek/slitek	obj. 6534	3830	11	2333	nest.	0
Jihlava - Staré Hory III	Pb úkapek/slitek	obj. 5554	14	1	1	nest.	121
Jihlava - Staré Hory I	Pb úkapek/slitek	obj. 2653	11	3	6	nest.	5
Jihlava - Staré Hory III	Pb obsah tyglíku	obj. 6607, vr. 6142	58,5	141,2	22	nest.	294
Jihlava - Staré Hory I	Pb úkapek/slitek	obj. 1622A	238	6	23	nest.	696
Jihlava - Staré Hory I	Pb úkapek/slitek	obj. 3543A	109	80	8	nest.	18

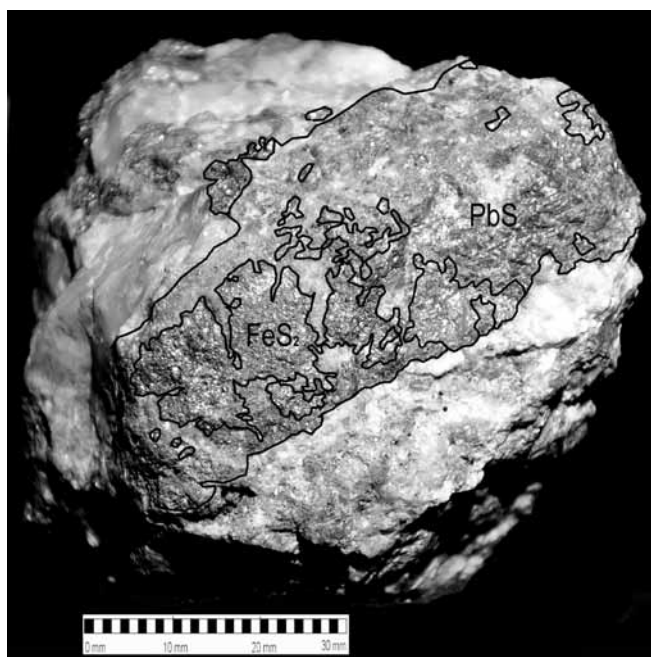
Tab. 6: Obsah některých kovů (ppm) v olověných závažíčkách, úkapech a slících (ppm). Olovo nebylo stanovováno

analyzovaný KE zlomek	Cu	Zn	Pb	Ag	As	Sb	Cd	Ba
KE 3581-3322/20	2,60 hmot. %	2621	51,22 hmot. %	348	1489	-	12	596
KE 3581-3323/4	1,99 hmot. %	6007	51,80 hmot. %	268	899	559	28	2020

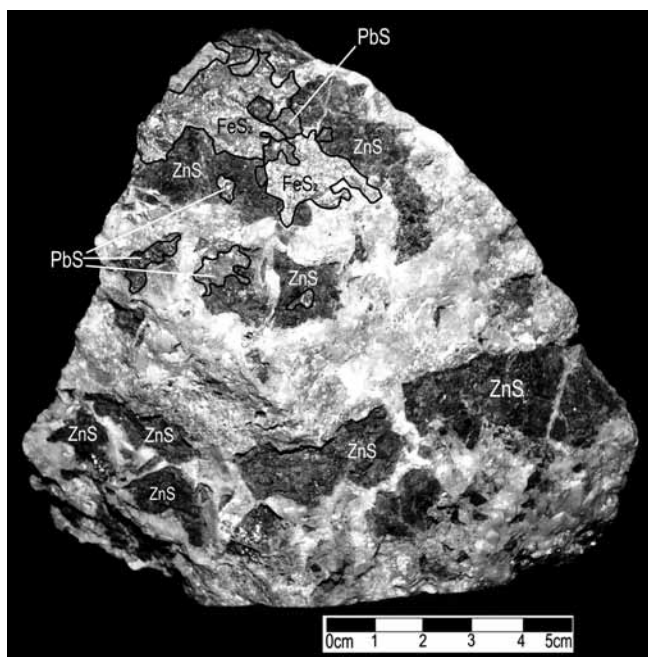
Tab. 7: Jihlava - Staré Hory III. Obsahy barevných kovů v tavenině na povrchu analyzovaných keramických zlomků ze zahloubené stavby 3581 (ppm)

prvek	RFE analýza	EDX analýza
Fe	0,371 %	-
Ag	90,892 %	97,8%
Pb	8,520 %	1,8%
Bi	0,217 %	-

Tab. 8: Jihlava – Staré Hory. Prvkové složení sekaného stříbrného slitku ze zásypu šachty 2672 podle RFE analýzy (D. Perlík) a podle EDX analýzy (K. Malý)



Obr. 5: Agregáty galenitu a pyritu v křemenu ze stařin na Cvilínku. Foto a úprava Petr Hrubý



Obr. 6: Agregáty a závalky sfaleritu, pyritu a galenitu v křemenu ze stařin na Cvilínku. Foto a úprava Petr Hrubý



Obr. 7: Jihlava-Staré Hory. Celkový plán lokality na ortofotu



Obr. 8: Jihlava-Staré Hory. Galenit v barytu. Foto P. Hrubý

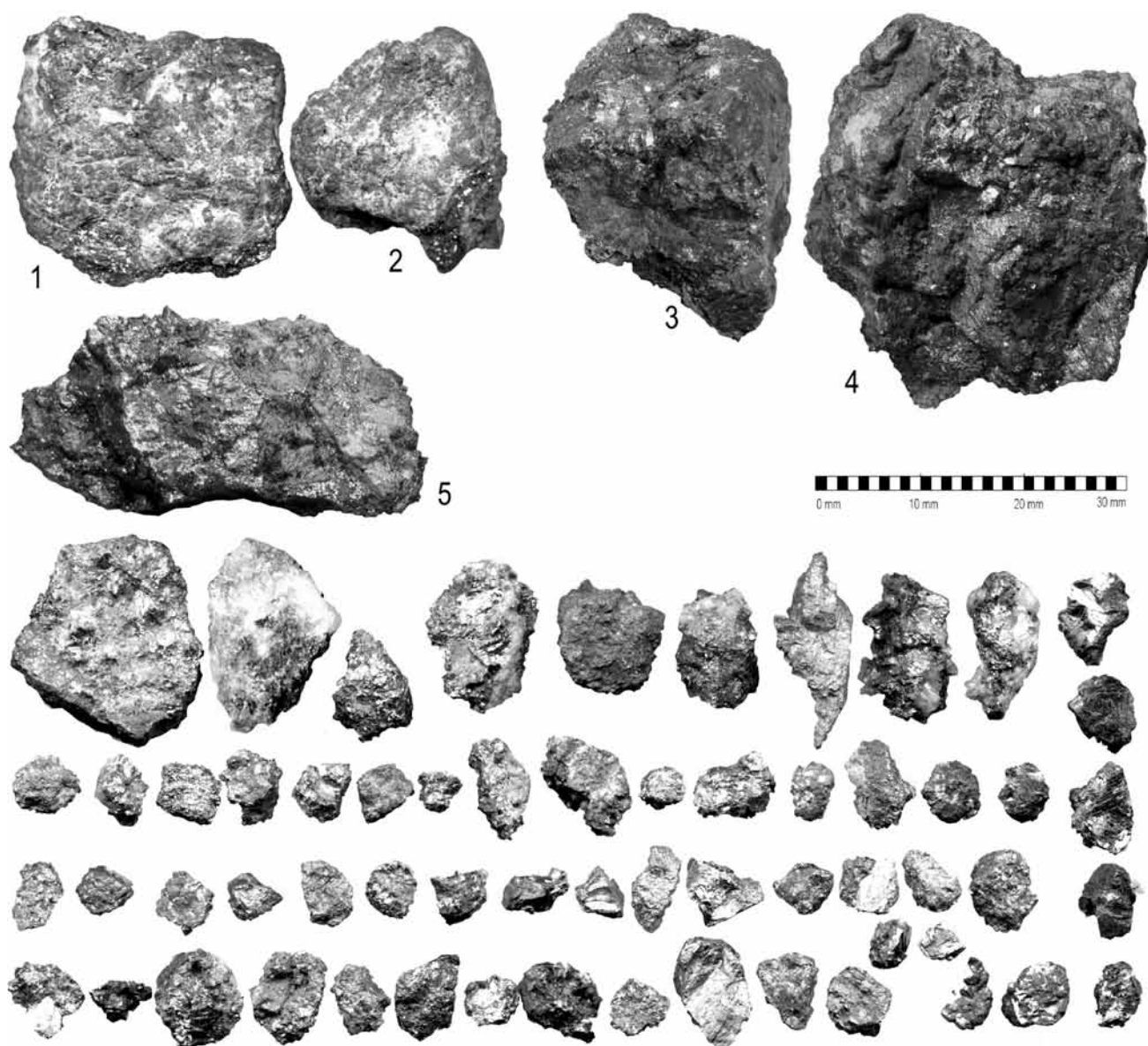
Staré Hory I a III: Lokalita se nachází asi 2060 m sz. od kostela sv. Jakuba Většího v centru Jihlavy (obr. 7). Podnětem výzkumů byly dopravní a bytové stavby v letech 2002–2006. Starohorská dislokační zóna směru SSV–JJZ je jednou z nejdůležitějších mineralizovaných struktur Jihlavska. Je sledovatelná v délce 8,4 km ze Starých Hor k jihu. V místě zkoumaných areálů se její směr mění na SSZ–JJV. Minerály žiloviny jsou zastoupeny několika generacemi křemene, který je doprovázen bílým nebo nařezavějším barytem, lokálně chalcedonem a místy několika generacemi karbonátů. Z rudních minerálů je zastoupen pestře zbarvený sfalerit, galenit (obr. 8), méně chalkopyrit, arzenopyrit, pyrit a tetraedrit (Pluskal – Vosáhl 1998). Lokalita představuje z hlediska své rozlohy, vyššímu objemu produkce i exkluzivnímu vztahu k Jihlavě jako prvořadému královskému městu, středověký „velkoprovaz“ a báňské centrum prvořadého významu, existující několik desetiletí (Hrubý 2011).

ODBĚRY, PŘÍPRAVA A ANALÝZY VZORKŮ

Analýzy strusek a úkapků barevných kovů: Cílem analýz byla materiálová charakteristika, zjištění fyzikálně-chemických vlastností včetně fázového a chemického složení. Strusky byly po očištění prohlédnuty pod binokulárním mikroskopem a byla u nich měřena magnetická susceptibilita (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) a chemické složení „silikátovou“ analýzou (H $_2$ O – sušením při 110 °C; +H $_2$ O – Penfieldova metoda; SiO $_2$ a n.p. – vážkově; Fe $_2$ O $_3$ – fotometricky; FeO – titračně K $_2$ Cr $_2$ O $_7$; MnO – metodou AAS; CaO – titračně KIII; MgO – titračně KIII; CO $_2$ – absorpčně; Al $_2$ O $_3$ – titračně KIII; SO $_3$ – vážkově; S – gravimetricky jako BaSO $_4$; TiO $_2$ – fotometricky; K $_2$ O, Na $_2$ O – plamennou fotometrií). U vybraných vzorků byl stanoven obsah kovů metodou AAS. Specifická byla analýza prubířského kamene z Cvilínku pomocí elektronového mikroskopu s připojeným EDX analyzátozem, kdy byly hledány stopy po otěrech barevných a drahých kovů.

Plošná půdní metalometrie v sítích 5 × 5 m, 1 × 1 m: Půdní geochemické vzorky v síti 1 × 1 m pro účely půdní metalometrie byly odebrány v provozních vrstvách a pracovním prostoru okolo pecí a ohnišť v lokalitě Cvilínek. Vždy byl odebrán cca 2 l vzorku této vrstvy a u každého vzorku pak bez výjimky cca 2 l svrchního podloží, které bylo s provozním středověkým povrchem v kontaktu. Vzorky byly sušeny při pokojové teplotě do konstantní vlhkosti, síťovány, kvartovány a odebrané množství (navážka kolem 1 g) se vařilo v HNO $_3$. Výluh byl filtrován a analyzován metodou AAS.

Uhlíky a nezuhoelnatělé makrozbytky: Na Cvilínku byly sledovány uhlíky v nálezových situacích: a) výplně pecí a objektů v jejich blízkosti; b) kumulace uhlíků v pracovním prostoru okolo pecí a struskovišť; c) uhlíky uzavřené ve struskách, které jsou autentickým dokladem hutnického paliva. Objem vzorků k plavení se pohyboval mezi 1,5–29 l. Celkem bylo proplaveno 357,2 l sedimentu. K flotačnímu plavení byla užitá upravená verze linky „Ankara“. Vzorek byl následně vysušen při pokojové teplotě a makrozbytky rostlin byly vybrány a tříděny pod stereoskopickým mikroskopem (Katedra archeologie ZČU Plzeň, Petr Kočár, Romana Kočárová). Uhlíky byly analyzovány pomocí světelného mikroskopu.



Obr. 9: Ruda a rudný koncentrát. 1–2: agregáty galenitu (PbS, obj. 0543, vr. 0138), 3–5: agregáty pyritu (FeS $_2$, obj. 0535, vr. 0123); dole rudní koncentrát (pyrit, sfalerit, galenit, arsenopyrit) z výplně nádrže 0594 v prádle. Foto a úprava Petr Hrubý

DOKLADY PRODUKCE RUDNÝCH KONCENTRÁTŮ

Rudný koncentrát nižší granuláže byl separován pouze v areálu středověkého prádla na lokalitě Černov-Cvilínek. Nádrže byly vyplněny i sedimenty s podstatným podílem sulfidů. Jsou to buď zrna, nebo automorfní krystaly (pyrit a senopyrit). Velikost zrn kolísá od zlomků milimetru po 5 mm. Byl zjištěn statisticky významný korelační vztah mezi Ag a Cu a mezi Ag a Sb ve šlichu (korelační koeficient 0,871 a 0,875). Statisticky významný je ale i korelační koeficient mezi Ag a Pb. Hodnota – 0,843 naznačuje, že Ag je zde vázáno nikoli na galenit, ale pravděpodobně na minerály Ag-Cu-Sb. Odpovídajícím odpadem byl rmut bez užitkové rudy, který se koncentroval v okolí. Převážnou část tvořila žilně impregnovaná rula, menšinově bílý žilný křemen.

Hlavní funkcí prádla byla výroba rudného koncentráту různého zrna několikastupňovým praním. Na Cvilínku se vzhledem k makroskopickému tetraedritu zdá, že jedním z produktů mohl být i koncentrát sulfidů stříbra. Tento jistě menšinový produkt byl taven jen příležitostně a v takřka laboratorním množství. Aby mohly být rudy gravitačně odděleny, musela být rudnina nejprve granulometricky upravena na přibližně stejné zrno. Toho se docílilo roztloukáním a mletím a nejspíš i síťováním. Produktem byl komplexní sulfidický koncentrát získávaný ze všech texturních a strukturních typů rudniny, které neumožňovaly manuální separaci galenitu (srov. obr. 5 a 6) nebo sulfidů se stříbrem. Z praktického hlediska je pravděpodobné, že ze směsného koncentrátu byl galenit (popř. sulfidy stříbra) ručně vytríděn. Hutní se jednodušeji a nebyl proto důvod zvyšovat ztráty jeho ponecháním ve směsném koncentrátu, který byl sice kvantitativně významnější, ale byl na stříbro chudý a vyžadoval komplikovanější úpravu i hutnění. Ručně vybíraný koncentrát galenitu s 60–70 % Pb může obsahovat 0,3–2,5 % Ag (Holub – Malý 2012).

POZŮSTATKY PECÍ A VÝHNÍ, NÁLEZY PALIV

Základní rozdělení a charakteristika: Tato skupina objektů je interpretačně nejproblematictější (obr. 10–36). Z hlediska technických funkcí je nutné předpokládat několik pyrotechnologických procesů, jejichž přímými pozůstatky jsou právě tyto objekty (pražení rudy, hutnická tavba, zolovňování, shánění, přepalování stříbra, prubířství, slévačství, kovářství).

a) plochá jednoduchá ohniště bez pozorovaných konstrukčních prvků: měla zpravidla oválný půdorys a hloubku 10–15 cm, délku 1–2,2 m, miskovitý profil, stopy provozního žáru ve výplni (uhlíky, popel, do červena až černa vypálené dno). Výplně byly analyzovány na obsahy těžkých kovů nebo na technolity (strusky, úkapky kovů, feromagnetické fáze – tzv. okuje, namletá či drcená ruda). Tato ohniště mohou být situována samostatně, ve vzdálenosti v řádu metrů od důlních jam či obvalů, avšak běžné je jejich umístění téměř na hranici někdejších obvalů, což budí dojem třídícího a pražícího pracoviště (provozu) přímo u paty haldy, kde se zpracovávala ruda vytěžená ze šachet. Pouze v jižní části lokality Staré Hory I se nacházelo větší a nejspíš nenáhodné uskupení, které však zároveň bylo i mimo pásmo těžby či dalších stop úpravy rud.

b) menší jámové pícky hruškovitého, kruhového či oválného tvaru bez pozorovaných konstrukcí: Jejich rozměry byly často jen několik desítek cm (max. do 20–40 cm), hloubky okolo 5–20 cm. Výplně jsou charakteristické přítomností zuhelnatělého palivového dřeva a uhlíků. Geochemické analýzy nebo analýzy na technolity byly provedeny jen výjimečně.

c) mírně zahluobené pece hruškovitého či oválného tvaru s pozorovanými konstrukčními prvky: Jedná se o objekty v hlavní ose s délkou okolo 1 m s plochým dnem, hloubka do 20–30 cm. V jejich výplních se může kromě provozních výplní a paliva vyskytnout i materiál jako haldovina nebo sídlištní vrstvy. Tyto objekty nesou stopy provozního žáru, zpravidla mají dochované provozní výplně s uhlíky a mají vypálené vymazané stěny a dno a mohou mít dochovanou kamennou konstrukci stěn s výmazem. Na Cvilínku byly doprovázeny i koncentracemi strusek v pracovním okolí.

d) ploché kamenné podezdívky nepravidelně čtyřhranného tvaru: Kromě podezdívky či základny větších rozměrů (často i přes 1 × 1 m lze pozorovat i destrukci kamenů ze stěn (?) různé kubatury. V pracovním okolí se nacházejí výrazné stopy žáru a kumulace uhlíků. Strusky nebo jiný spektakulární metalurgický odpad nebyl pozorován.

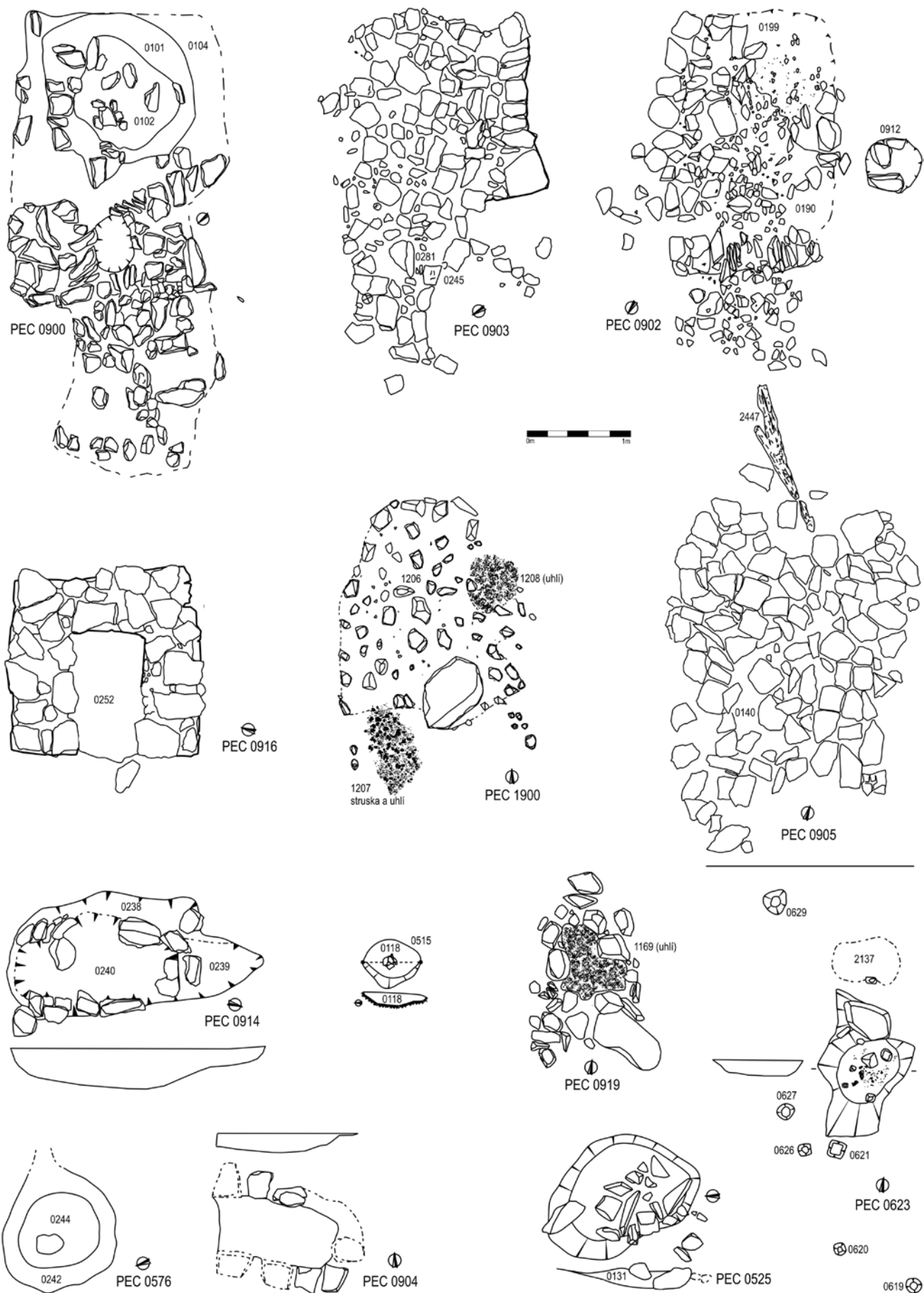
e) plošně dochované pozůstatky kamenných konstrukcí pecí větších rozměrů: Velikost je podobná jako u předchozí skupiny, nebyly však doloženy kompaktní kamenné základny popř. podezdívky, nýbrž jen tvarově charakteristická destrukce s možným náznakem obvodových stěn. Vnitřky pecí nesou evidentní stopy žáru s přítomností uhlíků.

f) Dobře dochované konstrukce obvodové stěny bez podezděné základny: Jde o jediný příklad pece čtverečné základny na Cvilínku (0916) se stopami žáru v provozní výplni, s uhlíky v pracovním okolí a s kamennou destrukcí, která je pozůstatkem nadzemní části. Viditelný metalurgický odpad v okolí doložen nebyl.

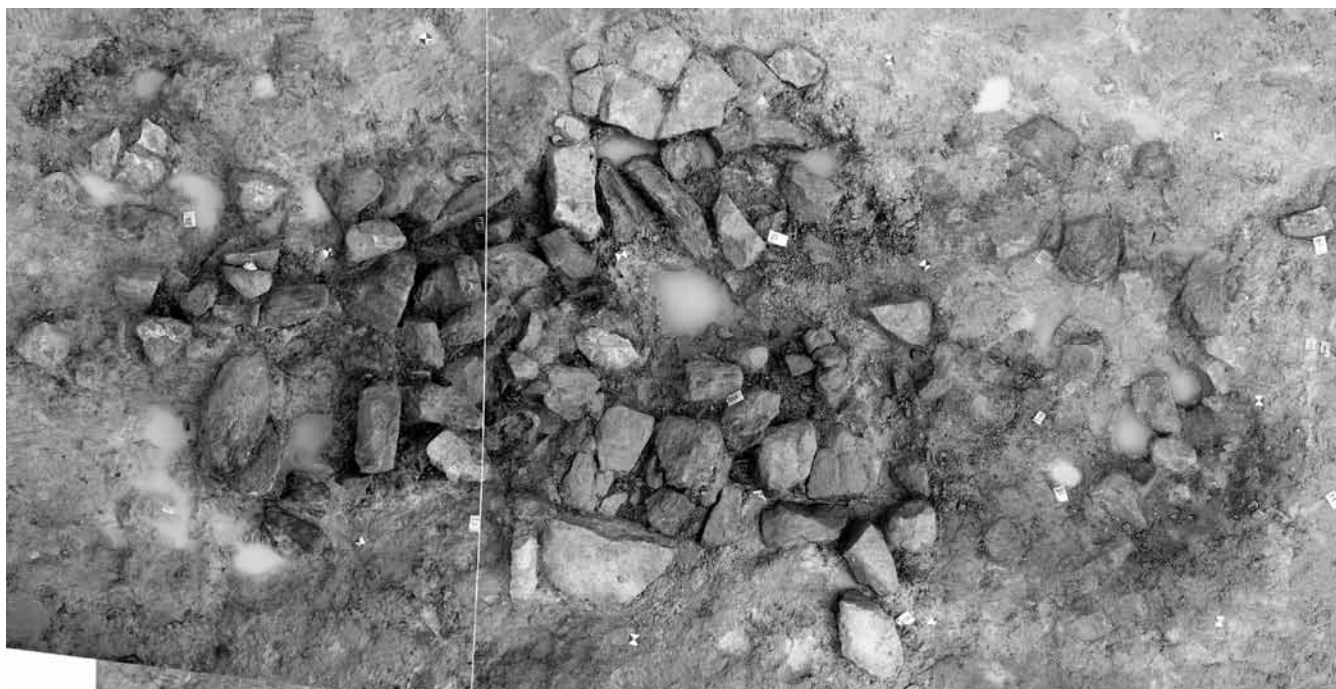
Pozůstatky pecí, výhní a ohnišť na Cvilínku: Skupinu definovanou velikostí a konstrukcí tvoří pozůstatky pěti pecí délky až 2 m a šířky asi 1 m, s kamennými podezdívkami pravidelného půdorysu a někdy s dochovanou destrukcí stěn (obr. 10). U některých by mohlo jít o pražící pece, tzv. štádlá, kde se pražil rudní koncentrát (srov. obr. 38). Na druhé straně by stejně tak mohlo jít o vyspělejší typ šachtové hutnické pece s otevřenou výpustí (obr. 37). Některé z pecí se nalézají v bezprostřední blízkosti prádla. Půdní metalometrie v síti 1 × 1 m v topeništích i v pracovním okolí pecí byla provedena u objektů 0900 a 0576, 0902, 0903, 0905 a 0916 (obr. 12, 13, 15, 16, 18–21, 23, 24). Maxima měřených prvků v topeništích některých objektů jsou spíše nižší, a to zejména ve srovnání s hodnotami v areálu prádla mezi nádržemi a splavy.

Pozůstatky pecí, výhní a ohnišť na Starých Horách: Jedná se o více než desítku objektů, z nichž jen u některých lze uvažovat o spojitosti s hutnictvím nebo pražením (obr. 28–36). Z hlediska zachování technických a konstrukčních prvků se terénní situace jeví nedostatečné. Všechny reliktu byly nalezeny jako jednotlivosti, takže nelze hovořit o přesvědčivých dokladech metalurgických pracovišť. V provozní výplni jediné takové výhně, jejíž výplň byla blíže zkoumána, nebyly zjištěny takové obsahy kovů, aby to umožnilo její jednoznačné technologické zařazení. Pouze u mělkých větších objektů, často s vazbou na obvaly jam, by mohlo jít o pracoviště, kde byla ruda po vytrídění pražena.

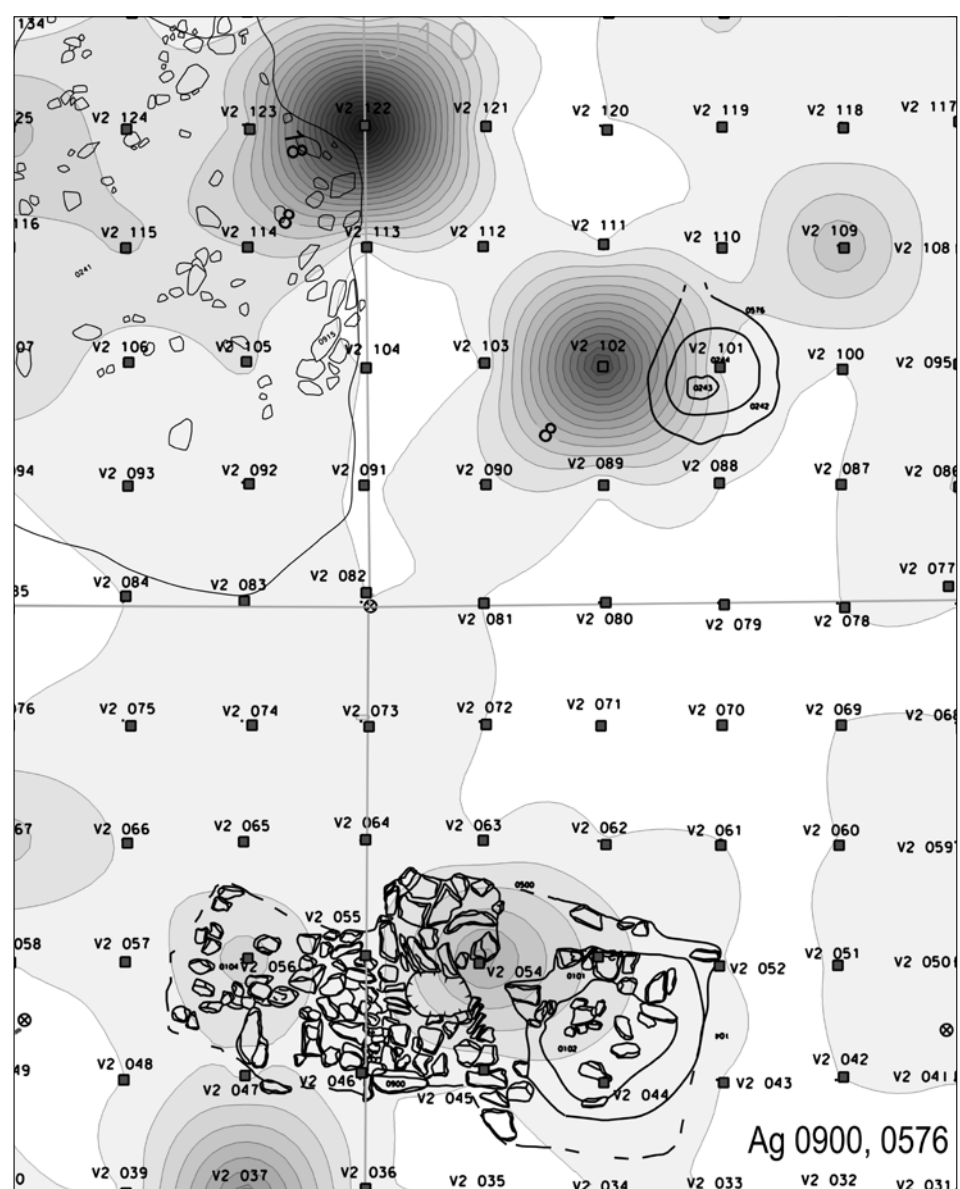
Paliva: Významné koncentrace uhlíků se nacházely v lokálních kumulacích i se struskami v pracovním prostoru okolo pecí. Uhlíky v topeništích byly analyzovány pouze na Cvilínku. Analyzovány zde byly dále uhlíky uzavřené ve struskách pracovních metalurgických areálů. Druhé spektrum uhlíků ve struskách se liší od uhlíků z pecí. Strusky obsahovaly výhradně uhlíky buku a břízy s malou příměsí dalších druhů. Jde o selekci vysoce výhřevných dřevin. U uhlíků z pecí či z pracovního prostoru v jejich okolí je vyrovnaný podíl jehličnanů (jedle, smrk, jedle/smrk) a listnatých dřevin (buk, bříza, olše, topol/vrba). Některé z pyrometalurgických úkonů (pražení, vyhřívání pecí?) nevyžadovaly selektovaný druh paliva jako hutnické tavby.



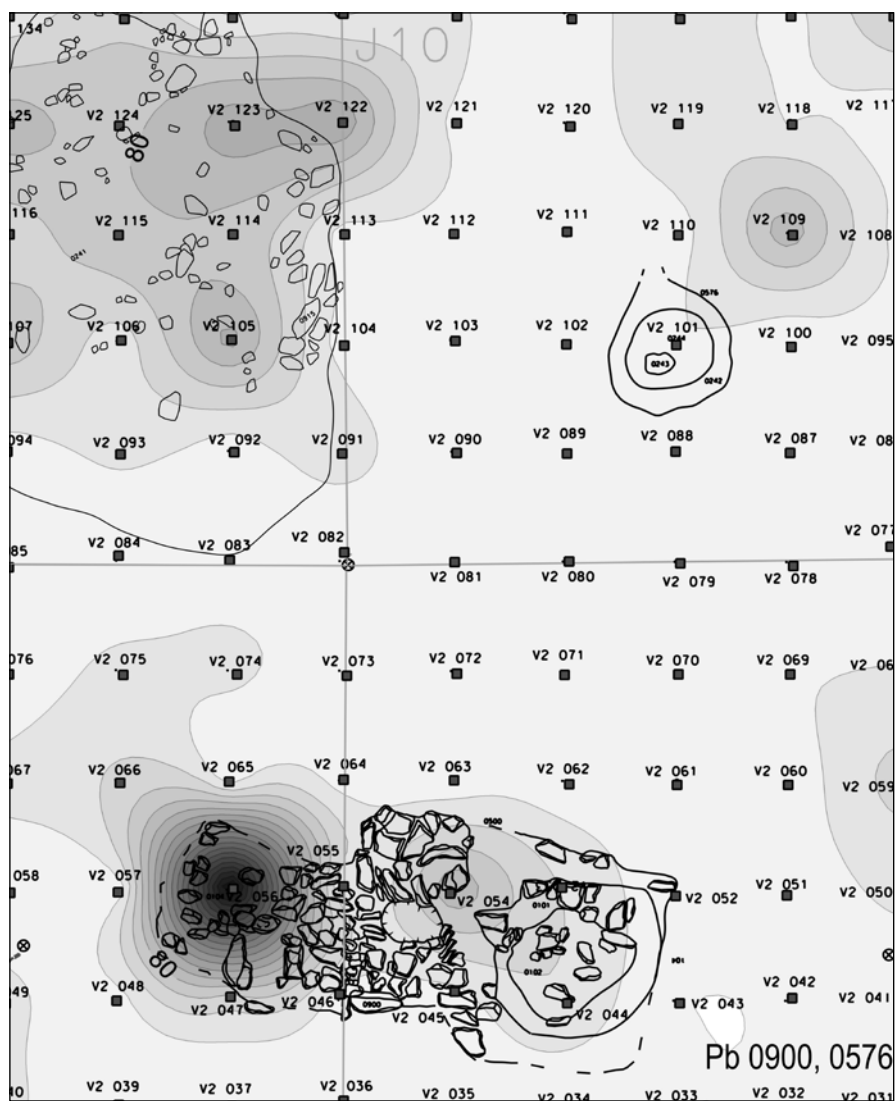
Obr. 10: Černov-Cvilínek. Pozůstatky pecí a výhní



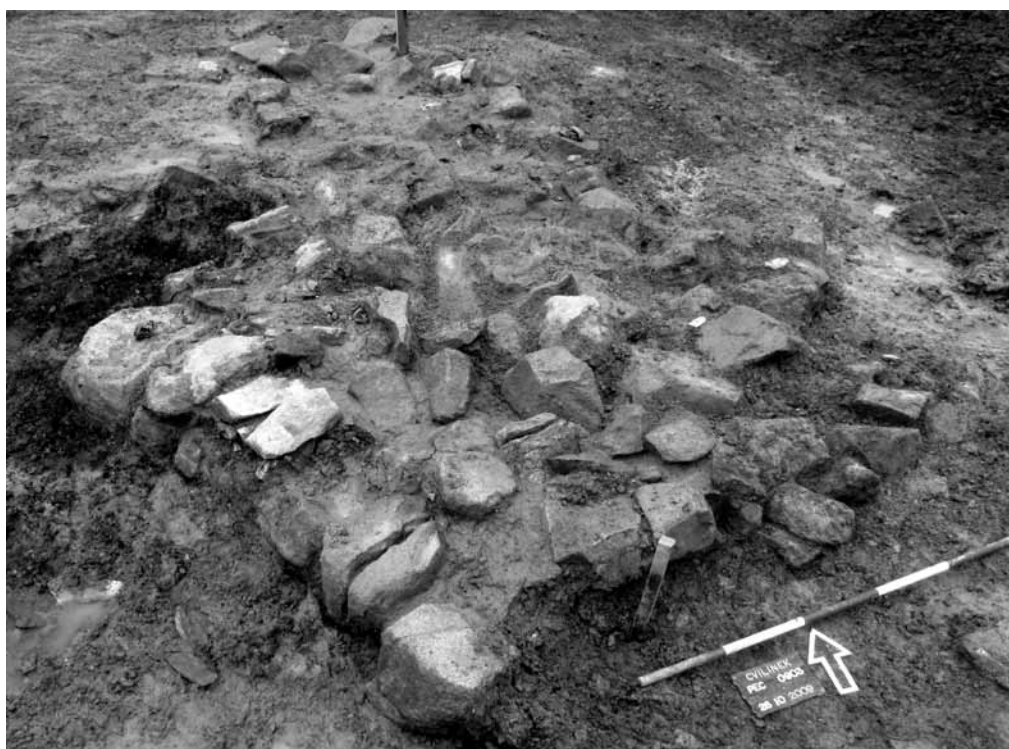
Obr. 11: Černov-Cvilínek. Pec 0900. Foto ARCHAIA Brno



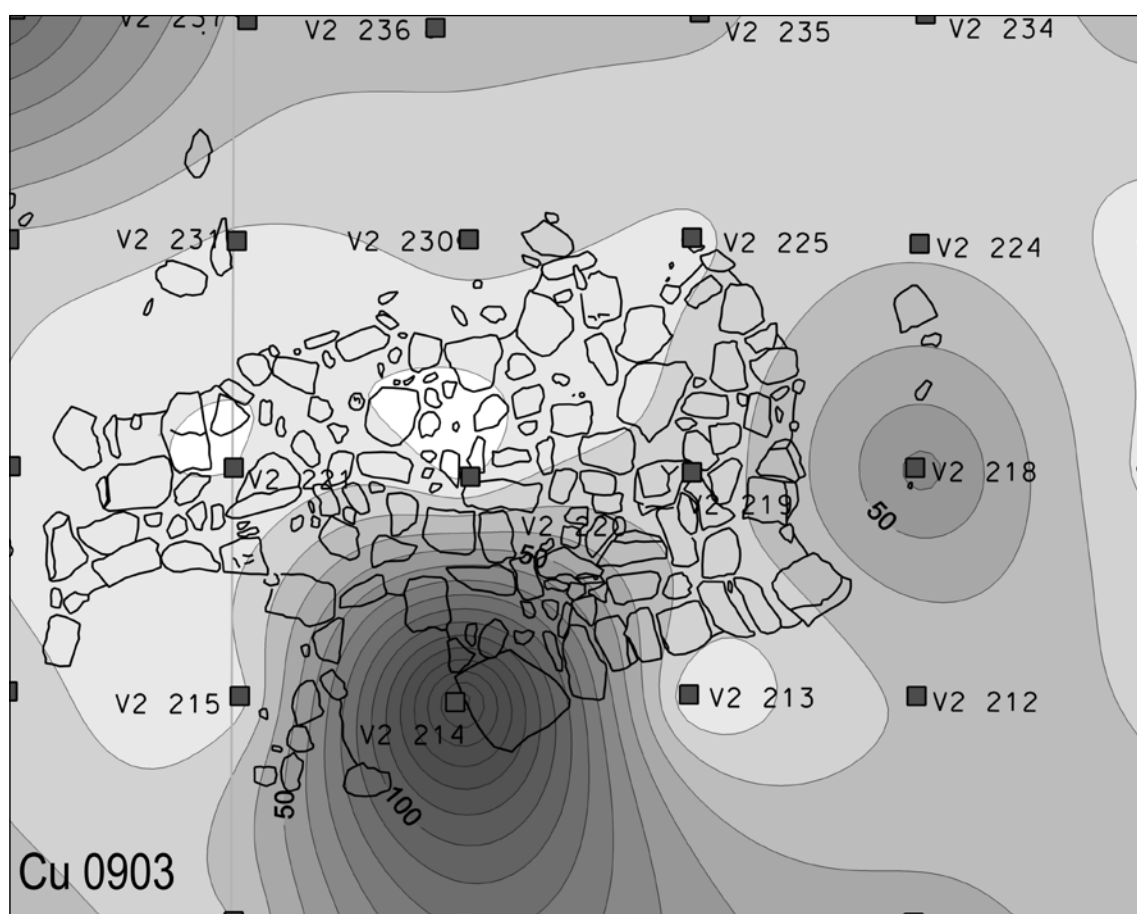
Obr. 12: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0900 s metalogramem Ag v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



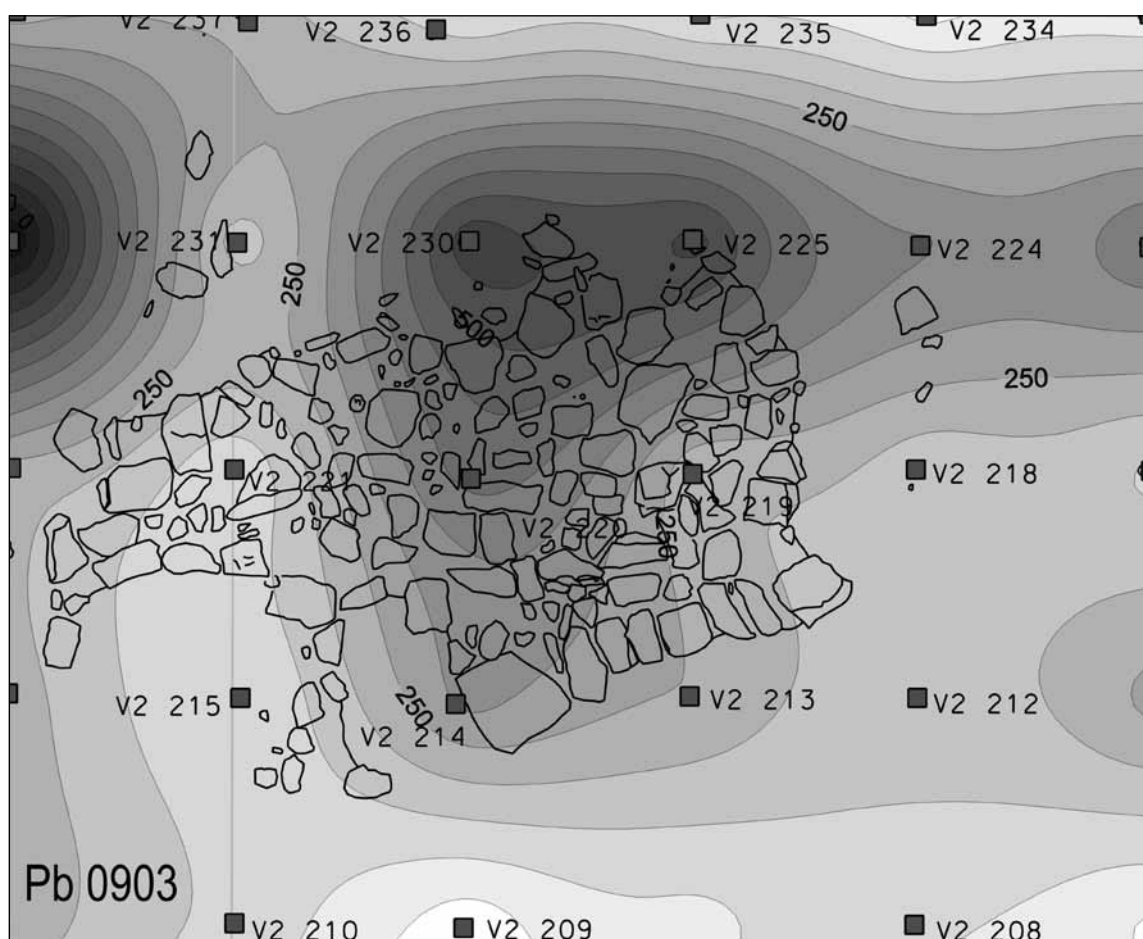
Obr. 13: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0900 s metalogramem Pb v pracovním okolí (síť 1×1 m).
Foto ARCHAIA Brno



Obr. 14: Černov-Cvilínek.
Pec 0903. Foto ARCHAIA Brno



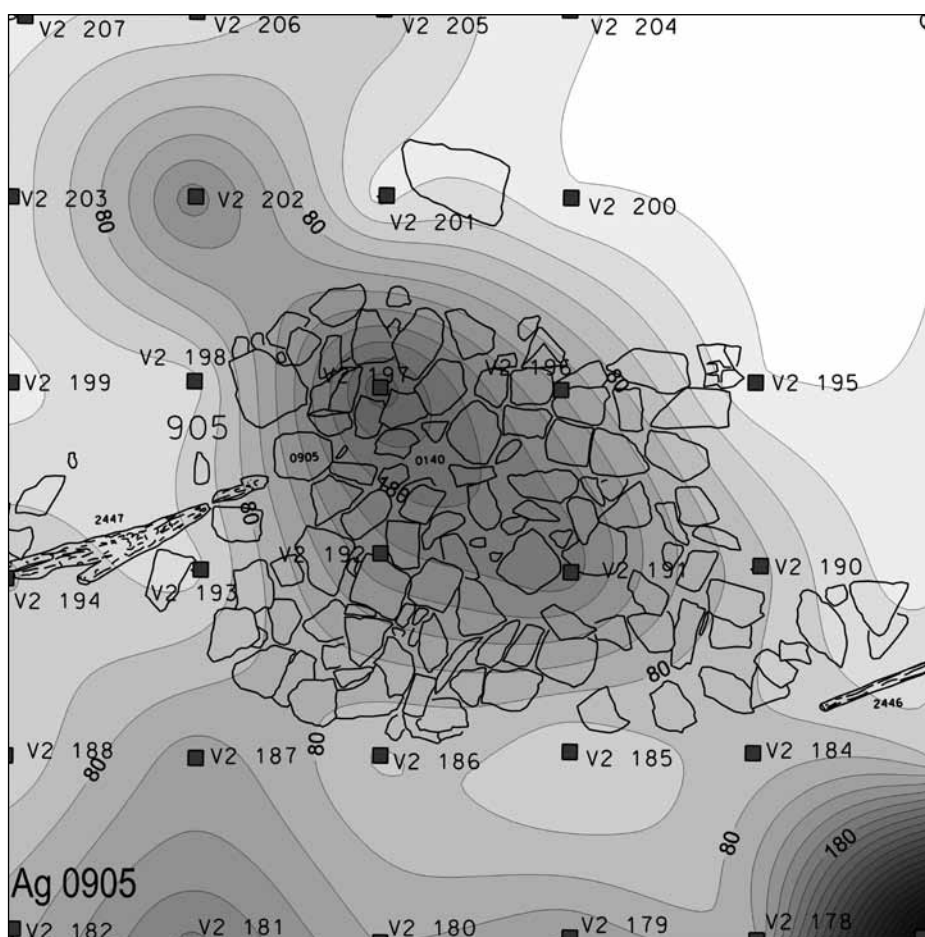
Obr. 15: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0903 s metalogramem Cu v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



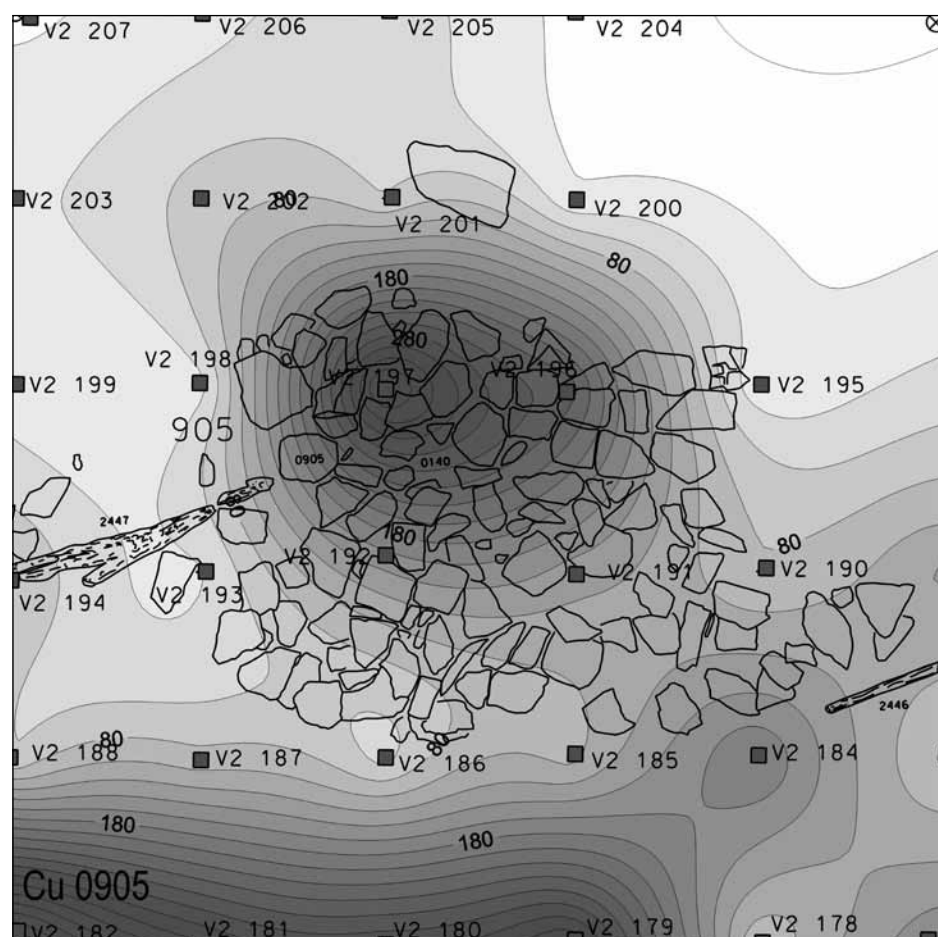
Obr. 16: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0903 s metalogramem Pb v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



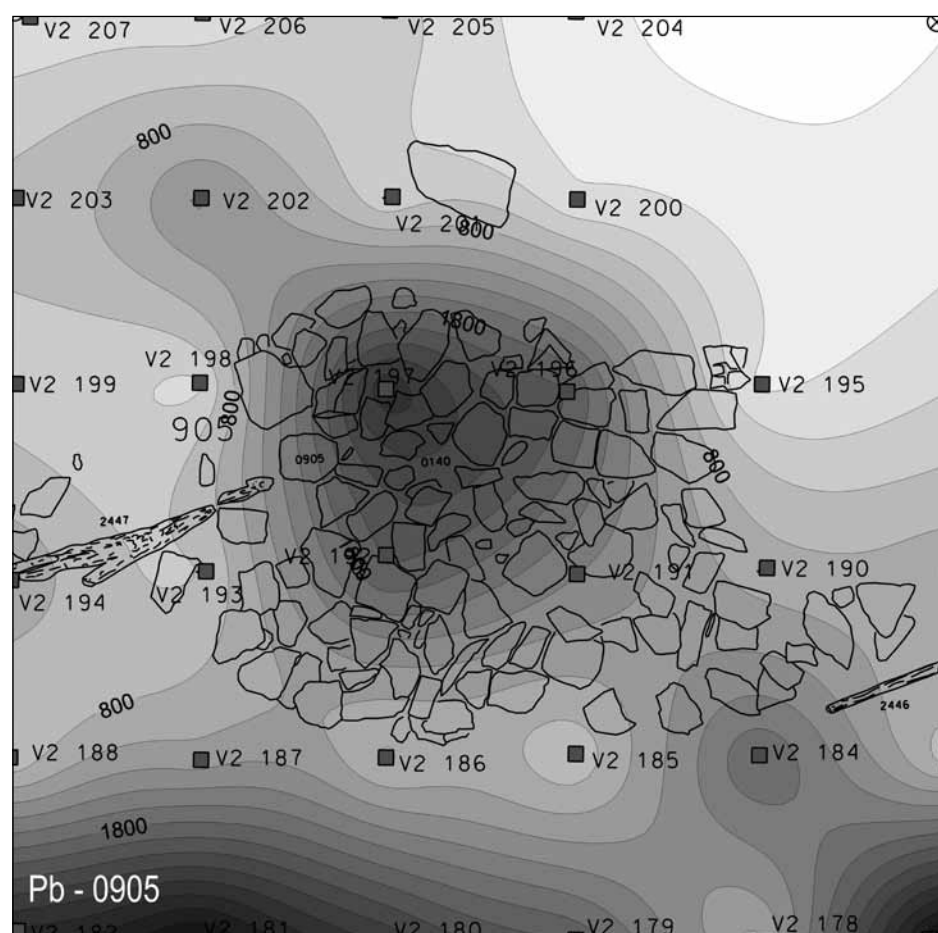
Obr. 17: Černov-Cvilínek. Pec 0905. Foto ARCHAIA Brno



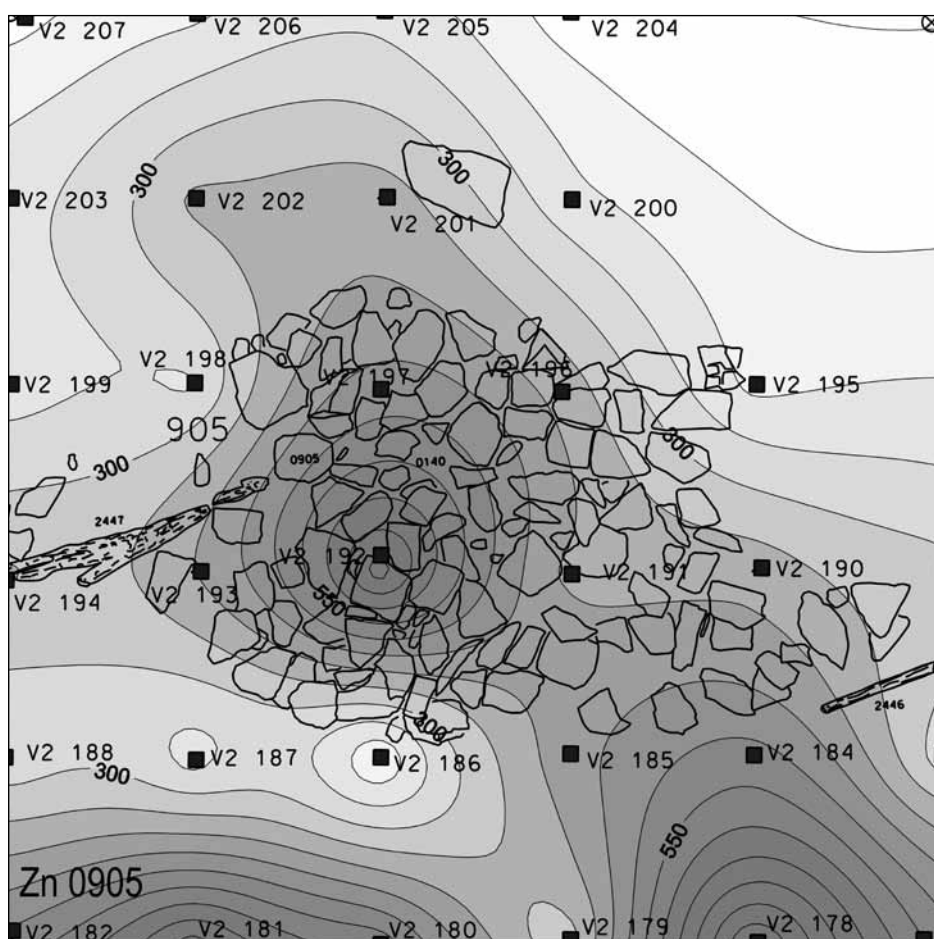
Obr. 18: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0905 s metalogramem Ag v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



Obr. 19: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0905 s metalogramem Cu v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



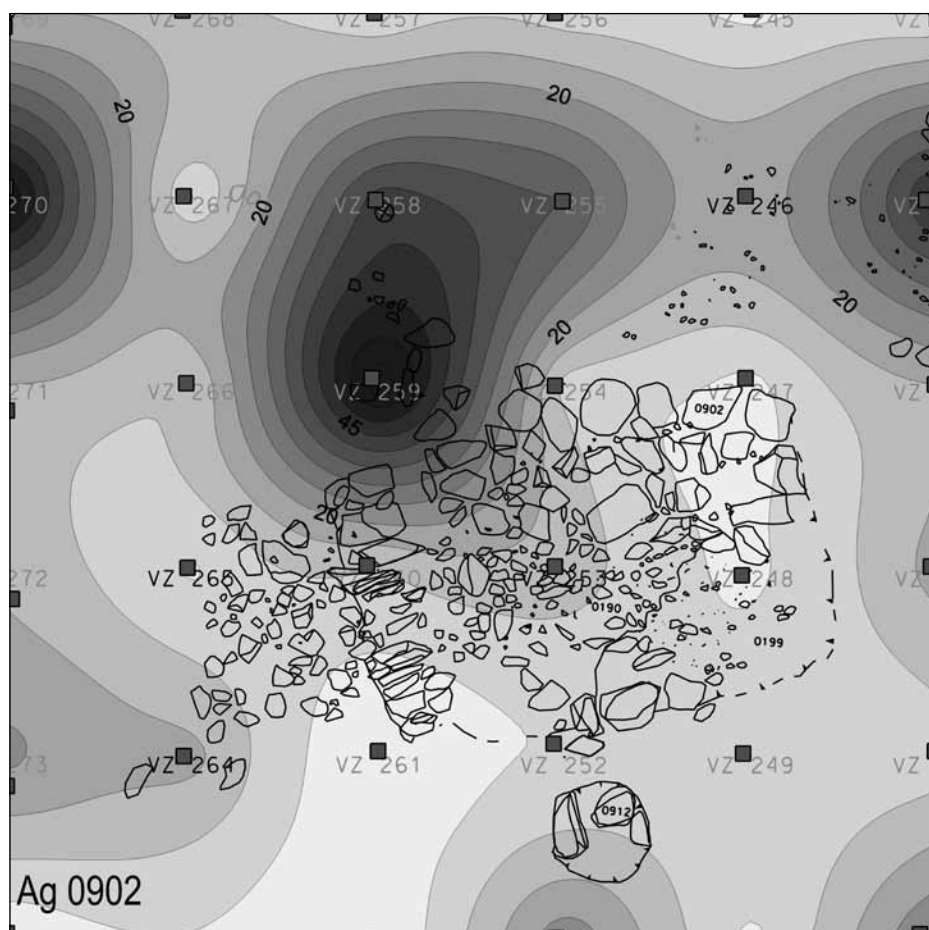
Obr. 20: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0905 s metalogramem Pb v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



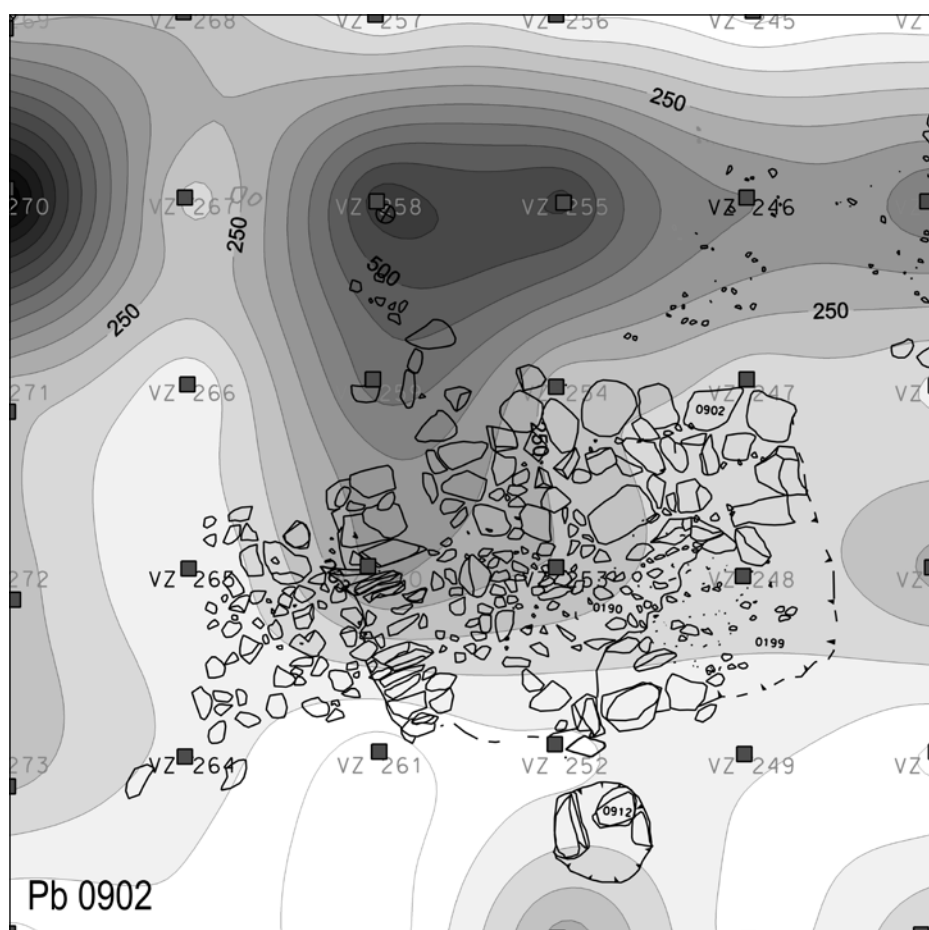
Obr. 21: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0905 s metalogramem Zn v pracovním okolí (síť 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



Obr. 22: Černov-Cvilínek.
Pec 0902. Foto ARCHAIA Brno



Obr. 23: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0902 s metalogramem Ag v pracovním okolí (sít' 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



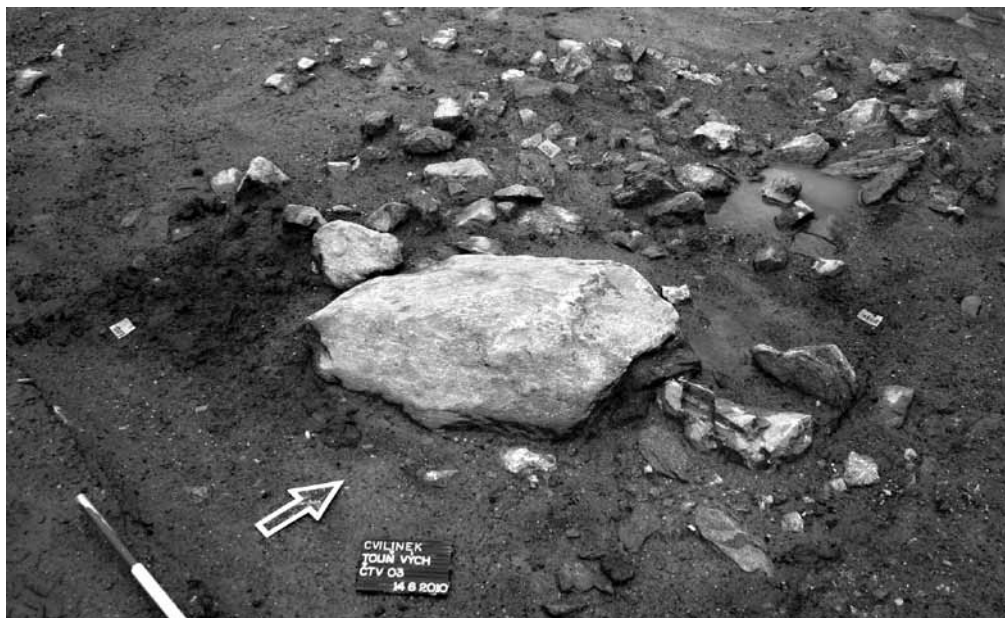
Obr. 24: Černov-Cvilínek. Pozůstatek pece 0902 s metalogramem Pb v pracovním okolí (sít' 1×1 m). Foto ARCHAIA Brno



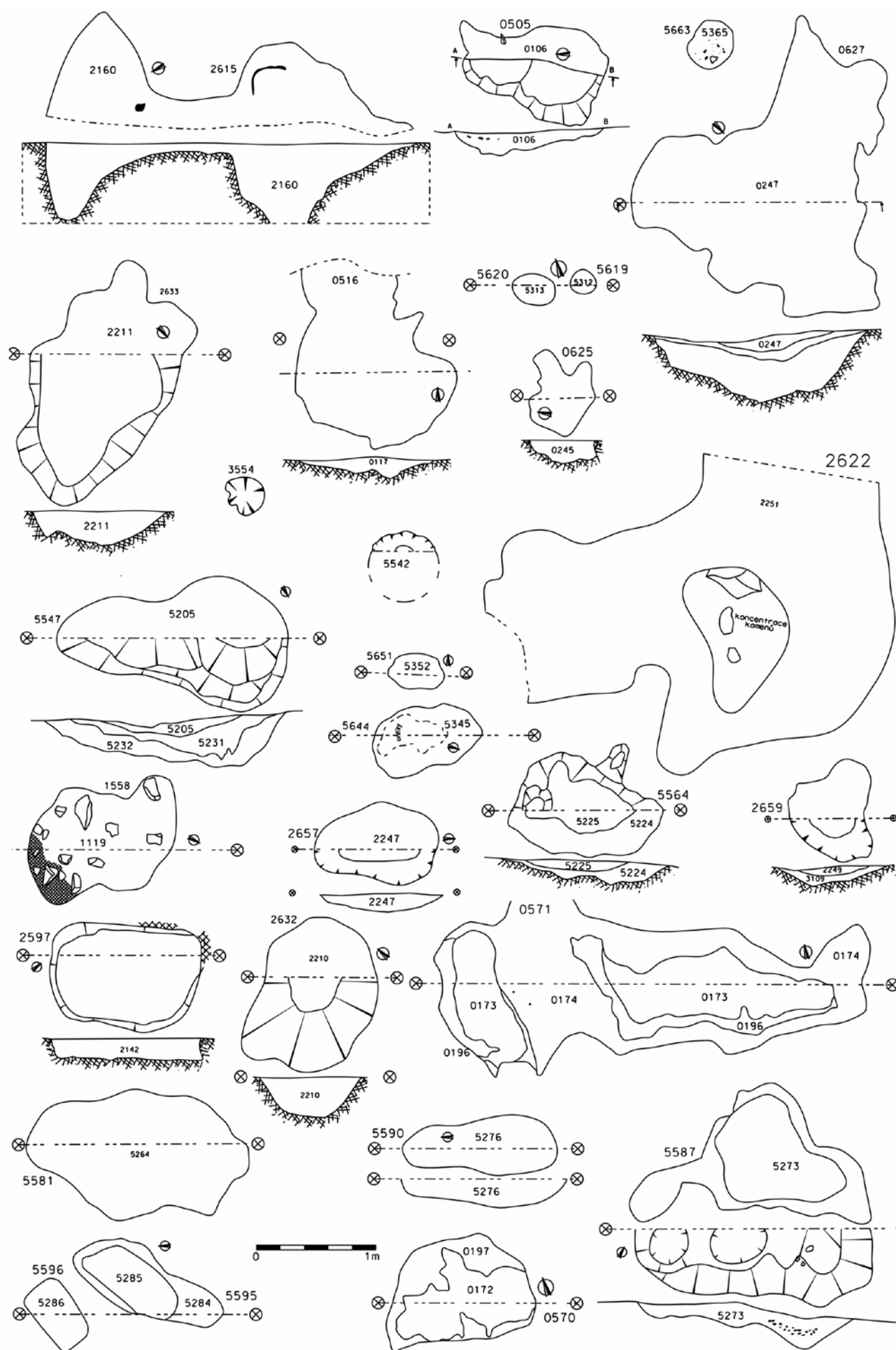
Obr. 25: Černov-Cvilínek.
Pozůstatek pece 0914. Foto ARCHAIA Brno



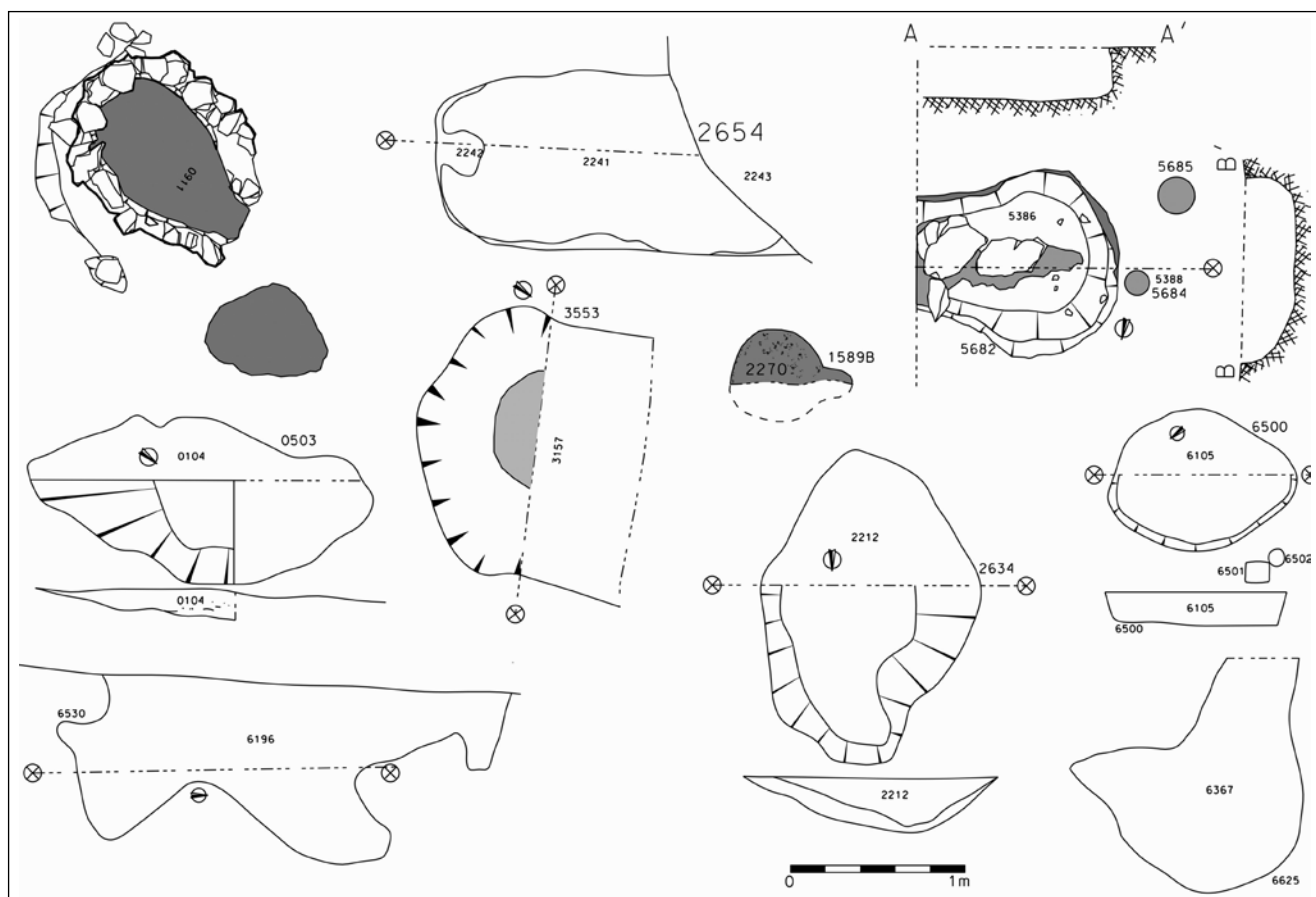
Obr. 26: Černov-Cvilínek.
Pozůstatek pece 0916. Foto ARCHAIA Brno



Obr. 27: Černov-Cvilínek.
Pozůstatek pece 1900.
Foto ARCHAIA Brno



Obr. 28: Jihlava-Staré Hory I a III (2002, 2004–2006). Výběr půdorysných situací pozůstatků ohnišť, pecí a výhni



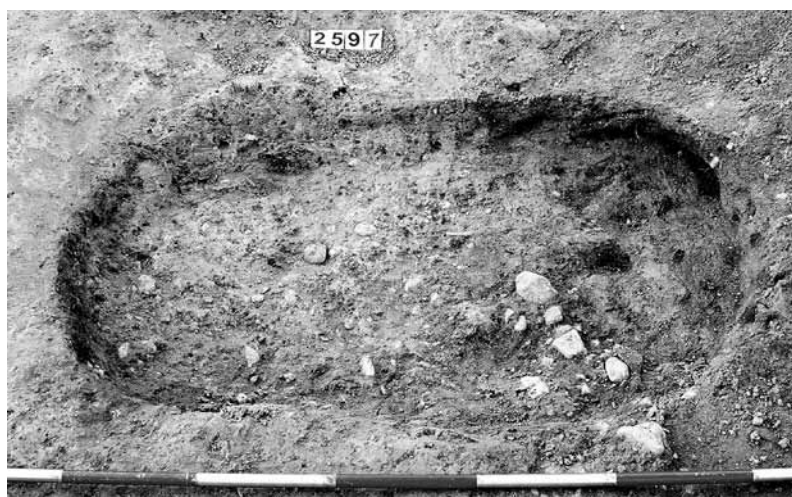
Obr. 29: Jihlava-Staré Hory I a III (2002, 2004–2006). Výběr půdorysných situací pozůstatků ohnišť, pecí a výhni



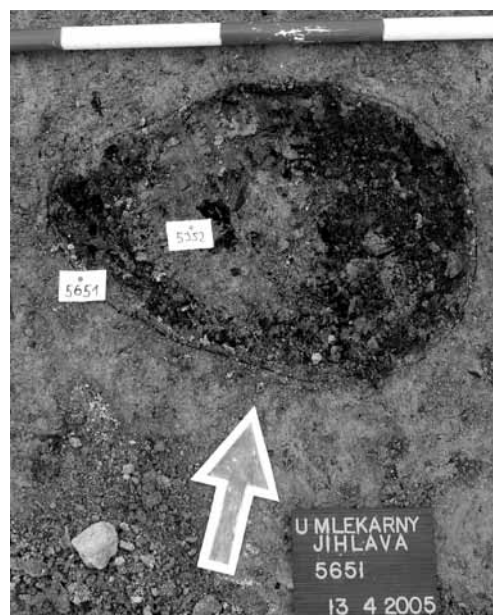
Obr. 30: Jihlava-Staré Hory III (2006). Pozůstatek pece 5682
Foto ARCHAIA Brno



Obr. 31: Jihlava-Staré Hory III (2006). Pozůstatek pece 0913.
Foto ARCHAIA Brno



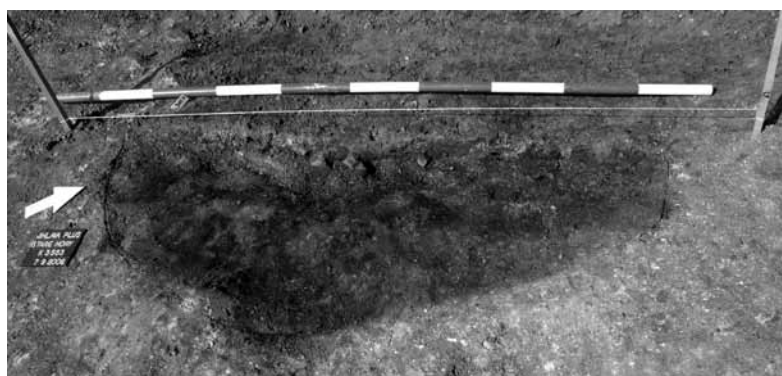
Obr. 32: Jihlava-Staré Hory I (2002). Pozůstatek pece 2597. Foto ARCHAIA Brno



Obr. 33: Jihlava-Staré Hory III (2006). Pozůstatek pece 5651. Foto ARCHAIA Brno



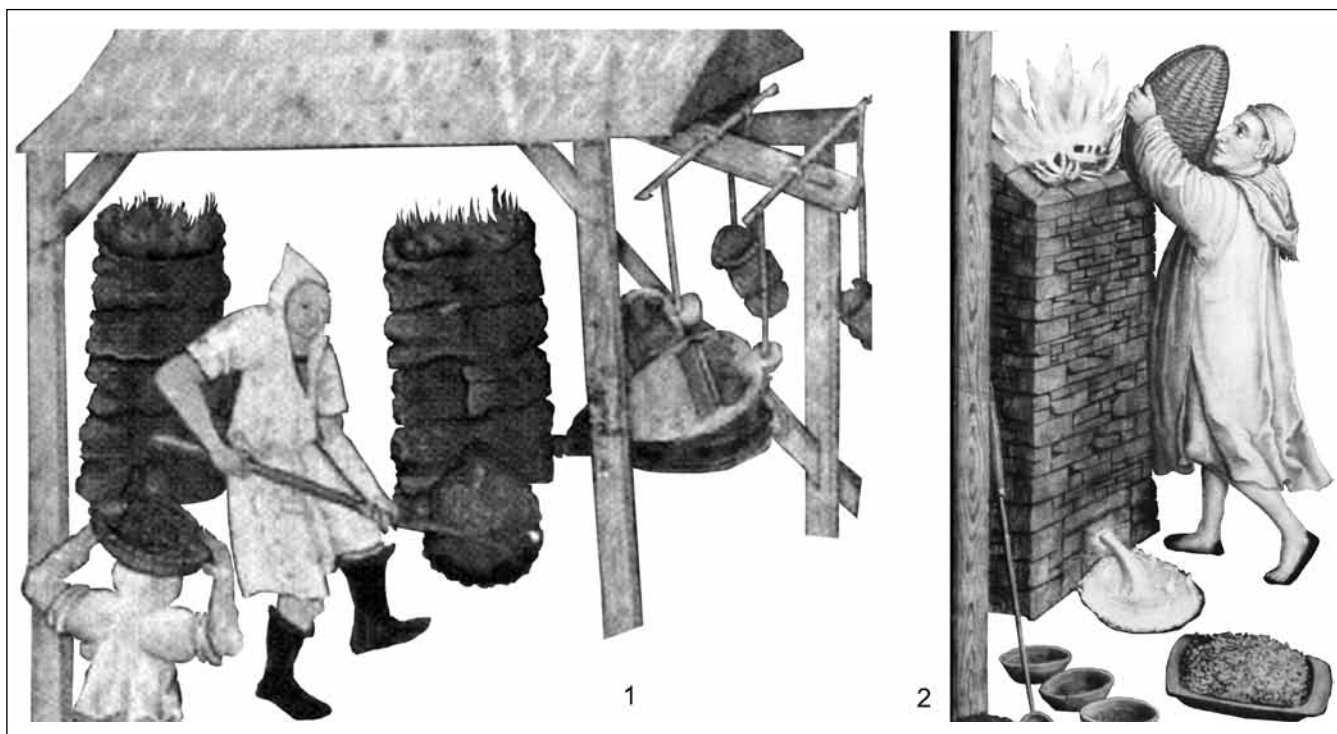
Obr. 34: Jihlava-Staré Hory I (2002). Pozůstatek pece 1589. Foto ARCHAIA Brno



Obr. 35: Jihlava-Staré Hory III (2006). Pozůstatek pece 3553. Foto ARCHAIA Brno



Obr. 36: Jihlava-Staré Hory I (2002). Pozůstatek pece 2673. Foto ARCHAIA Brno



Obr. 37: 1: hut's šachtovými pecemi, výřez z knižní iluminace z konce 15. století (pravděpodobně mistr Matouš); 2: šachtová pec s hutníky při práci. Annaberský oltář (1521)

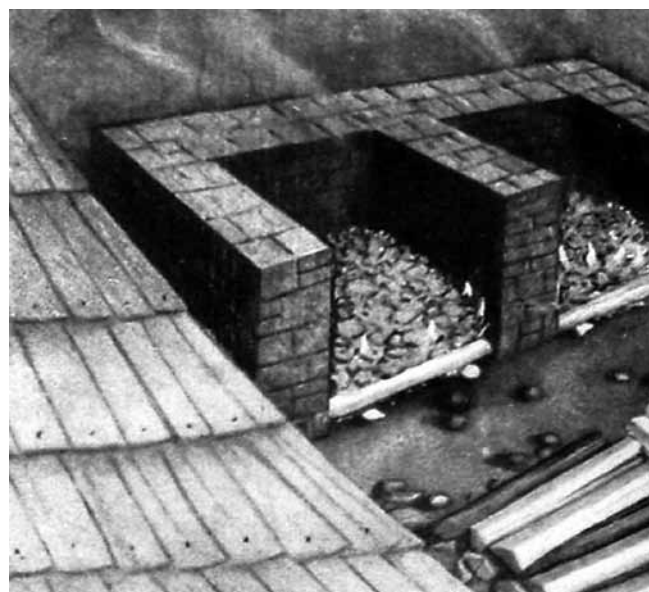
STRUSKY A STRUSKOVISTĚ

Cvilínek: Výzkumem v roce 2009 byly nalezeny strusky jako jednotlivosti. Až výzkumem tůní (2010) bylo odkryto několik struskovišť s různými typy strusek (obr. 39–40, tab. 4 a 5), které jsou indikátorem hutnických i kovářských provozů. Množství strusek lze odhadnout na tisíce a hmotnost na stovky kilogramů. Hutnické strusky jsou na lomu tmavší, místy se skelným leskem, běžně s lasturnatým lomem, porozita je nižší, uzavřeniny uhlíků výjimečné. Tvar je nistějovitý, nepravidelný i plochý. Velikost je proměnlivá od několika cm až po kusy 15 cm velké. Zvláštní skupinu tvoří strusky, jejichž velikost je jen do 2 cm a jsou nacházeny v akumulacích (obr. 4 a 39:3, 4). Chemickým složením, tvarem i velikostí se lišily strusky drobné frakce (druhotně rozemleté) a z deponií (kapkovité, tyčkovité a ploché), vzniklé nejspíš odlišným postupem, přičemž pravděpodobně je, že mohlo jít o první tavbu (obr. 39). Obsahují nejvíce Zn (ze sfaleritu, Zn přechází při tavbě většinou do silikátů), Ag (soustřeďuje se většinou v sulfidech) a nejméně Pb (bylo přidáváno až v dalších tavních).

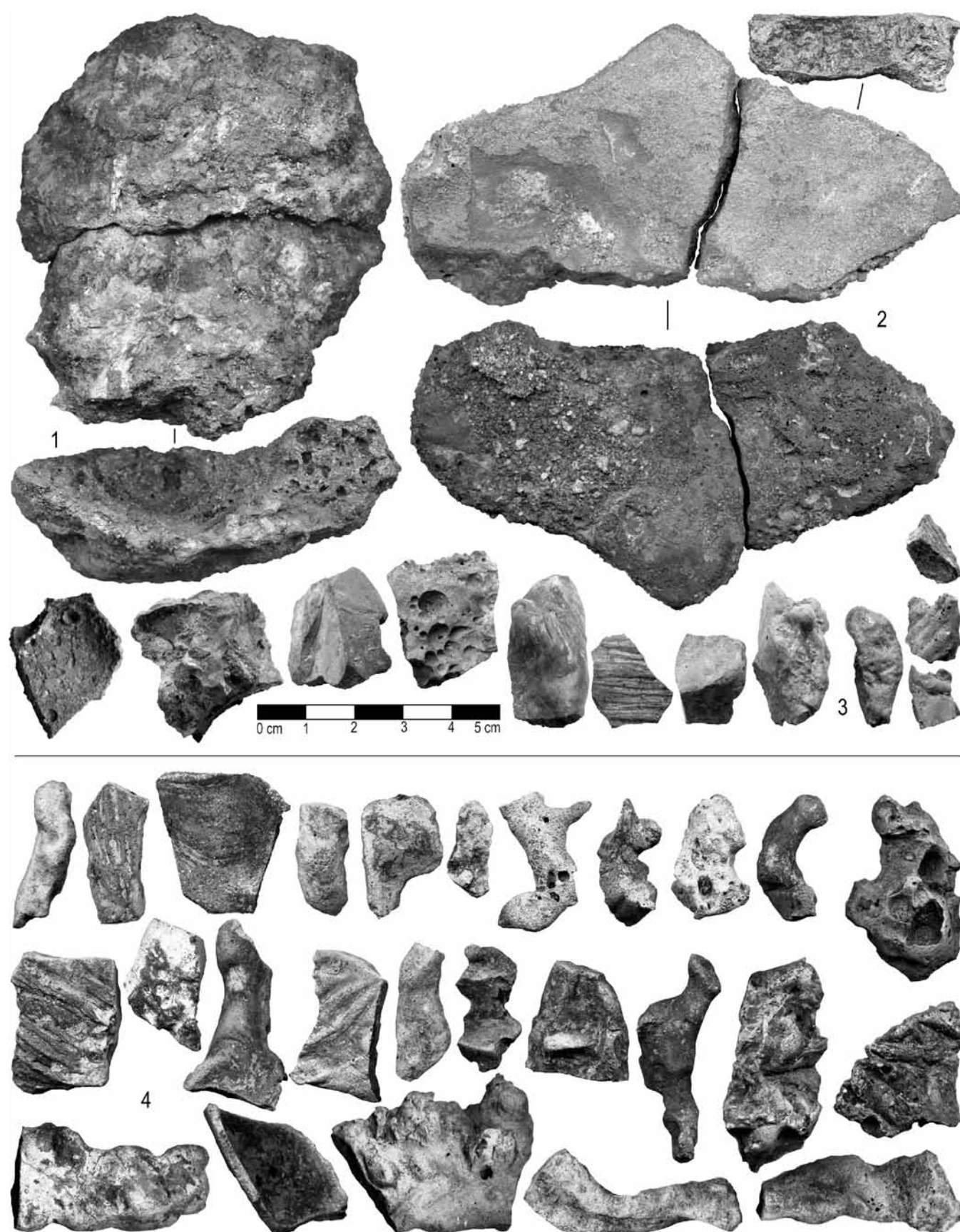
Výrazná kumulace hutnické strusky se nacházela v tůni západ na ploše okolo 4–6 m². Jednalo se o strusky vyšší hustoty a malé porozity, čedičovitěho lomu a štěpu, tmavších odstínů. Na povrchu byly většinou stopy tečení v roztaveném stavu. Velikosti se pohybovaly od zlomků délky 1–5 cm po větší kusy délek 10–15/18 cm. Odhadovaný počet jsou stovky až tisíce kusů. Struskoviště vyplňovalo příkop (náhon?) vedený souběžně s potokem. Významná kumulace strusek (1166) na ploše cca 1,5 m² se nacházela na východním břehu nedaleko potoka. Barva byla tmavá až šedo béžová struska velikostí ca 2–4,5 cm vyšší hustoty a malé porozity, sklovitého lomu a štěpu. Na povrchu byly stopy tečení v roztaveném stavu. Ačkoliv se charakterem neliší od klasických hutnických strusek velkých rozměrů, jsou výrazně menší. Jde o kapkovité a tyčkovité nebo tenké ploché kousky, vzniklé odkápnutím jako by v malém množství. V některých struskách byl pozorován výskyt zapečeného uhlí a mletý křemen. Strusky byly také v objektu obdélného tvaru s plochým dnem v jihozápadní části plochy. Šlo o uložení z jemně mleté brekcie s vyšším podílem Fe.

Staré Hory: Vyjma fragmentů nalezených po prošlíchování byly

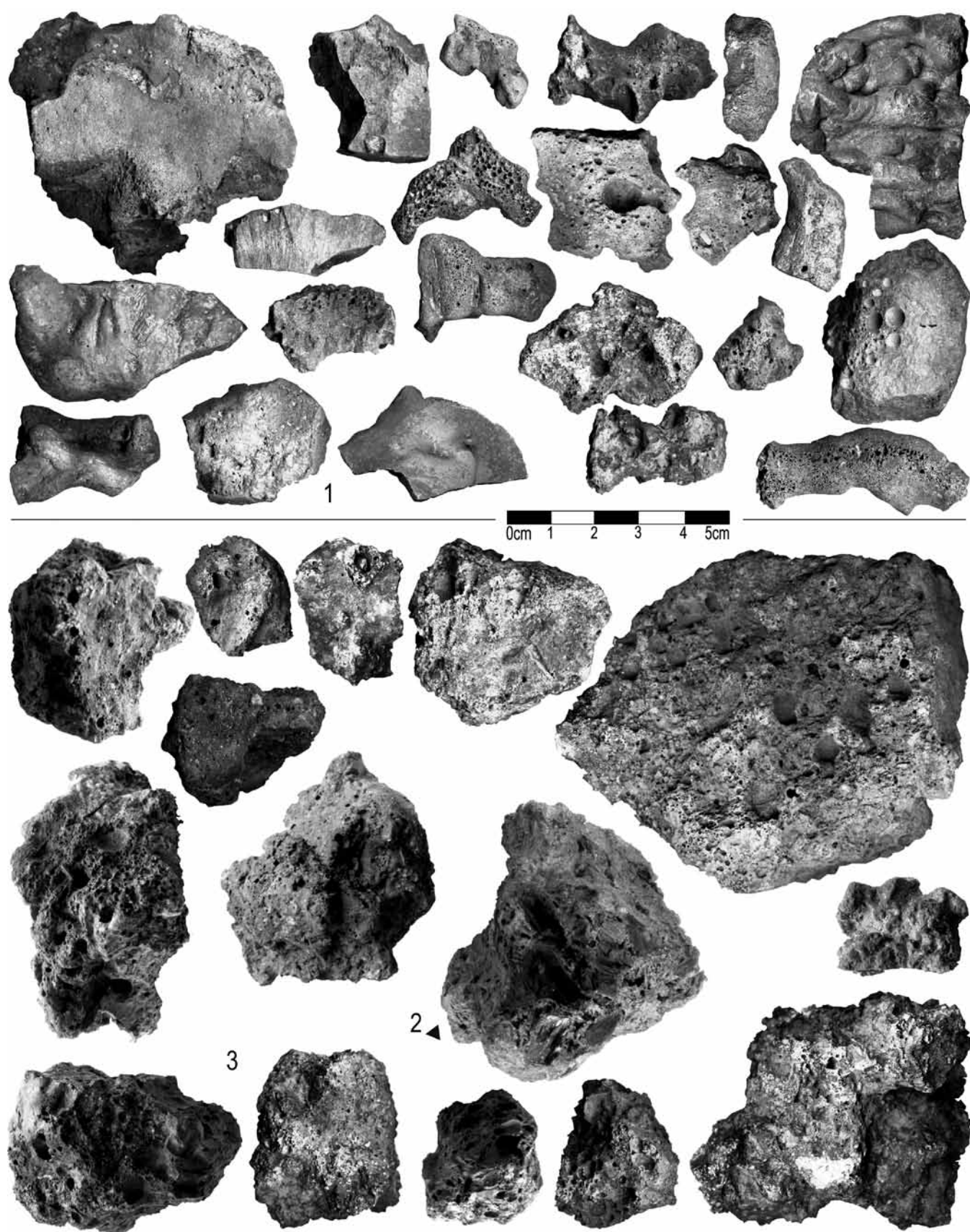
strusky nalezeny buď v druhotných pozicích (ve výplních zahloubených staveb), nebo v objektech bez bližšího určení (obr. 41). Strusky z lokality Staré Hory III pravděpodobně pocházejí z některé fáze hutnění stříbra. Mají zvýšené obsahy Ag a obvyklé As, extrémně vysoké obsahy Pb, Cu, Zn, Sb; časté jsou extrémně vysoké obsahy Ba (baryt je nerostem rudních žil). V některých vzorcích jsou vysoké obsahy Pb (až 8 hmot. %), což není obvyklé, neboť olovo samo bylo produkovanou komoditou. Zbytkové obsahy Ag jsou nízké. Strusky tvoří výrazně malý soubor. Nízké obsahy Ba v některých vzorcích by mohly ukazovat původ z jiných žil než starohorských, kde je baryt častý.



Obr. 38: Pražení rudy v tzv. štádle. Výřez z vyobrazení Annaberského oltáře (1521)



Obr. 39: Černov-Cvilínek. Výběr různých typů strusek. 1: prádlo, vrstva 0245; 2: objekt 0585 s vazbou na stavbu 0598 (čtv. HR D1); 3: namleté strusky z obj 0510 (vrstva 0153); 4: kumulace strusek z vrstvy 1166 (tůň východ, N2). Foto a úprava Petr Hrubý.



Obr. 40: Černov-Cvilínek. Výběr různých typů strusek. 1: hutnické strusky z kumulace 1168 (tůň východ, čtv. N3); 2: struska s uhlíky (obj. 0583, vrst. 0271); 3: strusky z kumulace 1160 (Tůň východ, čtv. N1).

RUDNÍ (HUTNÍ) OLOVO A DALŠÍ STOPY MAINIPULACE S KOVY

Klejt: Ojedinelým nálezem je plochý výlitek klejtu nalezený v zánikových výplních příkopu na lokalitě Cvilíněk. Rozměry klejtu jsou 34×43 mm, tloušťka je maximálně 6 mm (obr. 42:16). Obsah kovů v klejtu naznačuje jeho vznik nejpravděpodobněji při zolovňování a následné oxidaci taveniny Pb bohaté stříbrem metodou shánění (tab. 7). Zbytkové obsahy Ag jsou zanedbatelné (12 ppm). Jestliže tedy klejt (PbO) vzniká záměrnou oxidací stříbrem bohatého rudního olova jeho odháněním, kdy produktem v tavicím kelímku či misce je tzv. hertovní stříbro, pak jeho přítomnost na hornicko-hutnických lokalitách by tak měla být indikátorem produkce stříbra. Na druhé straně mohl být klejt vedle dalšího využití v tavbách používán jako jedna z pomůcek prubíře. Na střepe, na jehož povrchu byl nanesen klejt, se přepalováním zbavovalo stříbro nežádoucích příměsí způsobujících malou kujnost (Vitouš 1974, 69). Nálezy klejtu nejsou na našem území z metalurgických lokalit známy, nejbližší analogií je hutnický areál Johanneser Kurhaus v Harzu s nálezy plochých výltek klejtu z kontextu 13. století (Alper 2003, 313–317).

Úkapky olova: Indikátorem hutnické či prubířské praxe byly úkapky olova (obr. 42:1–13, 17, 18; obr. 43, tab. 7). Nejvíce jich bylo nalezeno na Cvilínku. Jednalo se o mnohotvaré slitky délky 88–15 mm, šířky 42–10 mm, tloušťky 14–5 mm a hmotností 78–3 g. Analyzovány byly 3 exempláře (srov. tab. 7). Úkapky z Cvilínku vykazují odlišné obsahy kovů než nálezy z jihlavských Starých Hor, přičemž ale chemismus je podobný (Malý nepublikovaná data). Obsahy stříbra v nich jsou 1–23 ppm, tj. lze hovořit o záměrně odstříbřeném olovu. Pouze v jednom případě byl na Starých Horách nalezen úkapek, kde byl obsah stříbra 0,23 %. I zde může jít o nechtěný únik při shánění, ale i o doklad zkoušené olovené rudy, kdy obsah stříbra v úkapku může odpovídat obsahu stříbra ve zkoušené rudě. Větší množství úkapků pochází z hornické lokality Havírna u Štěpánova nad Svatkou ze 13.–14. století (J. Doležel, ústní sdělení). Nalezeny byly také na zpracovatelské lokalitě Stříbrník u Plánicky na Horažďovicku (Červený 2007, 119).

Olovená závažíčka: Byla nalezena na Cvilínku a na Starých Horách (obr. 44, tab. 6). Metrologický rozbor (L. Macháňová) nálezů ze Cvilínku naznačuje, že jde o závaží uncová (1 unce = 1/8 hřivny). Nejtěžší závaží (29,161 g) odpovídá unci kolínského systému (Wachowski 2010, 206, 208; Hunka – Paleček – Ušiak, 379). Menší závaží (25,3801 g) na hornických lokalitách analogii nemá. Nejlehčí závaží (22,5651 g) by mohlo odpovídat 1/8 hřivny o váze cca 180 g. Závaží 1 a 2 jsou vyrobeny z odstříbřeného olova. Výjimku představuje závaží se středovým otvorem, které má zvýšené obsahy Cu, Zn i Ag.

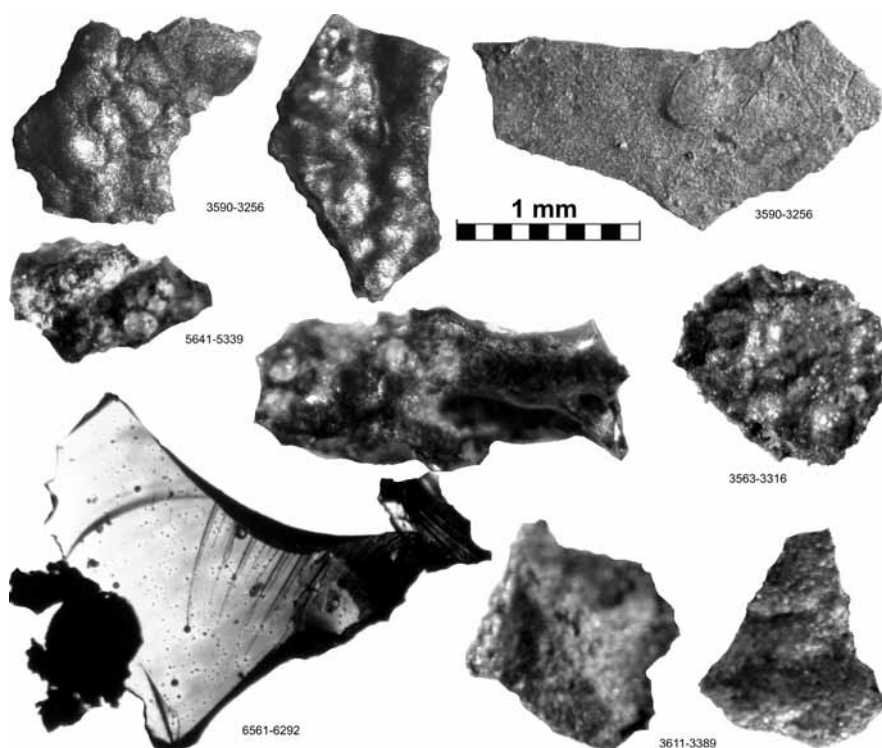
Také na Starých Horách byla nalezena tři olovená závažíčka (obr. 44: A–C). Závaží B s hmotností 17,502 g odpovídá vídeňskému lotu. Diskovité závaží C se s hmotností 17,923 g standardu blíží. Největší ze závaží má hmotnost 67,296 g. Závaží byla nalezena např. v hornické lokalitě Stříbrník na Horažďovicku či u Claustal-Zellerfeld v Harzu (Alper 2003, 311; Červený 2007, 119, obr. 12). Stejná pocházejí v počtu více než 10 kusů z hornického centra 13.–14. století Havírna u Štěpánova nad Svatkou (J. Doležel, ústní sdělení). Spíše než s obchodem souvisí s přítomností prubíře. U závaží jsme odkázáni na nejstarší prameny z poloviny 16. století, kterými je hlavně kniha o prubířství Lazara Erckera, pramen téměř o 300 let mladší. Vedle dělení a počítání vah, ale i faktu, že závaží se v raném novověku vyráběla odléváním ze stříbra nebo mosazi a nikoliv z olova, Ercker popisuje jejich úpravu a kalibraci po odlití. V 16. století je kompletní sada závaží tvořena 13 kusy. Ercker udává hmotnost na loty, tj. polovinu unce (Vitouš 1974, 75–81). V Sedmé knize pak Agricola popisuje praxi, při níž byly prubířské tyglíky

i kupelační misky (kapelky) pro závěrečnou fázi oddělování Ag od Pb často vyráběny právě o obsahu jedné unce. Uncová závaží větší hmotnosti se používala i pro největší vážky na odvažování rud, kovů a přísadků při průbě (Ježek – Hummel 1976, 198, 229). Závaží uncová se na Starých Horách neobjevila. Může jít o regionální odlišnost nebo orientaci na jiná centra.

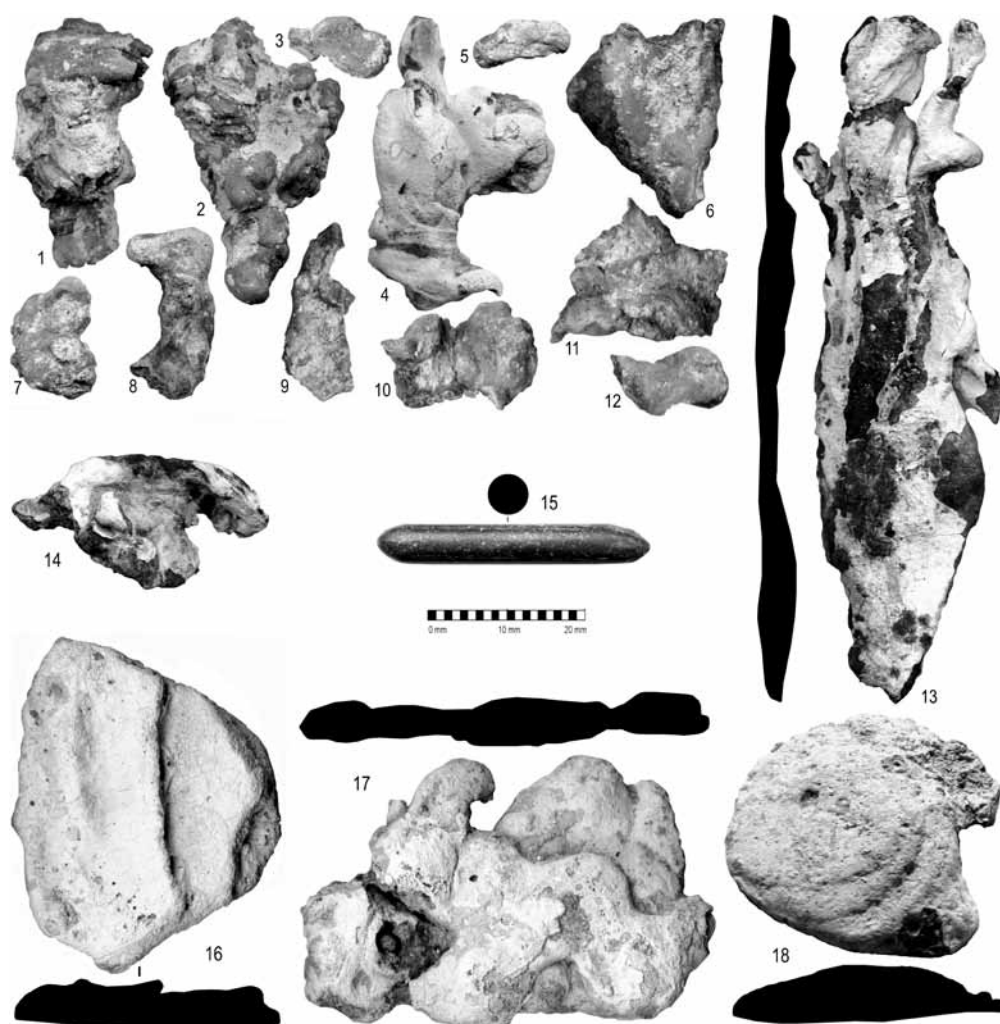
Technická keramika: Tato skupina představuje menšinovou složku nálezů. V jednom případě lze na Starých Horách hovořit o větším kelímku s trojbokým ústím a s vysokým podílem jemného grafitu (obr. 45:3). Nepřímým dokladem nenalezeného tavicího kelímku je olovený obsah z lokality Staré Hory III (obr. 43:1). Významnou skupinu představuje soubor zlomků keramiky s taveninou na povrchu, nalezený v zánikové výplni stavby na lokalitě Staré Hory III (obr. 45:1–2). Jednalo se o homogenní soubor osmi zlomků, jejichž hmota byla druhotně tepelně postižena žářem, povrch byl hrubší, s vyublanými či vyžíhanými póry. Na vnějších, ale zejména na vnitřních stranách střepe se dochovala místy sklovitá kovová tavenina. Většinou jsou „nálepy“ bez lesku, silně porézní a pouze u některých vzorků lze místy pozorovat sklovitý vzhled. Nálepy jsou na plochách okolo 4×3 cm a s tloušťkou do 2 mm. U jednoho fragmentu byly zjištěny tři stříbřitě kovově lesklé kuličky. Stříbro v nich bylo potvrzeno kvalitativní mikrochemickou zkouškou s dichromanem draselným; kvantitativně nebyl vzorek analyzován (obr. 46, tab. 8). Nálepy vznikly za zvýšené teploty a mají charakter „struskových“ povlaků. Povlaky mají vysoké obsahy Pb a Cu; zvýšené jsou také Ag, Zn, As.

Prubířský kámen: Mezi prubířské pomůcky je možno zařadit válcovitou tyčinkou z grafitického kvarcitu s matně leskle hlazeným povrchem a obroušenými tupě zahrocenými konci (obr. 42:15). Délka je 35 mm a průměr 5 mm. Nalezena byla v příkopu ohrazení na Cvilínku. Na předmětu bylo zjištěno několik desítek otěrů barevných a drahých kovů. Jejich kvantitativní chemické složení nebylo možné stanovit a chemické složení bylo ovlivněno i oxidačními postdepozicičními procesy. Na základě kvalitativního posouzení lze stopy rozdělit do skupin 1) agregáty Cu-Zn slitin s poměrem kovů v rozmezí 5/2–2/1, v některých případech zjištěno i malé množství Ni, dále 2) stopy po slitinách složených z Sn a Pb, kdy poměr těchto kovů kolísá, vždy převažuje Sn nad Pb. Následně 3) agregáty tvořené čistým Pb nebo Pb s malým obsahem As na hranici detekce, 4) ve dvou případech stopy Ag a 5) v jednom případě zjištěna stopa po slitině Au-Ag v poměru zhruba 2/1 (obr. 47). Tyčinku lze označit za prubířský kámen, s jehož pomocí se otěrem a srovnáváním s otěrem referenční škály tzv. stíracích jehel, přibližně stanovovala ryze zkoušeného kovu (Vitouš 1974, 53–54). Lze předpokládat, že předmět sloužil na různých místech a při ověřování slitin různých typu, které nebyly primárně zpracovávány na Cvilínku, poněvadž ve zdejších rudách se Au, Sn a téměř ani Cu nenachází.

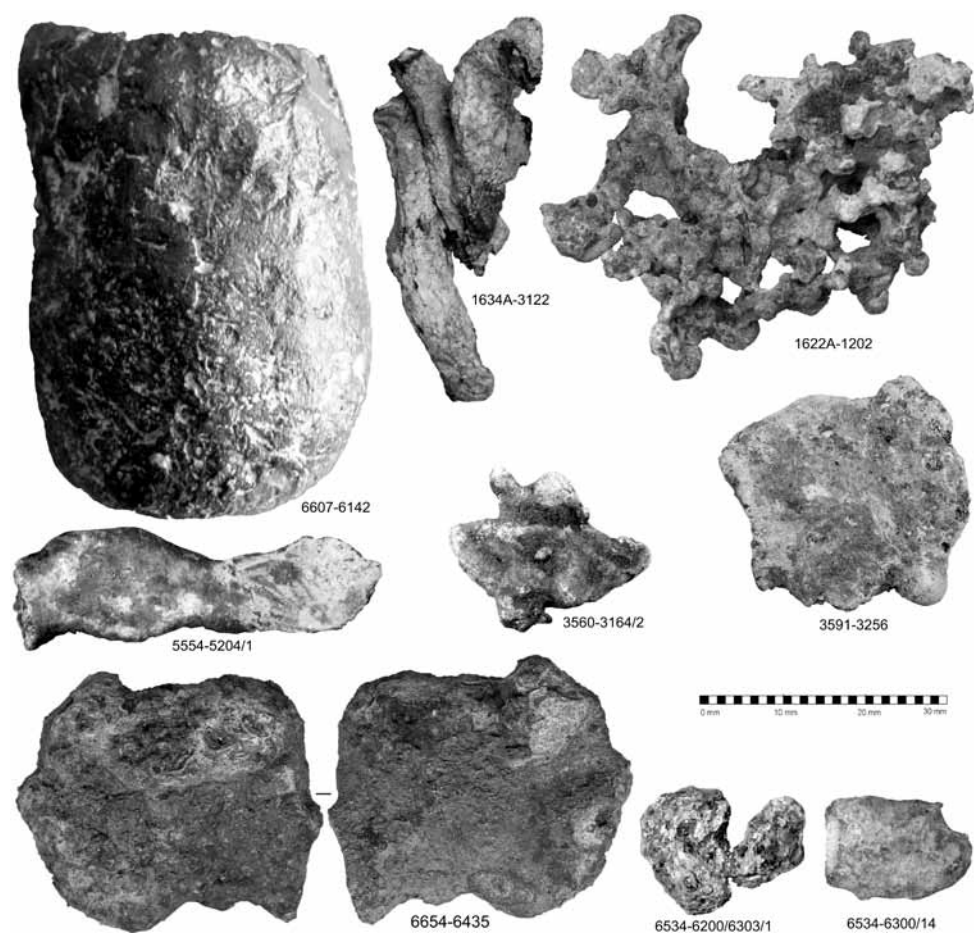
Slitek ryzího stříbra na Starých Horách: Jedná se o plochý slitek stříbra nepravidelného podélného tvaru. Jeho povrch je z jedné strany rovný, pokrytý nepravidelnými vráskami, což lze považovat za otisk dřevěné, kamenné nebo hliněné podložky (obr. 49, tab. 9). Povrch druhé strany nepravidelný, nerovný, pokrytý četnými drobnými prohlubněmi. Barva na povrchu je šedočerná s náběhem do tmavě fialova. Dvě strany okraje slitku nesou stopy podélného a příčného dělení sekáním. Hmotnost slitku před analýzou činila 36,025 g. Délka je 56,4 mm, šířka 18,1 mm, maximální výška 8,8 mm a výška 4,4 mm. Metalografický rozbor prokázal s vysokou pravděpodobností jeho lokální původ z místních rud. Předmět má vysokou ryze (97,84 % Ag) a slitina je homogenní. Podle povrchových stop je zřejmé, že stříbro bylo odlito volně na rovnou podložku. Výsledný tvar vznikl dělením původního většího kusu.



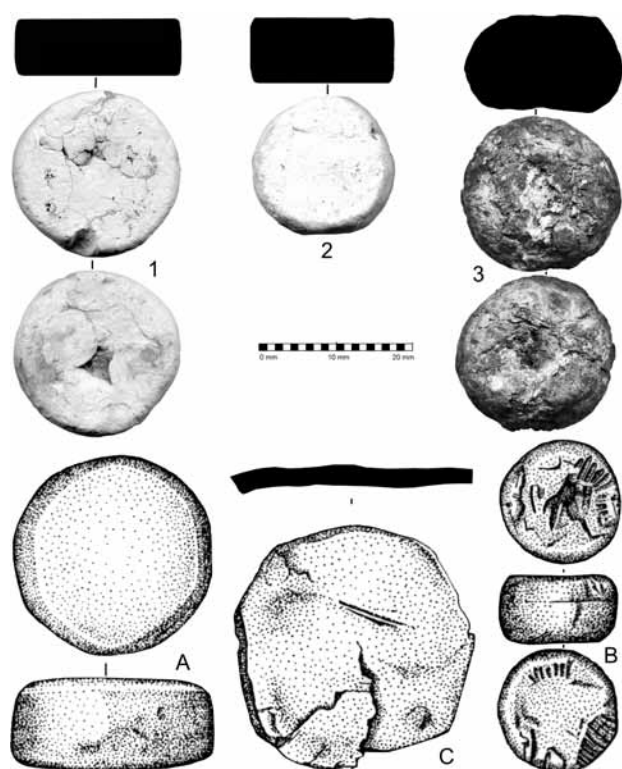
Obr. 41: Jihlava-Staré Hory III (výzkumy 2004-5, 2006). Ukázky šlichem separovaných hutnických strusek (6561-6292), obsažených v rozemleté a propané rudnině (6561-6292) a tzv. kovářských okují, resp. aerosolových feromagnetických spečků z dýmu předpokládaných kovářských výhní. Foto: K. Malý



Obr. 42: Černov-Cvilínek. Doklady metalurgie a prubířství. 1-14, 19: Úkapky olova; 20: klejt; 16-18: olověná závažíčka; 15: prubířský kámen. Foto a úprava Petr Hrubý



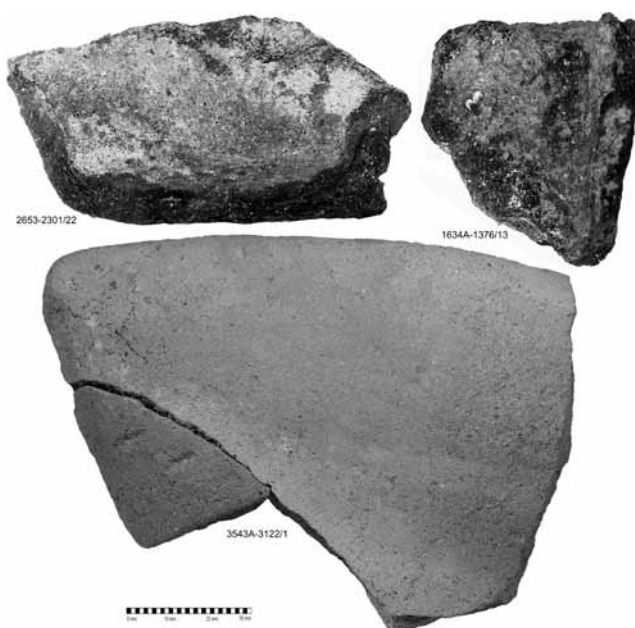
Obr. 43: Jihlava-Staré Hory I a III (výzkumy 2002, 2004-5 a 2006). Ukázky dokladů zpracování olovnatých a stříbrných rud. Amorfní, nebo houbovitě slitky a úkapy olova jsou pravděpodobně odpadem po zolovňování ušlechtilých stříbrných rud, nebo odpadem po vyhutnění olovnatých rud



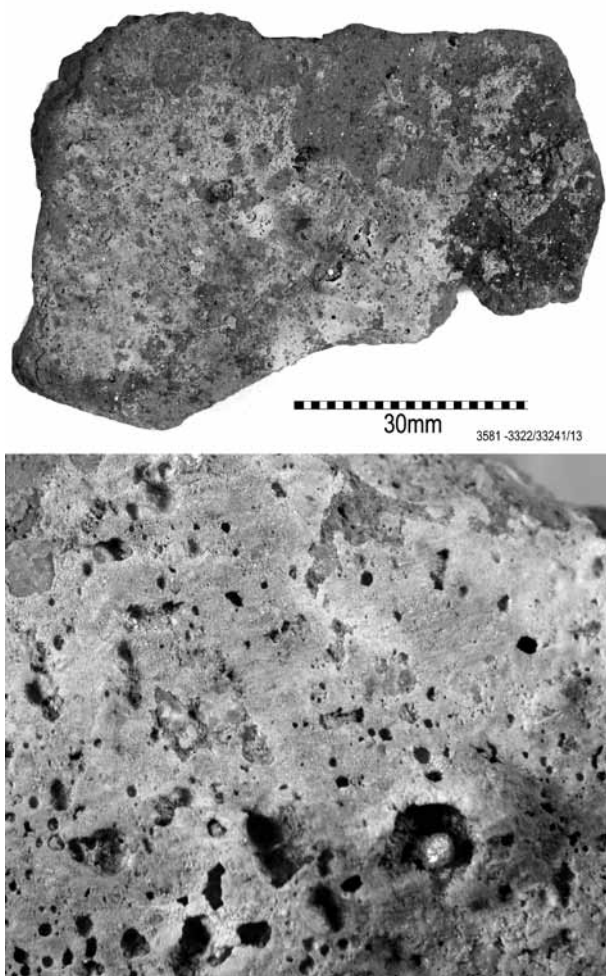
Obr. 44: Olověná závaží, pravděpodobně doklad průběhů.

1-3: Černov-Cvilínek, foto a úprava P. Hrubý.

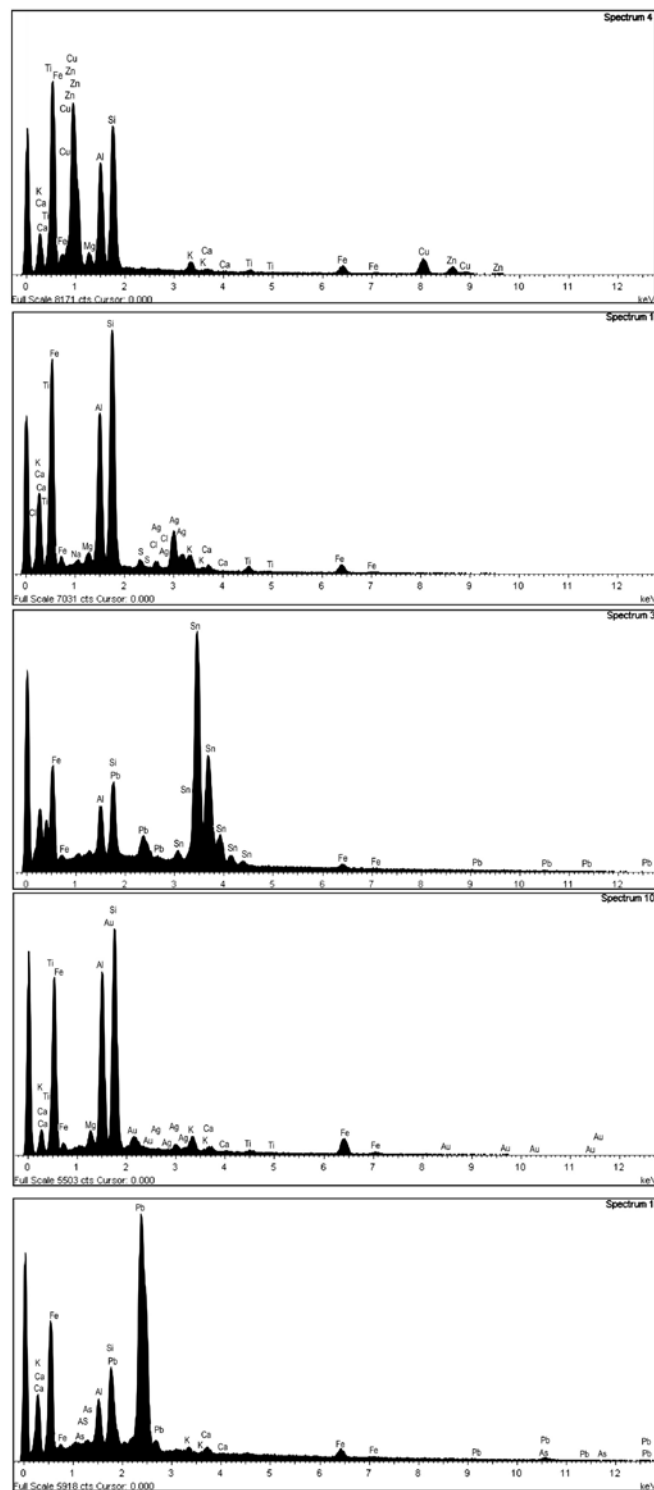
A-C: Jihlava - Staré Hory I a III. 1. Kresba: D. Káčová



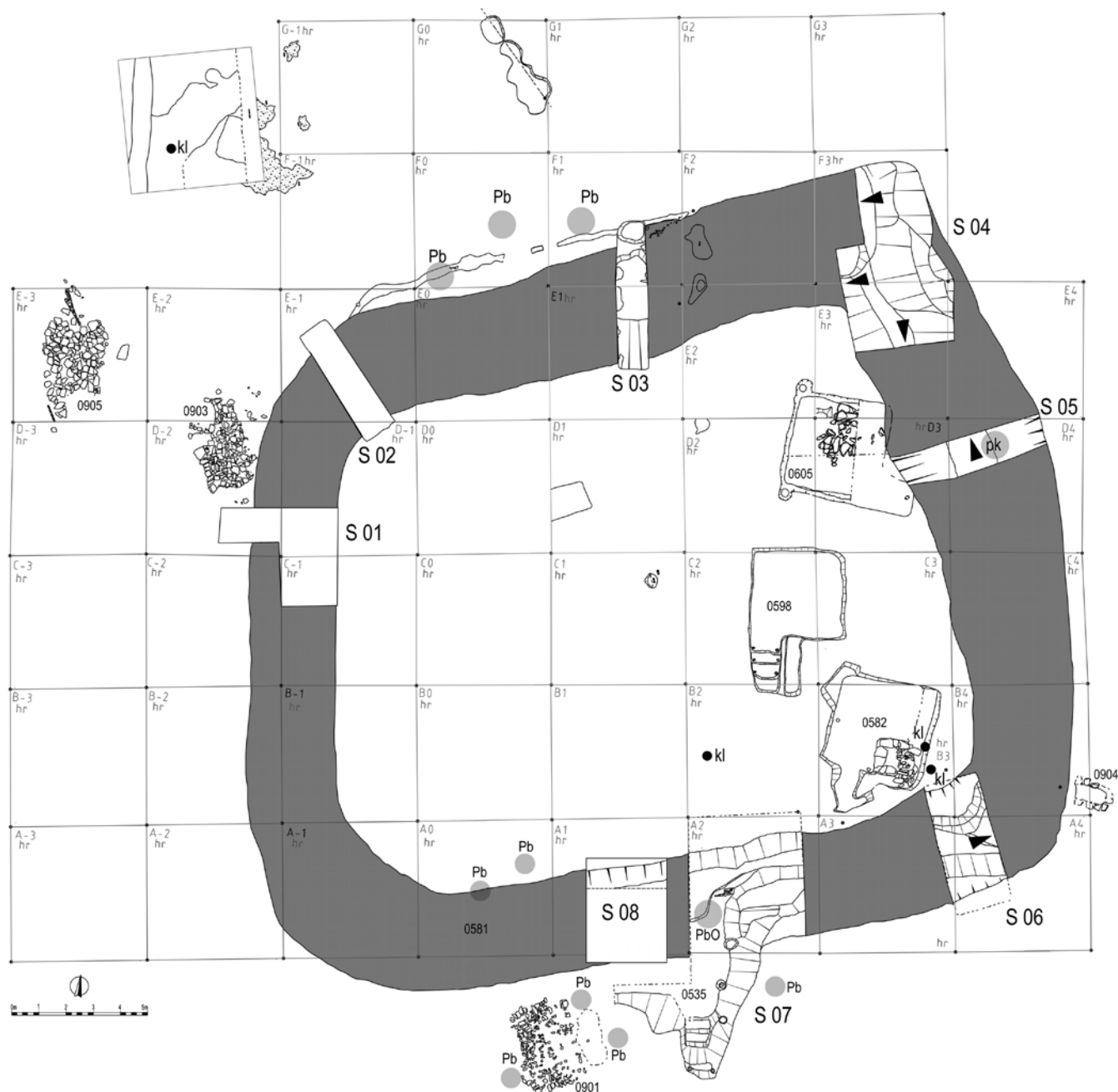
Obr. 45: Jihlava-Staré Hory I (výzkum 2002). Zlomky tavící keramiky (kelímek a střepy). Foto archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 46: Jihlava-Staré Hory III (výzkum 2006). Keramické střepy používané při některém z metalurgických procesů, pravděpodobně zkušební (prubířské) tavbě. Na povrchu mají sklovité spečieniny s obsahy barevných kovů včetně globulek stříbra (dole). Nalezeny byly ve výplni stavby 3581. Foto archiv ARCHAIA Brno.



Obr. 47: Černov- Cvilínek. EDX analýza povrchových stop po otěru barevných a drahých kovů na kvarcitové tyčince, považované za prubířský kámen.



Obr. 48: Černov-Cvilínek. Sídlištní areál se zahloubenými stavbami a s mladším příkopem na východním břehu dolní nádrže (2009).



Obr. 49: Jihlava-Staré Hory I (výzkum 2002). Stříbrný odlitek ze zásypu menší jámy 2672 v blízkosti zahloubených dřevohliněných staveb v severní části lokality. Foto archiv ARCHAIA Brno.

PRAVDĚPODOBNÁ METALURGICKÁ PRAXE PŘI PRODUKCI STŘÍBRA NA VYSOČINĚ

Otázka vodního pohonu: V souladu s vývojem v jiných montánních regionech Evropy lze konstatovat, že i na Českomoravské vrchovině se zpracovatelské provozy pravidelně nacházely u vodotečí využívaných přinejmenším při flotační úpravě rud a k pohonu rudních mlýnů (*Bartels – Fessner – Klappauf – Linke 2007*, 146–189; *Rous – Malý 2004*; *Malý – Vilímek – Vokáč – Zimola 2007*; *Schwabenicky 2009*, 87–90). Na Cvilínku bylo využívání vodoteče k praní rudniny a k výrobě rudných koncentrátů prokázáno. Na Starých Horách I bylo prádlo rovněž navázáno na menší vodoteč. Na Starých Horách III se přirozený zdroj vody do prádla nenachází a je pravděpodobné, že k tomu byla použita voda čerpaná ze šachet, které se nacházejí jen v několikametrové vzdálenosti. Ne zcela vyřešena zůstává otázka využívání vodotečí pro pohon dmychadel pecí. Pozůstatky pecí jsou na Cvilínku od vodního toku vzdáleny 12–49 m, přičemž výškový rozdíl od úrovně potoka může být zanedbatelný, ale může činit i několik metrů. Pokud tedy vyloučíme možnost, že by k nim nadzemními dřevěnými náhony, jejichž existenci těžko doložit, vedla voda pohánějící kola a odtud měchy, jedná se nejspíš o pece s ručním dmýcháním (např. obr. 37).

Pražení: Sulfidy a sulfosoli stříbra byly v raně novověké praxi praženy dvakrát, olovené rudy alespoň třikrát. Při prvním mírnějším pražení byla ruda zbavena síry i plynokapalných uzavřenin. Při druhém pražení unikaly těkavé sloučeniny nežádoucích příměsí (As, Zn, Sb, Hg), čímž se snížilo riziko vzniku tzv. míšní. Ztrátám při pražení se předcházelo oxidací síry v rudách při nižší teplotě a rychlým zvýšením teploty při druhém pražení. Produktem byl tzv. praženec, tj. řízeně vyrobený oxid kovů obsažených v rudě, který byl následně redukován (*Holub – Malý 2012*). Handicapem výzkumu na Starých Horách i na Cvilínku je v tomto směru absence pražence v nálezech. Objekty 0900 a 0902 mimo vazbu na potok se podobají objektu 734 z lokality Johanneser Kurhaus, považovanému za štádlo (*Alper 2003*, 133). Odlišný je objekt 0916 v prádle, který může být pozůstatkem štádlu (obr. 26 a 38). Konstrukční pojetí je u všech pecí na Cvilínku rozhodně vyspělejší než na Starých Horách. Štádla lze předpokládat buď přímo v prádle, nebo nejvýše 30 m od něj, popřípadě mohou být v místě ručního roztlučení rudniny.

Hutnické tavby galenitových rud: V souvislosti s diskusí o nálezech na Cvilínku přináší model tavby pražence galenitové rudy M. Holub a K. Malý (2012). Proces začínal vyčištěním pece od předchozí tavby a vymazáním směsí dřevěného uhlí a hlíny, pak se pec založila a vyhřívala. Postupně se přidávala lehce tavitelná olovnatá struska, která se dmycháním roztavila a později sloužila jako tavidlo ve vsázce. Přidáváním klejtu i olova se snižovala teplota tavení pražence a nepřímo i viskozita a v nížeji pod dřevěným uhlím se udržovalo redukční prostředí. Snižování ztrát v redukční tavbě se dosahovalo čistotou koncentrátů, popř. přidáváním koláčů protaveného kamínku z kyzů železa, klejtu a nístějového olova. Viskozita taveniny při redukci se postupně snižovala i vnášením železitých strusek nebo železné rudy. Pokud struska již záhy začala vytékat výpustí ven, vhažovala se zpět do pece, dokud nebyla vsázka dostatečně protavená. V šachtě pece začaly mezitím vznikat kapénky kovu z klejtu i přidaného olova, koncentrovaly v sobě kovy uvolňované z pražence, spojovaly se do větších kapek a od určité velikosti se začaly gravitačně oddělovat. Produktem redukčních taveb bylo stříbrem obohacené olovo (*Herdblei*). Klesalo do nístěje pece a výpustí do jámy v předpeci, kde se mísilo s chudým olovem udržovaným zde v roztaveném stavu a obohacovalo jej stříbrem. Oxidické fáze (PbO a CuO) se z chladnoucí taveniny oddělovaly díky nižší hmotnosti, v předpeci se shrnovaly a znovu hutnily. Vyrobené stříbrem bohaté olovo z předpeci se vsazovalo do sháněcí pece k přeměně na kysličníky, pokud možno nepřetržitě v tekutém stavu. Při tavení železem bohatých rud je přirozeným eutektikem málo viskózní fayalitová struska

s vysokým obsahem železa a draslíku. Složení strusky bez přidávání tavidel je závislé mj. na složení hlušiny v rudě i výmazu peci (*Holub – Malý 2012*).

Hutnické strusky z Cvilínku s nejvyššími obsahy Ag, mají zároveň nejnižší obsah As, jehož nositelem je arsenopyrit, takže nevznikly hutněním komplexního sulfidického koncentráta, nýbrž koncentratu galenitového s možným stopovým podílem sulfidů stříbra. Na rozdíl od koncentrací strusek po hutnění polymetalických rud v tůni západ, nebo deponií specifických typů hutnických strusek v tůni východ, nebylo v pracovním okolí žádné z pecí nalezeno srovnatelné přesvědčivé množství hutnického odpadu. To vede k domněnce, že tyto relikty, jakkoliv jsou spektakulární, nejsou pozůstatky hutnických pecí, nýbrž jiných zařízení a že místem, kde pravidelně redukční tavby prokazatelně probíhaly, je nejbližší okolí těchto struskovišť. Je ale také možné, že různé fáze hutnických operací probíhaly i v nalezených pecích, ovšem režim taveb byl jen občasný a vsázky maloobjemové. Odpad v podobě strusek se mohl na struskoviště svážet a zde rozbíjením a mletím připravovat pro další tavby. Z konstrukčního hlediska vypovídají nalezené relikty pecí o rozměrech a tvaru základny, v jednom případě o mocnosti stěn, avšak nelze již odvozovat původní výšku pecí, výpust, zadní stranu s dyznou apod. Kruhová jamka 0912 s dnem vystlaným plochými kameny vedle objektu 0902 (obr. 10 a 23–24) by snad mohla být objektem, kam se v době redukční tavby v šachtové peci vkládalo odstříbřené roztavené olovo. Postrádáme zde však úkapky olova, hutnické strusky. S opatrností možno uvažovat o některé závěrečné fázi hutnění s minimálním množstvím odpadu v podobě strusek.

Zolovňování, shánění, prubířství: Za nechtěný únik při shánění lze s opatrností považovat četné úkapky olova (obr. 42–43). Mohly být vstupní surovinou pro zolovňování, kdy se chudé olovo roztavilo v tyglících a v něm se rozpouštěly rudy stříbra, které se tak zbavovaly nežádoucích prvků (S, As, Sb) a redukovaly se. Ze vzniklé slitiny pak bylo Pb oxidační metodou v roztaveném stavu oddělováno sháněním a separovalo se stříbro. Mohly být i součástí výbavy prubíře, který odstříbřené olovo používal při řadě testů. Z hlediska tvaru, rozměrů, ale i lokálních koncentrací olova a stříbra v půdě, zaujme na Cvilínku mělká kruhová pec 0576 (průměr 1 m) na okraji prádla. Může jít o pozůstatek nízké šachtové pece. Nelze ale určit, kde byla výpust a kde dyzna. V nápadné vazbě na těleso je obsah Ag, méně As a v předpeci ještě Pb v půdě. Mohlo zde tedy probíhat např. zolovňování a shánění. Nedaleko od obytného areálu na Cvilínku s nálezy olovených úkapků, klejtu či prubířského kamene zaujme dvojice pecí 0903 a 0905. U druhé jmenované byly zjištěny vysoké obsahy Ag a Pb v tělese a výplních pece, dále i vysoké obsahy Cu a současně absence anomálií As nebo Zn. Pec mohla sloužit ke zpracování např. již předtím upravené vsázky nebo vsázky bohaté na Ag, kterých byl menší objem. Může jít o polyfunkční pracoviště, kde se mohly provádět různé fáze hutnických operací včetně shánění nebo i průby. Vzájemná vzdálenost pecí (4,2 m) umožňuje např. rychlé přenášení tavenin v kelímčích pomocí tyglíkových kleští z jedné pece do druhé s minimální ztrátou teploty. Za indikátory prubířských taveb lze považovat i zlomky keramiky ve výplni stavby 3581 na Starých Horách III, kde byla zjištěna kovnatá tavenina a vysokými obsahy Pb a přítomností ryzího stříbra.

Produkce stříbra: Přímým dokladem produkce přepalovaného stříbra je sekaný slitek ze zasypu jámy v lokalitě Staré Hory I (ryzost 984/1000, hm. 36 g; obr. 49, tab. 9). Zajímavé zjištění přináší srovnání se starohorským závažím B, které svou hmotností odpovídá vídeňskému lotu (17,5 g). Hmotnost slitku pak představuje téměř přesný dvojnásobek této jednotky. Surové hutní stříbro bylo dílem přepalováno (tj. zbavováno posledních nežádoucích příměsí a prvků) v dílnách v místech jeho těžby a hutnění.

POKUS O NÁSTIN ORGANIZAČNÍ STRUKTURY A SOCIÁLNÍHO STATUTU HORNICKO-HUTNICKÝCH LOKALIT VE 13. STOLETÍ

Organizační struktura menších úprav a hutí na Vysočině byla po polovině 13. století výsledkem předchozího vývoje v nejstarších ohniscích hornické kolonizace Vysočiny (Jihlava, Havlíčkovobrodsko), ovšem jejím základem byly ještě starší právní zvyklosti, přinesené ze starých báňských regionů Evropy. Byla teoreticky vymezena právním rámcem tří našich nejstarších horních zákoníků, které se v rychlém sledu měnily. Počátky lokality na sklonku šedesátých let 13. století spadají do doby platnosti listiny A jihlavského horního práva (*lura civium et montanorum civitatis Iglaviensis*). Někdy okolo roku 1290, kdy mnohé z těchto provozů s vysokou pravděpodobností stále fungují, byl kodex nahrazen listinou B a o deset let později novým zákoníkem *Constitutiones iuris metallici Wenceslai II., lus regale montanorum* z roku 1300 (CJB I., 265–435). V posledním jmenovaném textu poprvé nalezneme předěl mezi horníky a provozovateli hutí. Analogický vývoj můžeme sledovat třeba v Harzu. Tzv. velké goslarské privilegium z roku 1219 rozlišuje jedinou profesně právní skupinu, označovanou souhrnně *Waldleute* (*Woldluede*), což zahrnuje horníky i hutníky. Další privilegium pro Goslar z roku 1271 *lura et libertas silvanorum*, se vyslovuje o těchto *silvanorum*, tj. provozovatelích hutí, coby vyhraněné profesní skupině a v goslarské listině z roku 1290 nalezneme výslovně rozlišení mezi *silvani atque montani*, tedy hutníky a horníky (Bartels – Fessner – Klappauf – Linke 2007, 75, 85–87, 174–175). České *lus regale montanorum* je nejstarším domácím textem, který rozlišuje profesní skupinu rudokupců (*emptores metalli, erzkauffeři*), kteří byli nejspíš již z dřívějšíka tradičními provozovateli hutí, na což se text přímo odvolává (CJB I., 316 a 317). Rudokupce zná již i goslarský text z roku 1271 (Bartels – Fessner – Klappauf – Linke 2007, 175). Z pojmenování rudokupců vyplývá hlavní druh jejich činnosti, tj. obchod s rudou i hotovým kovem, a lze je chápat jako článek oddělující po právní stránce provoz důlní od provozu hutního. Uvažované organizační formě hutí (erckaufférsé) by mohla odpovídat i většina malých hutnických areálů 13. století na Vysočině. Například ale huť na Cvilínku je přímo provázána s doly, úpravnou i sídlištěm, což mělo především praktické důvody. Zde v údolí byly provozy, které vodu jako nezbytné médium využívaly a které produkovaly rudné koncentráty jako klíčovou surovinu pro huť. Z hlediska úspory energie, času a nákladů pro transport bylo výhodnější, aby huť byla poblíž těchto pracovišť. Ostatně i hutníci při přípravě nových vsázek potřebovali stoupovat a rozemílat strusky z předchozích taveb, takže potřeba prostorové provázanosti a blízkosti byla nejspíš oboustranná. Právně i personálně tak sice jistě mohla výrobou koncentrátu končit oblast horní a tavbou v hutí začínat oblast hutnická, archeologická situace na Cvilínku nicméně naopak ukazuje úplnou integraci všech pracovišť. Je možné, že praxe se od univerzálních právních textů lišila. Vedle erckaufféřských hutí mohla existovat i jednorázová hutniště, prostorově navázaná na obvalový pás těžních jam, která mohla být malými soukromými pracovišti jednotlivých lénhaviřů. Dále pak už ve 13. století existovaly i u nás, podobně jako v Harzu, huťe patrimoniální. Obojí praxi se Václavův horní zákoník snažil po roce 1300 zamezit. Jestliže tedy hlavní úlohu v hutnictví stříbra po polovině 13. století hráli oni *emptores metalli*, pak lze jejich sociální původ hledat mezi měšťany, patriciátem a nezdá se, aby byli účastnými v těžářstvech. Mohlo jít o nájemce urburů či prvotní držitele propůjček.

PRAMENY A LITERATURA

- Alper, G. 2003: Silbergewinnungsplatz bei Claustal-Zellerfeld im Oberharz. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens, Band 32.
- 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 Schmelzpätzen im Wald bis zur Metallerzeugung in großem Maßstab am Beginn des 17. Jahrhunderts nach den archäologischen und schriftlichen Quellen. Bochum.
- CJB I: Codex Juris Bohemici. Tomus primus. Aetatem Přemyslidarum continens. Ed. Hermenegild Jireček. Pragae 1867.
- Červený, A. 2007: Historická těžba polymetalických rud u Plánicky na Klatovsku - Historische förderung von Polymetallerge bei Planicka in der Nähe von Klatovy, Stribrna Jihlava – Silberne Stadt Jihlava 2007, 114–123.
- Holub, M. – Malý, K. 2012: Separátní hutnění galenitových, stříbrem bohatých rud těžených na Vysočině, Stříbrná Jihlava 2010, v tisku.
- Hrubý, P. 2011: Jihlava – Staré Hory. Archeologický výzkum středověkého důlního, úpravnického a obytného areálu v letech 2002–2006. Příspěvek ke studiu středověkého rudného hornictví – Jihlava – Staré Hory (Iglau – Altenberg). Archäologische Ausgrabungen des mittelalterlichen Bergbau-, Aufbereitungs- und Siedlungsplatzes in den Jahren 2002–2006. Zum Studium des mittelalterlichen Erzbergbaus. In: Jan Klápště et Zdeněk Měřínský (curantibus editae): Dissertationes archaeologicae brunenses pragensesque 9. Praha-Brno.
- Hunka, J. – Paleček, P. – Ušiak, P. 2000: Vzácný nález miskovitých závaží z Banské Bystrice, Archaeologia historica 25, 369–383.
- Ježek, B. – Hummel, J. 1976: Jiří Agricola: Dvanáct knih o hornictví a hutnictví. Praha.
- Litochleb, J. 1996: Pelhřimovský rudní revír, Stříbrná Jihlava. Seminář k dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině, Jihlava 16. 9. – 17. 9, 8–18.
- Malý, K. – Vilímeček, L. – Vokáč, M. – Zimola, D. 2007: Doklady hornického osídlení v údolní nivě Bělokažského potoka – Mining Settlement Evidence in the Alluvial Plain of the Bělokažský Creek, Archeologické výzkumy na Vysočině 1/2007, 125–144.
- Pluskal, O. – Vosáhlo, J. 1998: Jihlavský rudní obvod, Vlastivědný sborník Vysočiny 13, 157–191.
- Rous, P. – Malý, K. 2004: Průzkum terénních stop po zpracování polymetalických rud na Havlíčkovobrodsku – Untersuchung der Geländespuren von der Verarbeitung polymetallischer 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.
- Schwabenicky, W. 2009: Der mittelalterliche Silberbergbau im Erzgebirgsvorland und im westlichen Erzgebirge. Chemnitz.
- Wachowski, K. 2010: Kultura kupiecka. In: Ulice średniowiecznego Wrocławia. Wrocławia antiqua. Wrocław, 205–207.
- Vitouš, P. 1974: Lazar Ercker, Kniha o prubířství. Praha.