Hrubý, Petr

Doklady primární úpravy rud

In: Hrubý, Petr. *Metalurgická produkční sféra na Českomoravské vrchovině v závěru přemyslovské éry*. Vydání první Brno: Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, 2019, pp. 92-112

ISBN 978-80-210-9226-6; ISBN 978-80-210-9227-3 (online : pdf)

Stable URL (handle): https://hdl.handle.net/11222.digilib/141100
Access Date: 29. 11. 2024
Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

MUNI ARTS Masarykova univerzita Filozofická fakulta

Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University
digilib.phil.muni.cz

10 DOKLADY PRIMÁRNÍ ÚPRAVY RUD

Pozůstatky úpravnických areálů a souvisejících vodohospodářských děl v krajině

Pojem úpravnický areál označuje pozůstatky pracovišť prostorově i funkčně integrovaných, jejichž úkolem byla úprava vytěžené rudy a produktem čistý rudní koncentrát, připravený k metalurgickému zpracování. Některé fáze úpravy rud probíhaly přímo v místě těžby, zejména přebírání, třídění, vytloukání. Někdy se do těchto míst přiváděla kopanými kanály a strouhami voda na promývání rudniny, popř. se s její pomocí užitková ruda gravitačně oddělovala. Zaniklé úpravny nejčastěji nalézáme u vodních toků, kde je vzdálenost od dolů minimální. Výraznými úpravnickými pracovišti byla prádla, která byla v lecčems podobná rýžovnickým pracovištím. Byla vybavena soustavami dřevěných nádržek, v nichž byla užitková ruda gravitačně oddělována od lehčího jalového materiálu. U dobývání zlata může areál úpravy se zlatomlýnem splývat s rýžovištěm.

V úpravnických areálech se mohou nacházet podpovrchové strukturované archeologické situace s pozůstatky technických zařízení (nádržky, koryta, pece), případně obydlí. K movitým nálezům patří keramika, v anaerobních půdních podmínkách to mohou být i dřeva či kožené předměty, popř. i textil (obr. 138). Cenným zdrojem informací je samotný úpravnický odpad. Někdy mohou tyto areály připomínat traťové názvy, jako *V prádle*, *Na prádle*, popř. *Prádla*. Ať už v současné báňské terminologii znamená výraz prádla cokoliv, ve středověku to bylo místo, kde se rudnina (popř. zlato) mokrou cestou gravitačně rozdružovala. Častými jmény jsou i *Puchýrna*, *Puchverk* či *Pochverk*, *Zlatomlýn* apod. Charakteristickým druhem nálezů jsou mlecí kameny a jejich zlomky, které jsou pozůstatky rudních mlýnů, nalézané ve všech oblastech historické těžby rud a zlata. Jimi se rudnina vícestupňově rozemílala, aby z ní mohla být následně gravitačně oddělena užitková ruda. Využívaly se i při rozemílání strusek z předchozích taveb, rozemílal se jimi i pražený rudní koncentrát.

Typickou krajinnou stopou středověkých hutnických pracovišť jsou struskoviště (*Malý – Rous 2001*; *Havlíček 2007*; *Rous 2007*; *Malý a kol. 2007*; *Vosáhlo 2012*; *Hrubý a kol. 2012a*, 369–372, 373–375; *2012b*). Mohou být v terénu patrná v podobě struskových hald pokrytých vegetací, většinou jsou však již aplanována a zazeměna v nivách vodních toků. Koncentrace strusek se někdy projevují přímo v řečištích. Někdy však masivní struskoviště dodnes ovlivňují skladbu, hustotu a kvalitu vegetačního porostu, jako třeba v zákrutu Sázavy 1400 m severovýchodně od Utína (obr. 87; *Rous – Malý 2004*, 122–126; *Hrubý a kol. 2016*). Hutnické strusky s obsahem železa, dále žár z pecí i zbytky deponií rud poblíž úpraven a hutí jsou příčinami geomagnetických anomálií, které dokážeme pomocí magnetometrů měřit a vyhodnotit. Výsledkem jsou přesné plošné magnetogramy hutnických, ale i dalších zpracovatelských provozů (obr. 35, 39, 84–86, 117, 119, 121). Jiný druh průzkumu zaniklých hutnišť má už povahu částečně destruktivní mikrosondáže: provádí se půdní vrty, odběry vzorků techogenních sedimentů apod. Jejich plošné vyhodnocení rovněž pomáhá k přesnější lokalizaci vlastních hutnických pracovišť, či dokonce pecí, popř. k lokalizaci míst, kde byla deponována vytříděná ruda k tavbě atd.

Mezi krajinné a v principu technické památky patří vodní díla, v první řadě náhony. Jejich prostřednictvím se přiváděla voda do rýžovišť a později i na vodní kola, která poháněla vodotěžní stroje na dolech, stoupy či rudní mlýny a popř. měchy pecí. Nejvýznamnějším a nejstarším kopaným náhonem na Českomoravské vrchovině je tzv. rantířovský náhon na levém břehu řeky Jihlavy od Rantířova ke Starým Horám (obr. 30: 8). Z tohoto technického díla se v lesních porostech dochovaly úseky zemního výkopu s vnějším náspem. Délka je 6400 m a celkové převýšení 4 m. Na jihlavských Starých Horách dosahoval přepad převýšení nad hladinu řeky okolo 15 m, což je značný energetický potenciál. Jeho výstavba a datace je dokumentována listinou z 29. dubna 1315 (*Laštovička a kol. 2001*).

Druhou skupinou jsou vodní nádrže. Menší díla tohoto druhu známe z rýžovišť, kde mají podobu kopaných nádrží s výpustí nebo nadzemních nádrží s hrází, jako např. v komplexu *Na štůlách* u Humpolce (obr. 21). Na územích s rozvinutou těžbou rud byly vodní nádrže nedílnou součástí krajiny. V jednotlivých montánních regionech Českomoravské vrchoviny by tak nepochybně bylo možné hledat celé systémy nádrží, které hrály roli v zásobování vodou (zejména prádel, rudních mlýnů a hutí). Je však nesnadné objektivně posoudit hornický původ do nynějška zachovaných četných vodních ploch, a to jak na základě prostorové vazby s blízkými doklady hornictví, tak i na základě studia starých mapových děl.

Roztloukání rudniny a třídění rud

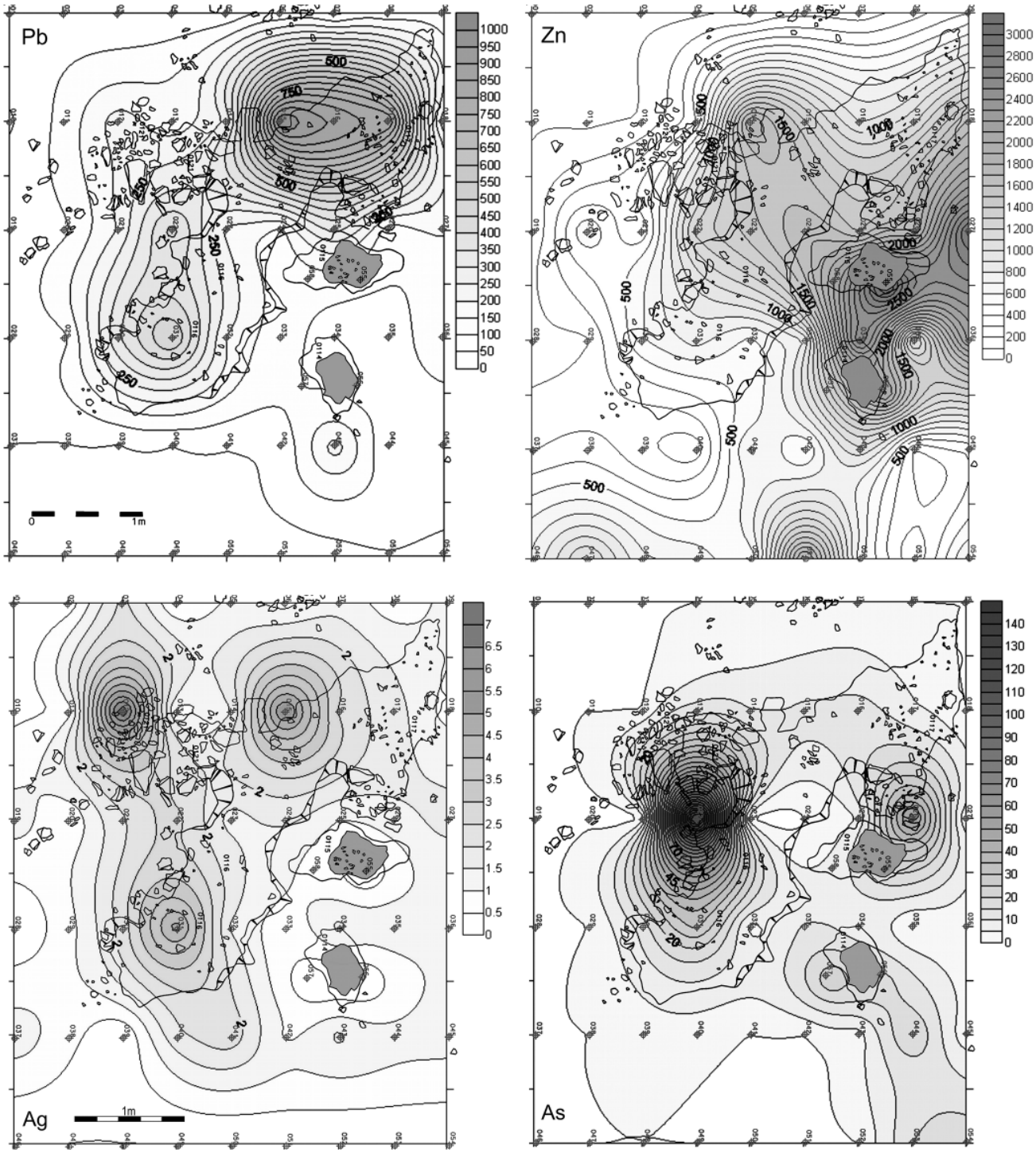
Na Českomoravské vrchovině byly předmětem exploatace a primární úpravy hlavně obecné sulfidy, zejména pyrit, arsenopyrit, chalkopyrit, galenit a sfalerit (obr. 16, 17, 60 a 61). Tzv. ušlechtilé a na stříbro bohaté rudy se ve větším množství objevovaly jen výjimečně. Hlavním koncentrátorem stříbra byl galenit. Stříbro je v něm vázáno buď izomorfně, nebo v podobě heterogenních příměsí, nejčastěji mikroskopických inkluzí tetraedritu, freibergitu, pyrargyritu akantitu-argentitu apod. Celkový obsah stříbra v galenitu je obvykle v prvních desetinách procent, výjimečně i v prvních procentech, jak ukázaly rozbory galenitu z úpravnického areálu *Cvilínek* (Tab. 3 a 4). Základem hutnického zpracování takových rud bylo jejich roztřídění na galenitový koncentrát a směsný sulfidický koncentrát, který byl olovem chudý a dobovými technologiemi nerozdružitelný na jednotlivé minerály. Rudnina byla ručně tříděna na jednoduchých pracovištích v blízkosti vodního zdroje, a tvořících často i rozsáhlejší areály. Stopy případného zastřešení těchto pracovišť nebyly zachyceny (obr. 57–59). Produktem byl rudní koncentrát z větších agregátů, roztříděný podle možností na galenit a ostatní sulfidy (obr. 61: 1, 2, 7). Výstupem byl také směsný koncentrát drobnější frakce, obsahující galenit v podobě závalků a vtroušenin, u něhož nebylo možné manuální oddružení od křemene, se kterým byl většinou pestře prorostlý (obr. 61: 6).

Obr. 57. *Česká Bělá, zkoumaný důlní areál sv. od městyse. Pozůstatek deponie rudniny (116) a ohnišť (115 a 114). Výzkum ARCHAIA Brno. Foto autor.*

Fig. 57. *Česká Bělá, excavated mining area northeast of the town. Relics of an ore dump (116) and hearths (115 and 114). Excavation by ARCHAIA Brno. Photo by author.*

Zajímavá zjištění přinesl odkryv menšího důlního areálu u České Bělé (*Hrubý a kol. 2014b*, 79–84). Plošné metalogramy některých kovů ukazují půdní koncentrace, které jsou výsledkem báňské a úpravnické činnosti ve středověku (obr. 51–52). Těžiště kontaminace areálu prvky jako Zn, Cd a Pb se nachází západně od největších exploatačních jam. Naměřené hodnoty těžkých kovů podporují myšlenku, že právě z těchto jam pocházelo větší množství později rozvezené a aplanované haldoviny. Rudy byly v místě vytěžení tříděny a roztloukány. Jiné je ale půdní nabohacení mědí, které se na rozdíl od ostatních prvků vyskytuje na opačné straně jámy. Hypoteticky to může znamenat, že měděné rudy, které se ve zdejším ložisku rovněž vyskytují, byly tříděny a separovány jinde. Na rozdíl od rud typu Ag–Pb–Zn, které se zpracovávají postupem oxidačního pražení a následné redukční či zolovňovací tavbou, vyžadují rudy mědi jiné postupy (*Vaněk – Velebil 2007*, 191–192, 193, 194–196). Konkrétní příklad malého pracoviště na třídění rud, které bylo přímo provázáno s ohništi, na nichž se vytříděná ruda s největší pravděpodobností pražila, poskytuje podrobnější prostorová analýza místa poblíž velkých důlních jam a v návaznosti na plochy se zvýšenými obsahy Pb, Zn a Cd (obr. 57–58). Ve vzájemné vzdálenosti asi 50 cm se nacházela dvě plochá ohniště s provozními výplněmi v podobě uhlíků a s vypáleným dnem. Obě byla umístěna v blízkosti deponie žiloviny a rudniny, ve které byly rozlišeny úlomky žiloviny s vtroušenými zrny rud nebo malé agregáty rud. Zajímavé výsledky přinesla plošná půdní metalometrie v síti 0,5 × 1 m. V této deponii byly lokálně naměřeny vyšší obsahy Pb a Ag, třebaže absolutní hodnoty nejsou vysoké. Nejvýrazněji se koncentrace kovů v půdě projevují u As a Cd, a to v pracovním prostoru okolo ohnišť.

Doklady primárního třídění natěženého materiálu se nalézaly také v severovýchodní části areálu *Cvilínek* (obr. 37). Na některých deponiích byla zjištěna hlušina bez užitkových rud. Na deponiích blíže k vodoteči se však nacházela i vytříděná rudnina a na ještě níže položených pracovištích poblíž potoka jsou již menší hromádky vytříděné rudy, byť šlo převážně o pyrit (obr. 59). Tyto situace lze označit za mezideponii suroviny, před tím než šla k další úpravě. Celkem bylo ve sledovaném prostoru identifikováno 60 deponií od malých hromádek rozměrů okolo 0,2 m² až po báze hald výměry 22–25 m². Vzdálenost k prádlům i k obytnému areálu byla 20 m, k nejbližším pecím 3 až 7 m.



Obr. 58. *Česká Bělá, plošně zkoumaný středověký důlní areál severovýchodně od městyse. Pozůstatek deponie vytříděné rudniny a ohnišť na metalogramech (Pb, Zn, Ag, As) v rastru 1 × 1 m. Výzkum ARCHAIA Brno. Metalometrie K. Malý. Foto autor.*

Fig. 58. *Česká Bělá, excavated mining area northeast of the town. Relics of a dump of sorted ore and hearths on metallograms (Pb, Zn, Ag, As) in a raster of 1×1 m. Excavation by ARCHAIA Brno. Metallometry by K. Malý. Photo by author.*

Největší bloky vytěžené žiloviny měly velikost do 30 cm, z čehož lze vyvodit, že mocnost těžených žil byla nejspíš jen o málo větší. Hlušina byla tvořena dvěma generacemi křemene a hydrotermálně alterovanými horninami (obr. 16: 1, 3, 5, 6, 7). Sulfidy v křemeni vytvářely nepravidelné vtroušeniny o velikosti několika centimetrů. Výjimečně byly pozorovány i nesouvislé žilky pyritu a arsenopyritu. Pyrit byl buď jemnozrnný ve větších agregátech, nebo tvořil krystaly velikosti do několika milimetrů (obr. 17: 4–5). Arsenopyrit měl podobu automorfních krystalů velikosti až 0,5 cm. Častým sulfidem byl černý sfalerit velikosti agregátů až několik centimetrů. Galenit byl pozorován minimálně, což je však pravděpodobně způsobeno tím, že byl jako nejdůležitější ruda separován. Velikost jeho vtroušenin byla do 2 cm. Obsahuje téměř 1,4 % Ag (Tab. 3). Současně byl ve vzorcích zastoupen i cín, takže

lze předpokládat, že stříbro v galenitu je vázáno převážně na tetraedrit nebo pyrargyrit. Tetraedrit i pyrargyrit byly zjištěny také jako mikroskopické inkluze v galenitu, makroskopicky byla potvrzena zrnka tetraedritu velikosti do 2 mm. Dva agregáty čistého galenitu byly nalezeny v jedné ze zkoumaných archeologických struktur (obr. 61: 1–2). Jeden větší agregát vytříděného pyritu o velikosti 3,5–4 cm byl nalezen v provozní a sídlištní vrstvě v blízkosti jedné ze zahloubených staveb. Při hodnocení rudních vzorků je třeba brát v úvahu, že jde spíše o odpad nebo náhodnou ztrátu, kvantitativní zastoupení minerálů v tavené rudě bylo pravděpodobně odlišné.

Mletí rud a otázka využití vodního kola pro pohon rudních mlýnů ve 13. století

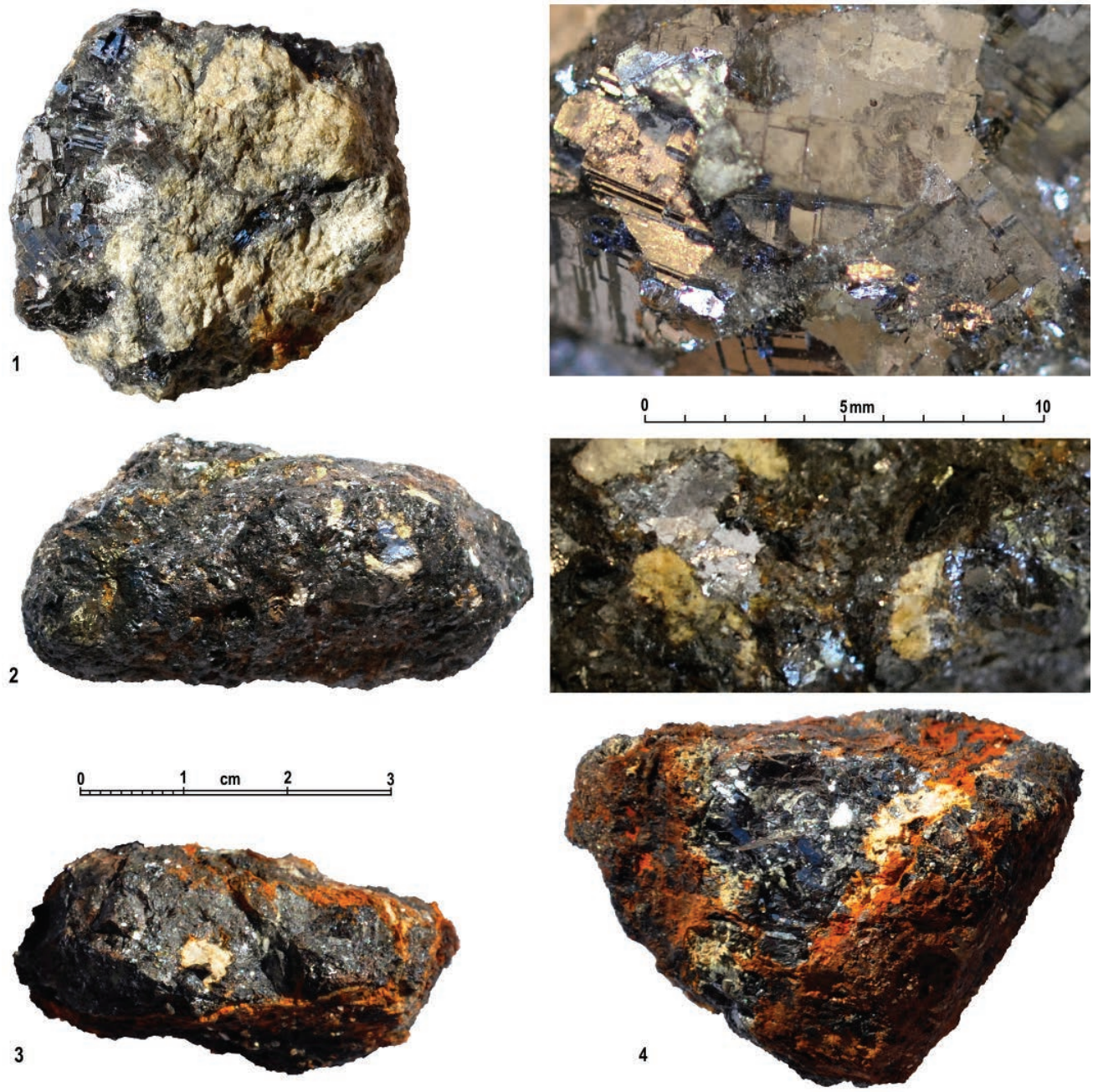
V souvislosti s těžbou, úpravou a mletím rud, dále pak s čerpáním vody a samozřejmě s hutnictvím, je dlouhodobým předmětem diskuse počátek využívání vodního kola. S tímto pohonem se v českém prostředí můžeme setkat ve 12. století u obilných mlýnů. Podle listiny kanovníka Zbyhněva z let 1125–1140 pracoval vodní mlýn u Unětic (*CDB I*, č. 124, s. 130). Dále třeba listina Jana z Polné z rozmezí let 1232–1234 pro klášter Nížkov zmiňuje mlýny s koly (*molendium in claustro futurum III rotum*; *CDB III/1*, č. 100, s. 116). Čtyři vodní mlýny na potoce *Lib* (*quatuor molendis in prefato fluvio constructis*), který bývá ztotožňován s Martinickým potokem na Humpolecku, jsou uváděny také v listině z roku 1236, v níž zaznívá majetkový spor mezi vyšehradskou kapitulou a želivským klášterem (*CDB III/1*, č. 142, s. 177; *Klápště 2005*, 289–290). S historickými doklady mlýnů a vodních kol v rudném hornictví ve 13. století je to nevalné. Nepříliš jisté se zdají být příklady mlýnů a hutí na zpracování železné rudy k roku 1215, uváděné někdy v literatuře (*Pleiner 2000*, 282). Nadějněji působí listina hlásící se do roku 1269, v níž Přemysl Otakar II. upřesňuje hranice mezi premonstrátským klášterem Hradisko u Olomouce a panstvím Šternberků v horním povodí Bystřice. V textu se hovoří o kovech, dolech na železnou rudu a v souvislosti s nimi o dvou mlýnech na řece Bystřici (*duo molendina, que vvlgo hutte dicuntur, ad ferrifodinas pertinentia*). V tomto spojení lze spatřovat rudní mlýny a železářské hutě s pohonem pomocí vodních kol (*CDB V/2*, č. 599, s. 194). Bez ohledu na typy zpracovávaných rud lze předpokládat existenci podobných zařízení i na Českomoravské vrchovině.

Obr. 59. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Cvilínek. Jedna z deponií vytříděné a nadrcené rudniny na východním břehu potoka v blízkosti prádel. Hnědě zbarvená místa naznačují vícestupňový proces s vytříděním hodnotnější rudniny. Výzkum ARCHAIA Brno. Foto autor.*

Fig. 59. *Medieval mining and processing area Cvilínek. A dump of sorted and crushed ore on the eastern bank of the stream in the neighbourhood of ore washing facilities. Brown coloured spots indicate a multiphase process with separation of ore in better quality. Excavation by ARCHAIA Brno. Photo by author.*

Při pohledu na nálezové okolnosti a charakter dosud známých archeologických pozůstatků středověkých vodních obilných mlýnů (*Galusová 2015*, 280–287) nutno kriticky připustit, že i v některých nálezových situacích s dřevy ve zvodněném prostředí na lokalitě *Cvilínek* se mohly rozptýlené a destruované součásti rudního mlýna skrývat, zůstaly však nerozpoznány. S mlýnem mohlo hypoteticky souviset dlabané koryto z kmene stromu, umístěné v prádlech (obr. 82). Také dřevěné kolíčky nalezené v tomto prostoru, mohly být součástí tzv. cévníku, kterým se přenášela rotace z palečního kola na tzv. železí, tedy svislou osu pohánějící běhoun (obr. 70: 1a; *Hrubý a kol. 2012a*, 400, obr. 96: 2, 3, 7,8). Stejně tak dobře lze ale tyto kolíčky spojovat i s upevněním ležáků na tzv. hranici, tedy vodorovnou horní část konstrukce mlýna (obr. 68).

V mnoha ohledech jedinečným archeologickým dokladem pohonu vodním kolem do 13. století je odkryv pozůstatků obilného mlýna ze sklonku 7. století u obce Dasing v Bavorsku (*Galusová 2015*, 280–281). Lopatky kola se typově shodují s lopatkami kol v dácko-římském dole *Alburnus maior* v Roșia Montană v Sedmihradsku (*Cauuet 2008*), a tak se zdá, že přinejmenším v raném středověku se v konstrukci vodního kola vycházelo z římskoprovinciálních předloh. Zatím nejlepší archeologický doklad rudního mlýna z vrcholného středověku poskytuje lokalita *Brandes en Oisans* ve francouzských Alpách. Kromě toho, že se v tamní úpravně nachází enormní množství mlecích kamenů, se zde podařilo odkrýt výjimečné stavební pozůstatky mlýna, tvořené kvadratickou komorou z kamenného zdiva a se zbytky výdřev. Podle dendrodata 1210/1211 pracoval mlýn v průběhu 13. století (*Bailly-Maître – Minvielle Larousse 2009*; *2011a*; *b*; *Minvielle Larousse 2017*). Na této lokalitě jsou v provozních sedimentárních výplních nádrží v prádlech také pravidelně nalézány velmi drobné úlomky mlecích kamenů, často centimetrových rozměrů, což dokládá přímé prostorové a technologické

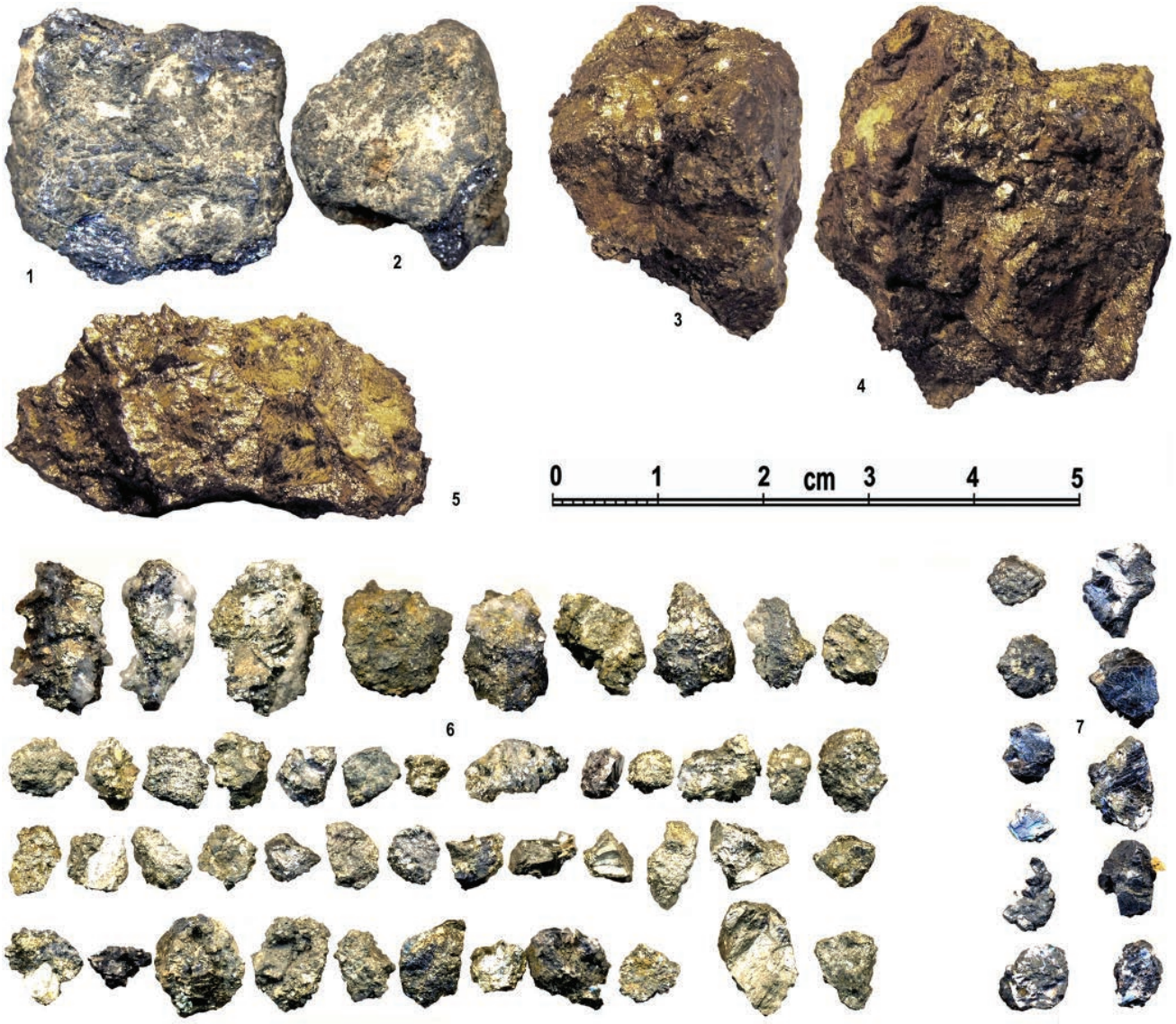


Obr. 60. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Koječín. Ruda z deponie v areálu primární úpravy rud na břehu Nohavického potoka.* **1***: galenit.* **2***: sfalerit s inkluzemi galenitu a pyritu.* **3** *a* **4***: sfalerit. Foto P. Hrubý a P. Duffek.*

Fig. 60. *Medieval mining and processing area nearby Koječín. Ore samples from a dump in the preliminary ore preparation area on the shore of Nohavický Stream.* **1***: galena.* **2***: sphalerite with galena and pyrite inclusions.* **3** *and* **4***: sphalerite. Photo by P. Hrubý and P. Duffek.*

propojení prádel a mlýna (*Bailly-Maître – Minivielle Larousse 2011a*, 468, Fig. 9 a 10). Konstrukční pozůstatky úpravny zlatonosné rudniny ze 13. až 14. století, jejíž součástí byl nejspíš i zlatomlýn, byly zkoumány v poloze *Prádlo* u Kašperských Hor (*Waldhauser a kol. 1993*). Jednoduchý rudní mlýn (obr. 70: 1), poháněný vertikálním vodním kolem se na základě archeologických nálezů předpokládá u důlní lokality *Teufelsgrund* v jižním Schwarzwaldu (*Straßburger 2014*, Taf: 277: 3–4).

Určité poznatky přinesl také menší archeologický výzkum u Koječína mezi Humpolcem a Havlíčkovým Brodem. Na levém břehu Nohavického potoka se pod lesním porostem nalézají překryté haldy rudniny i úpravnického odpadu, které volně navazují na relikty rozsáhlých důlních pracovišť. Sondáž v letech 2016–2018 postupně v jedné z hald odkryla vrstvy roztloukané a pravděpodobně i částečně tříděné rudniny. Ta obsahuje makroskopicky pozorovatelný galenit s obsahy stříbra do 2000 ppm, dále sfalerit, pyrit a arsenopyrit (obr. 60 a 62). Mikroskopicky byly na nábrusech sfaleritu zjištěny další obecné sulfidy, jmenovitě pyrhotin, galenit a chalkopyrit, ovšem vedle toho také



Obr. 61. *Cvilínek. Ruda a rudný koncentrát.* **1–2***: Agregáty galenitu (PbS).* **3–5***: Agregáty pyritu (FeS_2); dole rudní koncentrát (pyrit, sfalerit, galenit, arsenopyrit) z nádržky v prádlech. Výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Foto autor.*

Fig. 61. *Cvilínek. Ore and ore concentrate.* **1–2***: galena aggregates (PbS).* **3–4***: pyrite aggregates (FeS_2); bottom: ore concentrate (pyrite, sphalerite, galena, arsenopyrite) from a basin in the ore washing facility. Excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Photo by author.*

inkluze minerálů stříbra, tetraedritu a pyrargyritu. Tyto inkluze měří jen desítky mikronů, ale jsou v rudnině časté.

Hlouběji v haldě se nalézaly promyté i nepromyté technogenní uloženiny, tvořené jemně namletou žilovinou s ostrohrannými zrny jednotné frakce. Tyto uloženiny obsahují četné zlomky keramiky, kterou podle obecných znaků řadíme do 13. až 14. století (obr. 1: 12). Na bázi ležela opálená a dílem i opracované dřeva, která jsou reliktem blíže nespecifikovatelné účelové konstrukce. Pod nimi se nacházel smýcený lesní porost v podobě ležících neodvětvených a neodkorněných kmenů, větví a kořenů (obr. 63 a 72). Doba smýcení byla dendrochronologicky stanovena do let 1253/1254 až 1257/1258 (*Kyncl 2018*). Situaci doplňují dva úlomky mlecích kamenů z řečiště asi 20 m od sondované haldy (obr. 67: 18 a 21). Situaci tedy lze interpretovat jako pozůstatky úpravny, v níž mohla těsně po polovině 13. století pracovat stoupa a zcela určitě zde pracoval rudní mlýn. Součástí úpravny byla i prádla. Přesnější interpretaci prozatím brání absence struskoviště, které bývá pro těžbu a tavbu polymetalických rud typické a které se zatím nepodařilo detekovat (též *Rous – Malý 2004*, 123, Obr. 1: č. 12, 131).

Jak tedy mohl rudní mlýn ve 13. století alespoň přibližně vypadat? Holá dřevěná konstrukce mlýna může být shodná s tím, co známe z vyobrazení ze 16. století (obr. 70: 2). Byla však asi subtilnější, přičemž rozměry základny mohly být okolo 2 × 2 m. Konstrukce asi byla spíše než z hranolů sestavena z kuláčů, podle potřeby hrubě přitesaných. Srdcem mlýna byly dva mlecí kameny, běhoun a ležák.

	Cu	Zn	As	Ag	Sb	Pb	comment
Galena (obr. 17: 3)	2.300	16	0	13.894	3.684	n.d.	aggregate of the galena
Galena (obr. 61: 7)	2.224	60.120	3.505	10.464	1.902	n.d.	granula of the galena

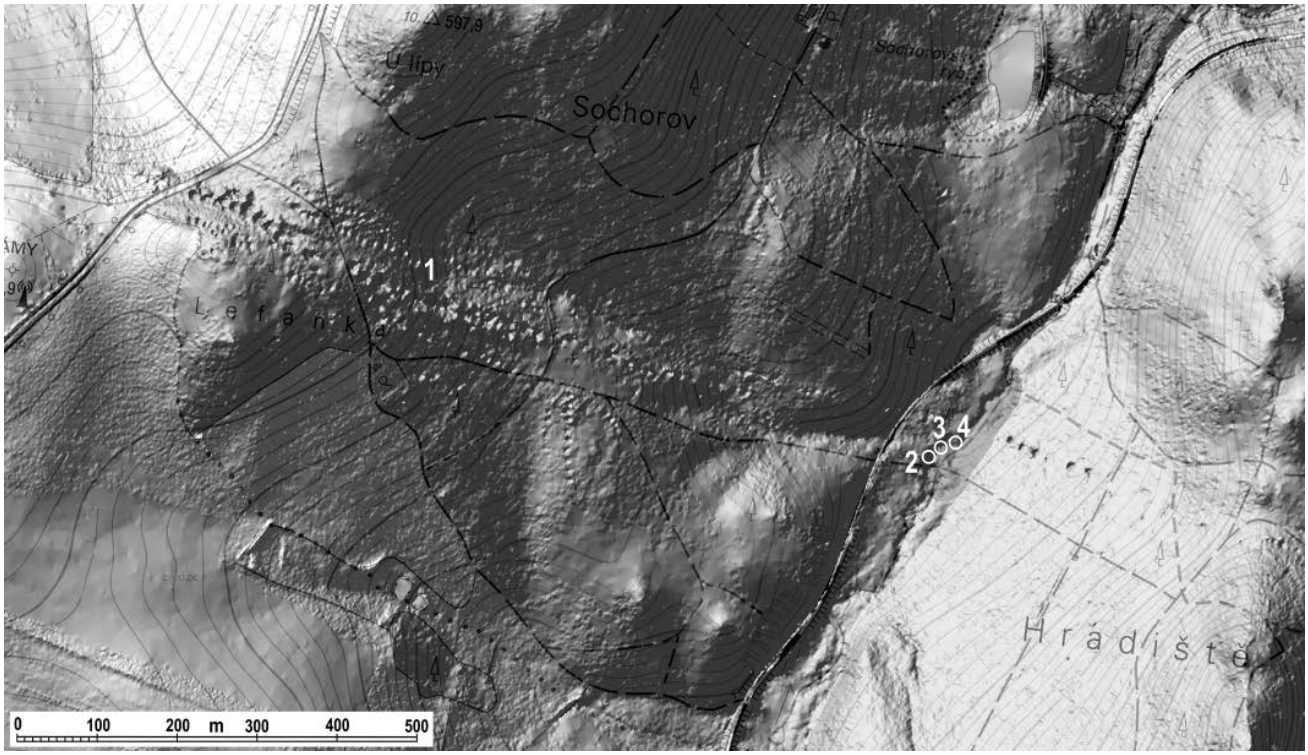
Tab. 3. *Cvilínek. Obsahy vybraných kovů v galenitu (ppm) z deponií rudniny a ze sedimentů nádrží, n. d. – nestanoveno.*

Tab. 3. *Cvilínek. Heavy metal contents in galena(ppm) from ore dumps and basin sediments, n. d. – not determined.*

Structure/sediment	minerals	Cu	Zn	As	Ag	Sb	Pb
0594/0342	py, asp, ga>sf	1.354	17.050	120.475	3.121	673	1.120
0600/0310	asp, sf, ga>, py	250	3.153	25.822	351	134	19.118
0570/0316	sf, asp>ga, py	1.146	18.625	75.919	2.636	500	2.401
0600/0310	asp, py, ga>sf	123	1.552	8.920	170	48	10.447
0602/base	py, asp>ga, sf>ph	537	12.020	33.904	1.578	176	7.178
0595/0313	py, asp>ga, sf>ph	921	4.947	20.929	1.918	206	2.433
0602	py, asp>ga, sf>ph	942	6.518	24.119	1.582	204	3.989
0569/0118	py, asp>ga>sf	129	1.870	12.813	1.517	85	8.598

Tab. 4. *Cvilínek. Vlastnosti šlichů sedimentů z nádržek v prádle (ppm),* **py** *– pyrit,* **asp** *– arsenopyrit,* **sf** *– sfalerit,* **ga** *– galenit,* **ph** *– pyrhotin.*

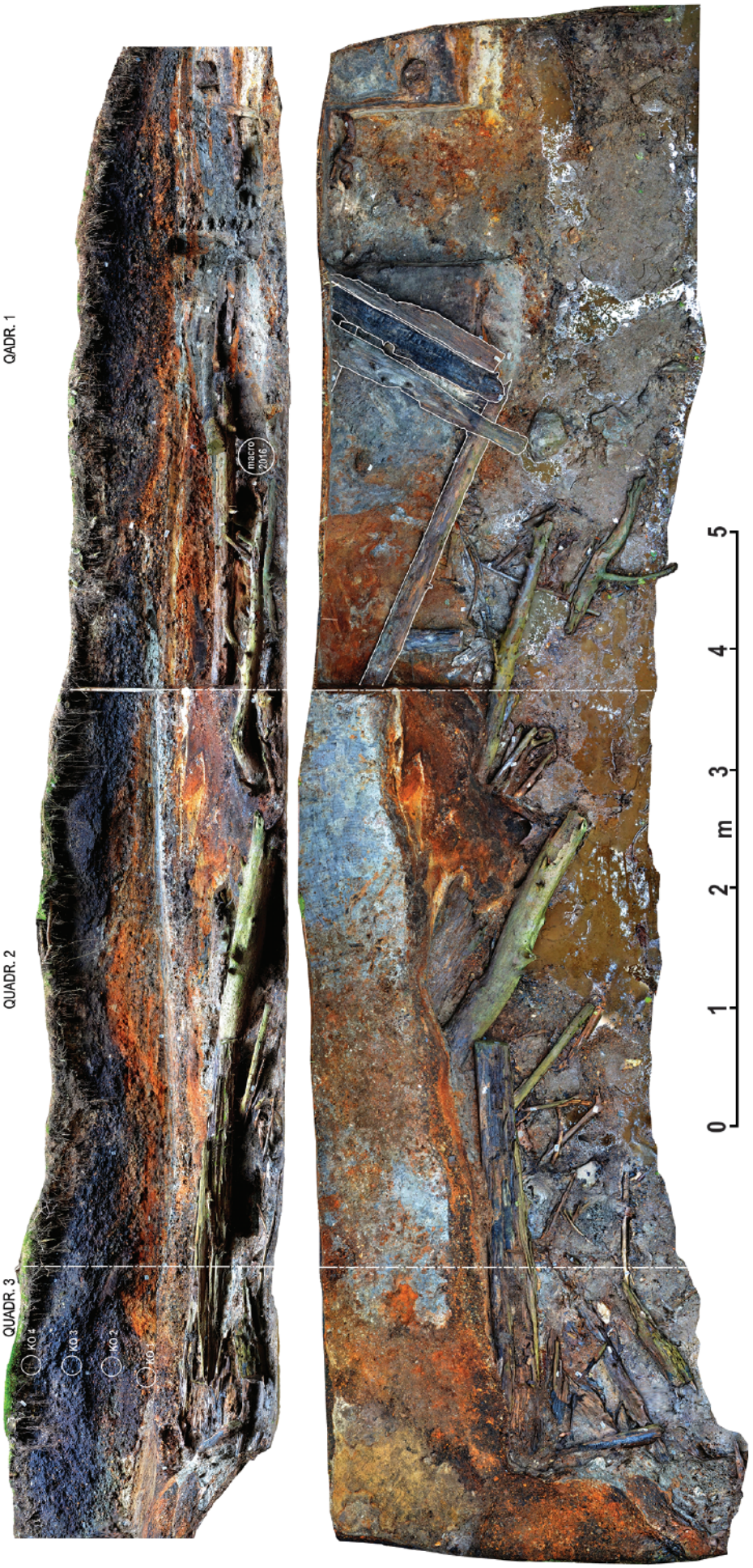
Tab. 4. *Cvilínek. Qualities of sediments from basins in the ore washing facility (ppm),* **py** *– pyrite,* **asp** *– arsenopyrite,* **sf** *– sphalerite,* **ga** *– galena,* **ph** *– pyrrhotine.*



Obr. 62. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Koječín.* **1***: Hlavní důlní tah s jámami a odvaly.* **2***: Zkoumaná halda s rudninou, úpravnickým odpadem a dřevy.* **3–4***: Místa s nálezem zlomků mlecích kamenů. Mapový podklad převzat ze serveru ČÚZK.*

Fig. 62. *Medieval mining and processing area in Koječín.* **1***: the main mining area with pits and spoil heaps.* **2***: an excavated spoil tip with ore, preparation waste and pieces of wood.* **3–4***: findspots with fragments of millstones. Background map by server of the Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre.*

Běhoun, umístěný nahoře, byl masivnější a těžší nežli ležák, aby vlastní vahou přispíval k rozemílání a pokud možno příliš nenadskakoval. Předdrcená rudnina se shora do oka běhounu vpravovala násypným košem, který mohl být kožený, nebo i dřevěný. Mlecí plochy kamenů byly mírně vyspádovány do kužele, aby rozemílaná rudnina postupovala od středu k okrajům. Spodní a jen hrubě tesané strany ležáků jsou pravidelně opatřeny sekanými, popř. vrtanými důlky (obr. 68). Ty lze interpretovat jako otvory pro kolíčky, kterými byly žernovy připevněny k tzv. hranici, což bránilo nežádoucímu protáčení ležáku. Na rozdíl od 16. století

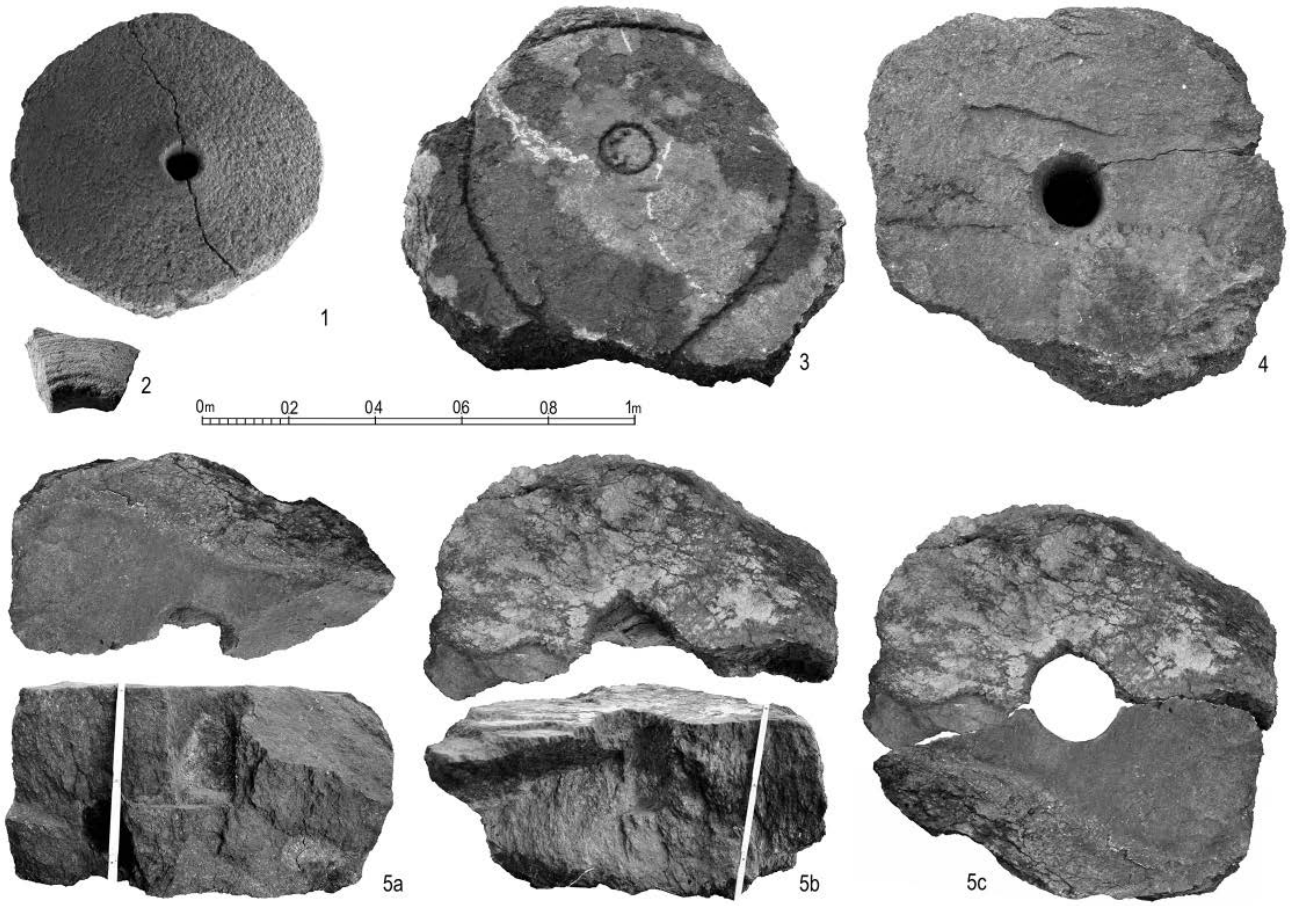


Obr. 63. *Koječín. Řez deponií. Ve svrchní části profilu je hornicky rozpojená a nastoupovaná rudnina, světlé rezavě žluté uloženiny ve střední části profilu jsou úpravnický odpad, s největší pravděpodobností po mletí. Na bázi profilu jsou stavební dřeva a mýcený les. Foto P. Duffek. Kolmé ortofoto M. Košťál, úprava autor.*

Fig. 63. *Koječín. Section through a dump. The uppermost part of the section consists of ore crushed and pounded in a stamp mill; the light rusty yellow deposits in the middle part of the section represent preparation waste, most probably from grinding. The base of the section is composed of construction wood and cleared forest wood. Photo by P. Duffek. Orthophoto by M. Košťál, edited by author.*

nemají starší mlýny spodní ležák s luby, takže jemně mletá rudnina volně padala po celém obvodu. Mohla také stékat, pokud se mlelo mokrou cestou, čímž se snižovaly ztráty rozprachem. Je proto možné, že tzv. hranice byla ještě překryta dřevěnou plošinou a na ní byly umístěny jakési luby, snad z prken. Rozemletá a shora padající rudnina se ale také mohla zachycovat do upraveného koženého vaku pod hranicí, odkud se sypala nebo vylévala přímo do prádel. Aby mohla obsluha shora nasýpat rudninu, popř. provozně či údržbově zasahovat u kamenů, byl mlýn v úrovni tzv. hranice alespoň z jedné strany nejspíš opatřen primitivní pochozí rampou. Běhoun byl opatřen tzv. kypřicí, což je dřevěná zarážka, která zapadla do vytesaných křídlovitých prohlubní při středovém otvoru na běhounu a přenášela tak otáčení ze soukolí a z osy na kámen. Jakousi dřevěnou zátku ve středovém otvoru mohl mít i spodní ležák, ta však sloužila jako ložisko, které mělo otvor pro tzv. železí, tedy osu pohánějící běhoun (obr. 70: 1a, obr. 71). Pokud jde o konstrukci a rozměry kola, pak je nejspíš nutno spolehnout se na dosavadní archeologické výzkumy soudobých obilných mlýnů (*Galusová 2015*, 280–281, 286, obr. 14). Zastřešení mlýna, nebo dokonce existenci skutečné mlýnice vyloučit nelze, dosavadní archeologické výzkumy však zatím toto nedoložily. Ve větších střediscích mohlo rudních mlýnů vedle sebe pracovat i více.

Nejběžnějším dokladem existence rudních mlýnů, popř. zlatomlýnů jsou mlecí kameny čili žernovy. Na Českomoravské vrchovině se různě velkých fragmentů těchto žernovů eviduje v muzejních i v soukromých sbírkách značné množství, a to ze všech tří hlavních rudních revírů. Ovšem jen některé z těchto žernovů můžeme podle nálezových okolností zařadit bezpečně do 13., popř. 13. až 14. století (*Fröhlich 2004*; *2012*; *Havlíček 2015*; *Hrubý 2011*, 96–101; *Rous a kol. 2004a*). Ve všech případech jsou žernovy sekány z různých typů žul, což je na Českomoravské vrchovině snadno dostupný materiál. Rozměry kamenů z důlních center 13. století na Českomoravské vrchovině mají značný rozptyl mezi 44 až 97 cm, nepozorujeme však žádné signifikantní korelace v závislosti na lokalitě, popř. regionu. Žernovy svými rozměry odpovídají soudobým mlecím kamenům z jiných regionů západní Evropy (*Haasis-Berner 1999*; *Fröhlich 2004*; *2012*). Přes 71 % žernovů ze sledovaného souboru patří do relativně ucelené velikostní skupiny

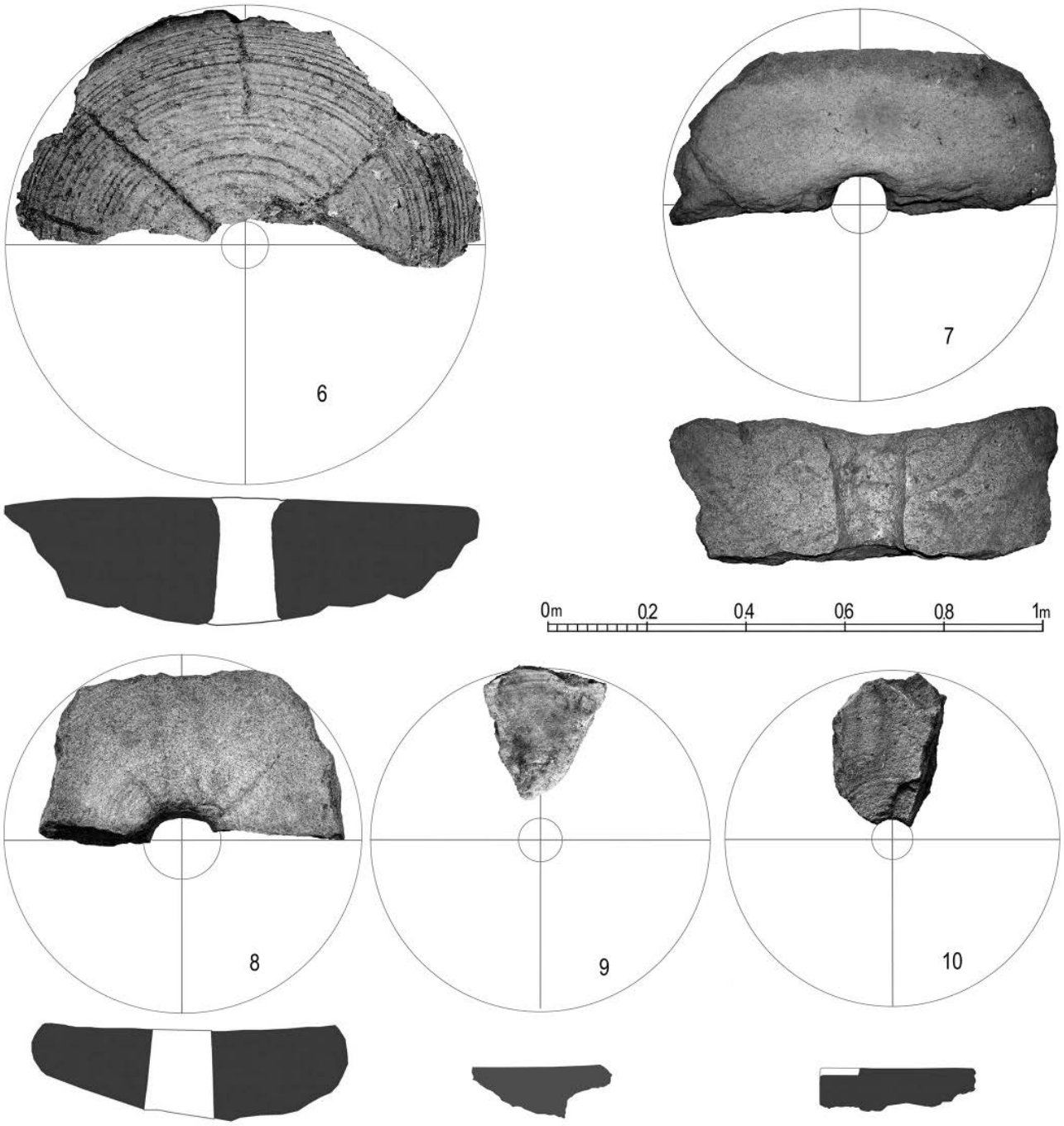


Obr. 64. *Zlomky a polotovary mlecích kamenů z lokalit spojených s exploatací zlata.* **1**: *Květinov.* **2**: *Opatov (okr. Třebíč) – Zlatomlýn. Foto M. Vokáč.* **3–5**: *Na štůlách u Humpolce. Foto a úprava autor.*

Fig. 64. *Fragments and blanks of grinding stones from gold mining sites.* **1**: *Květinov.* **2**: *Opatov (Třebíč Dist.) – Zlatomlýn (photo by J. Vokáč).* **3–5**: *Na štůlách near Humpolec. Photo and editing by author.*

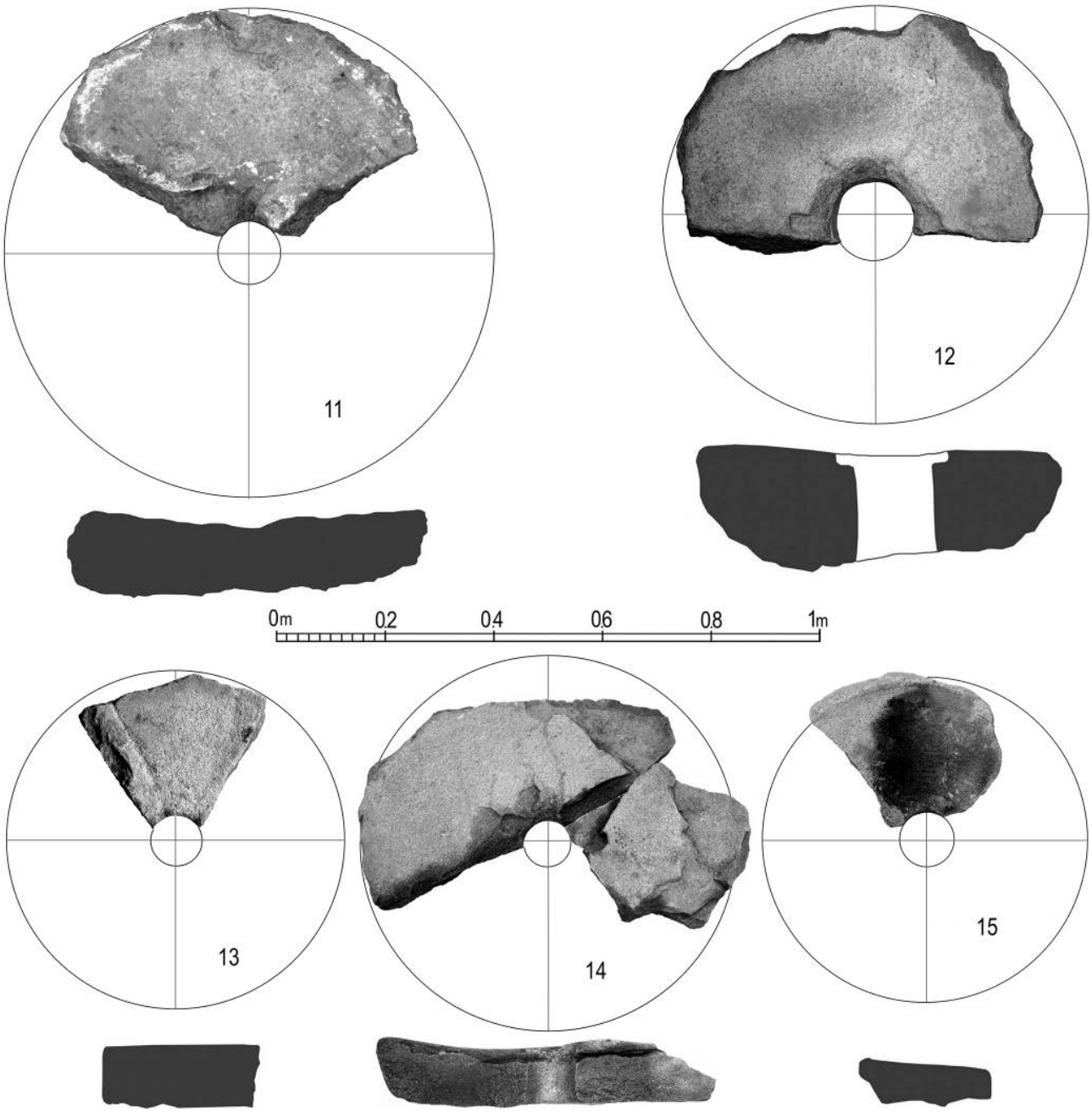
s průměrem 60–80 cm. Jen několik exemplářů přesahuje svým průměrem 90 cm (obr. 69). Ve 13. století lze rozlišit nejméně šest variant tzv. ostření pracovních ploch žernovů, jak ukazují výzkumy ve francouzském *Brandes en Oisans* (*Bailly-Maître – Minivielle Larousse 2011a*, 467, fig. 8). Soudobé příklady z Českomoravské vrchoviny jsou typově chudší, nicméně do této škály plně zapadají, což lze považovat za indikátor plošného zavedení unifikované technologie napříč Evropou (obr. 65: 6, obr. 66: 13, obr. 67: 17, 19 a 21).

Malý soubor mlecích kamenů z Českomoravské vrchoviny spojujeme s exploatací zlata. Např. *Na štůlách* u Humpolce se zlatonosný materiál při úpravě rozemílal. To naznačují tři nedokončené žulové žernovy, z nichž jeden je puklý na dvě poloviny. Nachází se v místě výchozů blokově rozvětralé žuly asi 300 m od důlních pracovišť. Exempláře jsou pravděpodobně středověké, přesněji je však nelze datovat (obr. 64: 3–5). Je třeba dodat, že další známé přímé doklady výroby žernovů do rudních mlýnů v podobě nedokončených



Obr. 65. *Zlomky mlecích kamenů z rudních mlýnů, nalezené archeologickými výzkumy na hornických lokalitách 13. až 14. století.* **6–8***: Jihlava, starohorská dislokace.* **9–10***: Cvilínek. Foto a úprava autor.*

Fig. 65. *Fragments of grinding stones from ore grinding mills, discovered during archaeological excavations of 13th to 14th century mining sites:* **6–8***: Jihlava, Staré Hory dislocation.* **9–10***: Cvilínek. Photo and editing by author.*

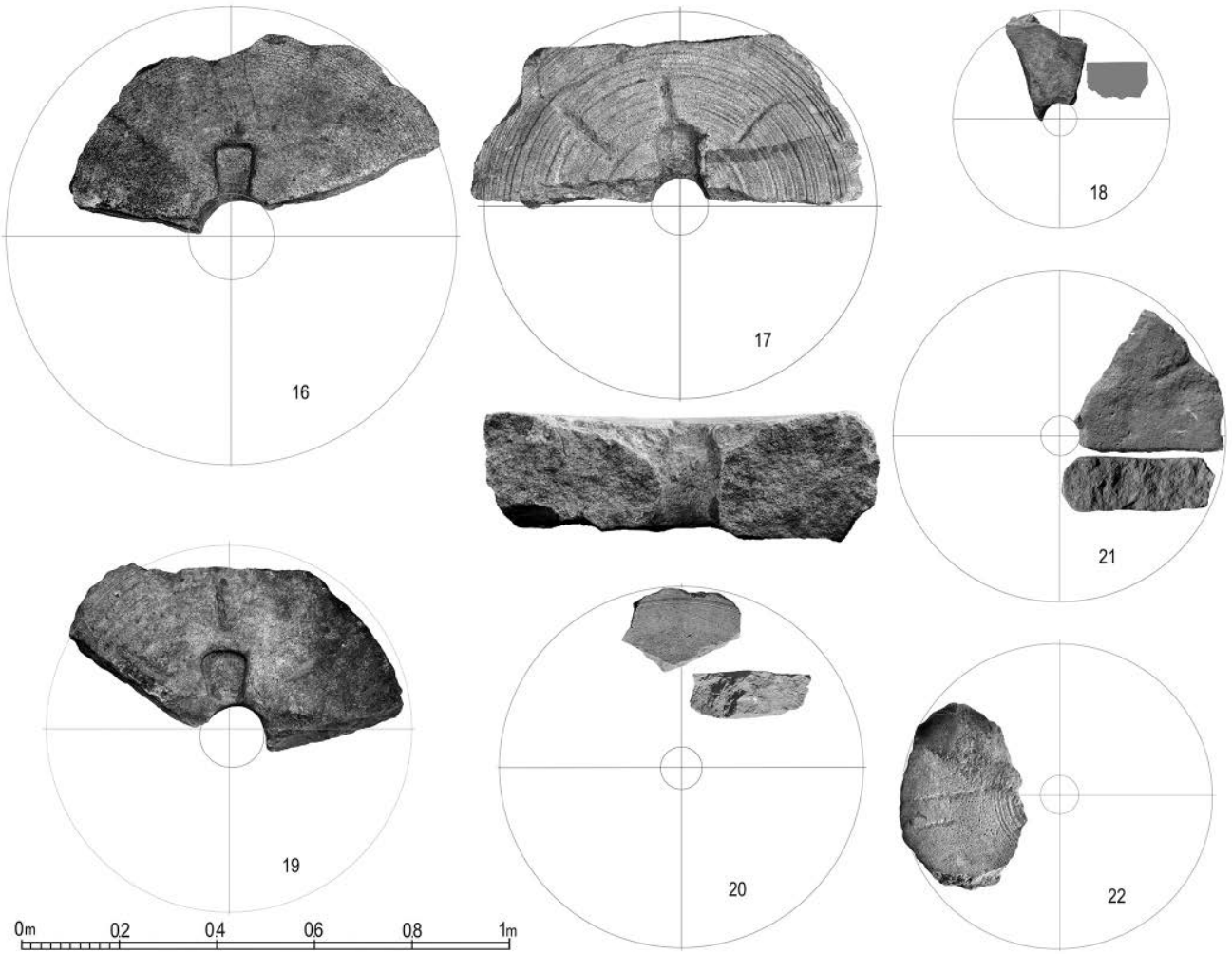


Obr. 66. *Zlomky mlecích kamenů z rudních mlýnů, nalezené archeologickými výzkumy na hornických lokalitách 13. až 14. století.* **11, 13***: Cvilínek;* **12, 14–15***: Jihlava, starohorská dislokace. Foto a úprava autor.*

Fig. 66. *Fragments of grinding stones from ore grinding mills, discovered during archaeological excavations of 13th to 14th century mining sites:* **11, 13***: Cvilínek.* **12, 14–15***: Jihlava, Staré Hory dislocation. Photo and editing by author.*

kusů v blízkosti dolů jsou z celé středověké Evropy dokumentovány jedině v zázemí střediska *Brandes en Oisans* (*Bailly-Maître – Minvielle Larousse 2009*, 25–27). Doklady středověkého zlatomlýna v provozu však přinesl archeologický výzkum v poloze *Zlatomlýn* u Opatova na Želetavsku (*Vokáč a kol. 2008*). Zlomek mlecího kamene se neliší od exemplářů z lokalit na zpracování rud polymetalických (obr. 64: 2). Specifický je žernov, velmi pravděpodobně ležák, z lokality Květinov. Nemá paprsčité rýhy a jeho rozměry i hmotnost připouští úvahy o ručním pohonu (obr. 64: 1).

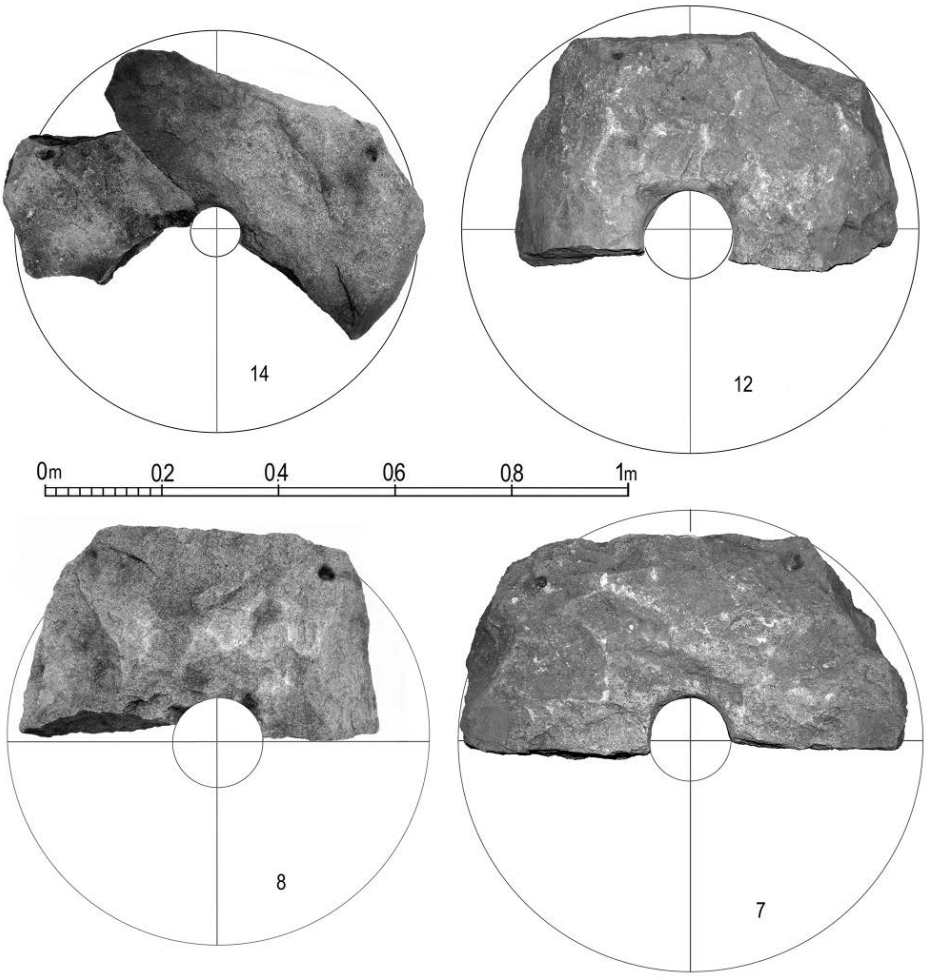
Na lokalitě *Cvilínek* jsou součástí nálezové situace fragmenty šesti žulových mlecích kamenů. Největší z nich představuje asi 30–40 % původního celku a jeho průměr lze odhadnout na 90 cm (obr. 66: 11; obr. 69), průměr oka je 10–12 cm. Jen místy jsou na okrajích patrné rýhy od rotačního pohybu, jinak je pracovní plocha druhotně deformována. Jiný z fragmentů má na omleté pracovní straně patrnou sekanou paprsčitou rýhu, kterými jsou žernovy z rudních mlýnů či zlatomlýnů „naostřeny" (obr. 66: 13). Další fragment má kromě koncentrických rýh a části středového otvoru dochovánu část vysekané kapsy



Obr. 67. *Zlomky mlecích kamenů z rudních mlýnů ze středověkých zpracovatelských areálů.* **16***: Stříbrné Hory (okr. Havlíčkův Brod).* **17***: Jihlava, Mostecká ulice (niva řeky).* **19***: Plandry a Vyskytná nad Jihlavou (okr. Jihlava), dolní tok Bělokamenského potoka.* **20***: Vyskytná (okr. Pelhřimov).* **18** *a* **21***: Koječín.* **22***: Jihlava, starohorská hornická aglomerace. Foto P. Duffek a P. Hrubý.*

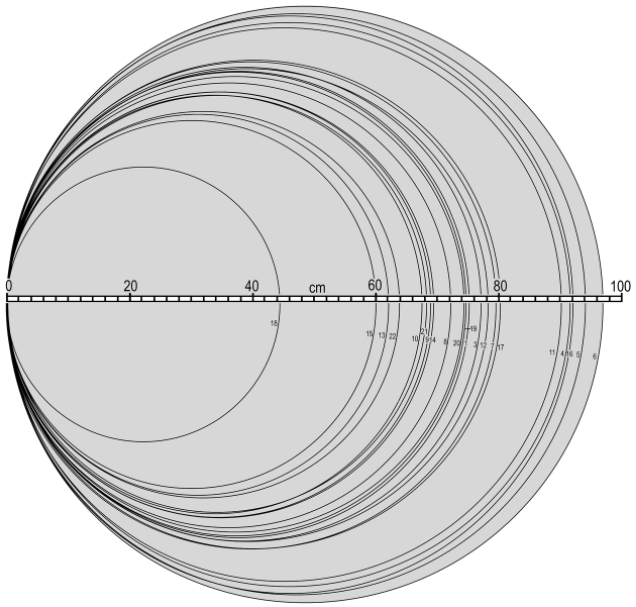
Fig. 67. *Fragments of grinding stones from ore grinding mills in medieval processing areas.* **16***: Stříbrné Hory (Havlíčkův Brod Dist.).* **17***: Jihlava, Mostecká Street (river floodplain).* **19***: Plandry and Vyskytná nad Jihlavou (Jihlava Dist.), lower reaches of Bělokamenský Stream.* **20***: Vyskytná (Pelhřimov Dist.).* **18** *and* **21***: Koječín.* **22***: Jihlava, Staré Hory mining agglomeration. Photo by P. Duffek and P. Hrubý.*

pro kypřici (obr. 65: 10). Kameny byly nalezeny volně i v zánikových výplních některých z podpovrchových archeologických struktur, avšak vždy v blízkosti deponií rudniny a prádel. Nejbližším souborem, srovnatelným z hlediska nálezových okolností, jsou mlecí kameny z plošných archeologických výzkumů na jihlavských Starých Horách (obr. 65: 6–8; obr. 66: 12, 14, 15). Starohorský soubor byl v roce 2014 rozšířen o exemplář ze zánikové výplně zahloubené stavby, zkoumané v areálu mlékárny v ulici *Na Dolech*. Jde rovněž o zlomek z vnějšího okraje daleko od středového otvoru a s rotačními rýhami na pracovní ploše (obr. 67: 22). Na území města Jihlavy byla v hluboko uložených říčních sedimentech na pravém břehu a na dohled kostela sv. Jana Křtitele nalezena v roce 2015 polovina robustního žulového žernovu s odhadovaným průměrem asi 85 cm (obr. 67: 17). Podobně jako u exemplářů ze starohorské dislokace zůstává i v tomto případě nejasné, zda jsou poloviny žernovů z pevné žuly i značné tloušťky výsledkem nechtěného rozlomení při provozu, nebo byly rozbity záměrně. Fragment žernovu s průměrem okolo 70 cm a s rotačními rýhami na pracovní ploše byl nalezen jižně od Vyskytné. Jde o úlomek z vnějšího okraje, tj. nedochoval se středový otvor. Jedná se o polohu mimo jakýkoliv zdroj vody, což vede k závěru, že rudní mlýn byl v tomto případě spíš menší a subtilnější, poháněný snad zvířecí silou. Dva mlecí kameny byly objeveny v korytě Bělokamenského potoka v blízkosti struskoviště na hutnické lokalitě ze 13. až 14. století (*Havlíček 2015*). Podle místa nálezů mlecích kamenů i podle jejich průměrů je možné uvažovat o menších mlýnech ručních i poháněných vodním kolem, popř. zvířecí silou. Vzhledem k dokumentované milimetrové frakci namletého a propraného sedimentu z nádržek v prádlech např. na *Cvilínku*, *Brandes en Oisans* nebo u Koječína (obr. 72–75) lze uvažovat o vícefázovém mletí podle požadavku na velikost zrna.



Obr. 68. *Spodní strany mlecích kamenů – ležáků s důlky pro kolíčky, kterými byly žernovy připevněny k tzv. hranici, čímž se bránilo nežádoucímu protáčení. Jihlava – starohorská dislokace. Foto a úprava autor.*

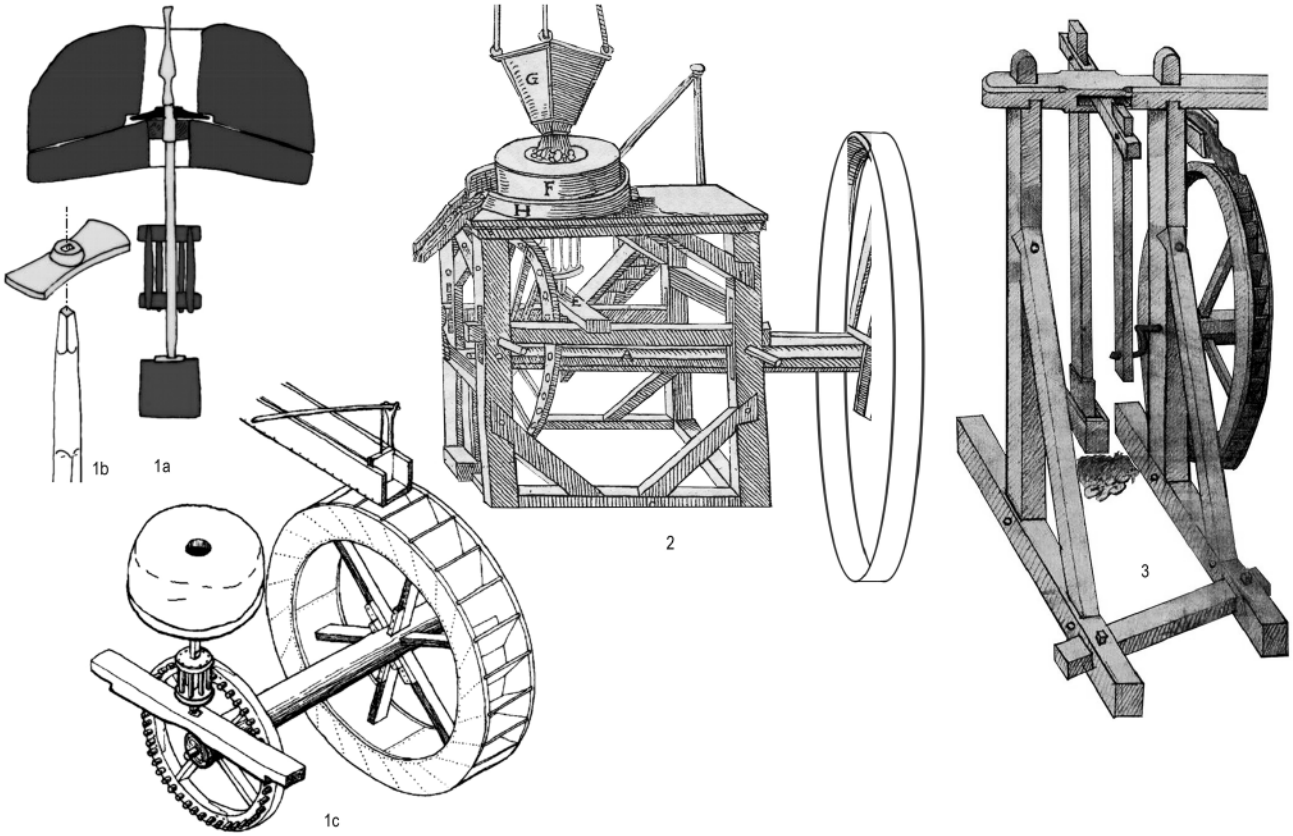
Fig. 68. *Bottom sides of lower grinding stones (bedstones) with holes for plugs, by which the stones were attached to a stopper preventing them from undesirable spinning. Jihlava – Staré Hory dislocation. Photo and editing by author.*



Obr. 69. *Rozměry mlecích kamenů z rudních mlýnů 13. až 14. století z Českomoravské vrchoviny. Číslování podle obr. 66–69.* **1***: Květinov.* **3–5***: Na štůlách u Humpolce.* **6–8, 12, 14–15, 22***: Jihlava, starohorská dislokace.* **9–10, 11, 13***: Cvilínek.* **17***: Jihlava, Mostecká ulice (niva řeky).* **19***: Plandry a Vyskytná nad Jihlavou, dolní tok Bělokamenského potoka (okr. Jihlava).* **20***: Vyskytná (okr. Pelhřimov).* **18** *a* **21***: Koječín.*

Na Starých Horách i na *Cvilínku* byly vedle žernovů s rotačně obroušenými pracovními plochami rozlišeny exempláře s plochami druhotně deformovanými prolákliny (obr. 65: 7, obr. 66: 11, 12, 14, obr. 67: 21). Jde o doklad druhotného využití žernovů jako podložek při ručním roztloukání rud.

Fig. 69. *Dimensions of millstones from 13th to 14th century ore grinding mills in the Bohemian-Moravian Highlands. Numbering according to Fig. 66–69.* **1***: Květinov.* **3–5***: Na štůlách near Humpolec.* **6–8, 12, 14–15, 22***: Jihlava, Staré Hory dislocation.* **9–10, 11, 13***: Cvilínek; 17: Jihlava, Mostecká Street (river floodplain); 19: Plandry and Vyskytná nad Jihlavou, lower reaches of Bělokamenský Stream (Jihlava Dist.); 20: Vyskytná (Pelhřimov Dist.).* **18** *and* **21***: Koječín.*



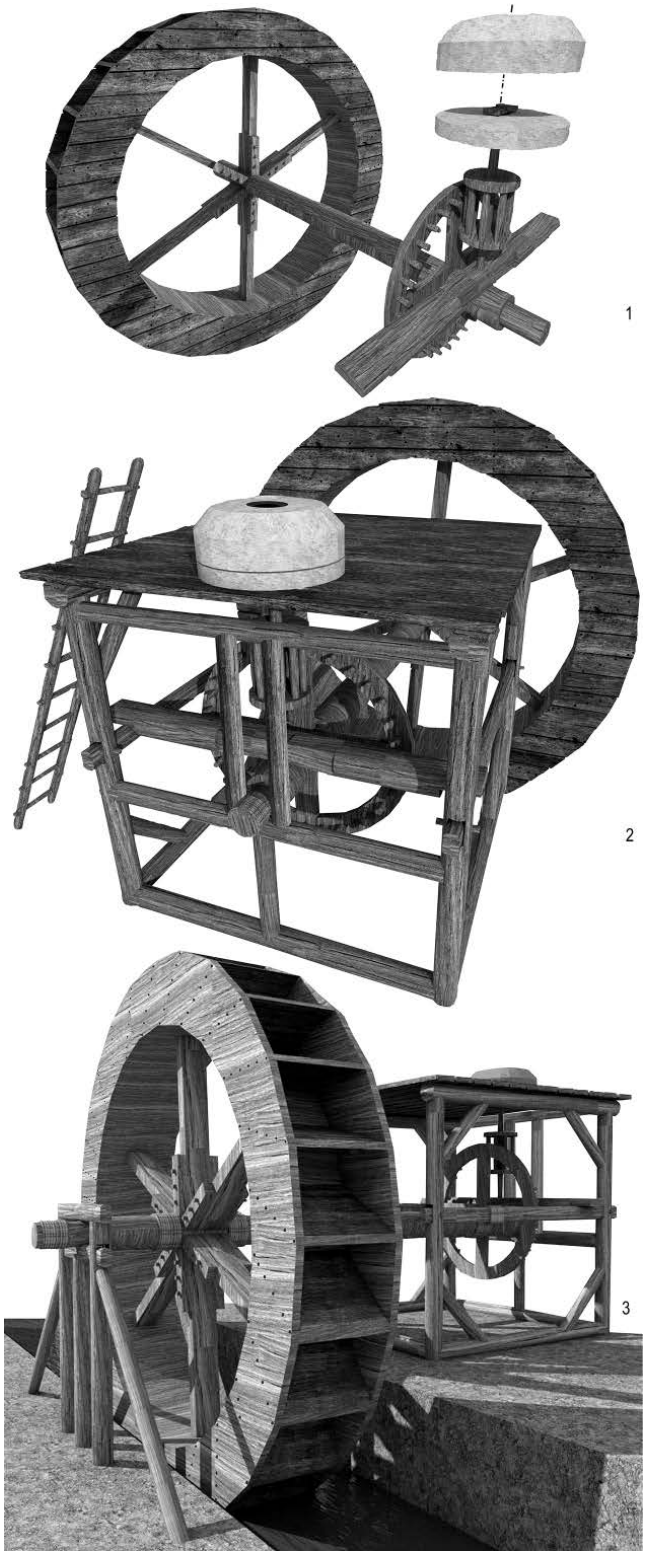
Obr. 70. *Rudní mlýny ve středověku a raném novověku.* **1***: Rekonstrukce na základě nálezů z lokality Teufelsgrund v jižním Schwarzwaldu (Straßburger 2014, Taf: 277: 3–4).* **2***: Rudní mlýn podle G. Agricoly v polovině 16. století (Ježek – Hummel 2001).* **3***: Jednopalicová stoupa poháněná vodním kolem. Das mittelalterliche Hausbuch von Schloss Wolfegg, někdy po roce 1480.*

Fig. 70. *Medieval and early modern ore grinding mills.* **1***: reconstruction based on finds from the Teufelsgrund site in southern Schwarzwald (Straßburger 2014, Taf. 277: 3–4).* **2***: ore grinding mill according to G. Agricola, first half of the 16th century (Ježek – Hummel 2001).* **3***: one-stamp mill powered by a waterwheel. Das mittelalterliche Hausbuch von Schloss Wolfegg, after 1480.*

Prádla a principy gravitační separace užitkových rud

Hlavní funkcí prádel, či přesněji gravitační úpravny, byla výroba rudního koncentrátu různého zrna i složení, a to z rudniny, u níž nebylo možné provést ruční nebo mechanické oddružení užitkové rudy od ostatního materiálu, popřípadě rozdružit hodnotnější galenitové rudy od těch méně hodnotných. Toho se dosahovalo i několikastupňovým gravitačním oddělováním pod hladinou vody (obr. 76). Aby mohly být separovány pokud možno čisté užitkové rudy, musela být rudnina nejprve granulometricky upravena na přibližně stejné zrno. Toho se dosahovalo roztloukáním, stoupováním (obr. 70: 3), vícestupňovým mletím a nejspíš i sítováním. Vstupní surovinou byl i odpad z ručního roztloukání a třídění rudniny. Produktem byl komplexní sulfidický koncentrát, získávaný ze všech texturních a strukturních typů rudniny, které neumožňovaly ruční či mechanickou separaci galenitu nebo sulfidů stříbra. Z praktického hlediska je však pravděpodobné, že ze směsného koncentrátu obecných sulfidů byl ručně i gravitačně ještě vytříděn galenit. Pokud to bylo v možnostech dobových technologií rozdružování rud, nebyl důvod zvyšovat ztráty ponecháním nejbohatší stříbronosné složky ve směsném koncentrátu, který byl sice kvantitativně významnější, ale byl na stříbro i potřebné olovo chudší a jeho tavba byla složitější. Ručně vybíraný galenitový koncentrát s 60–70 % Pb může obsahovat 0,3–2,5 % Ag (*Holub – Malý 2012*). Vytříděná rudnina pro praní se deponovala v blízkosti nádrží a splavů. Rudy zbavený vypraný materiál postupně zanášel dna nádrží i koryt, hromadil se v jejich okolí a nakonec byl i příčinou úplného zániku konkrétního pracoviště.

V českém a do jisté míry i evropském prostředí jsou výjimečné plošné odkryvy tří kompaktních areálů s pozůstatky vzájemně propojených či spolu souvisejících nádržek, kanálků, žlabů a koryt, které datujeme do 13., popř. přelomu 13. a 14. století. Jde o dva areály na starohorské dislokaci v Jihlavě a areál na lokalitě *Cvilínek* (obr. 37, 74, 75, 79–83). Zatím jedinou analogií je gravitační úpravna na lokalitě *Brandes en Oisans* ve Francii, třebaže konstrukční pojetí je zde z hlediska dostupného stavebního materiálu jiné (*Bailly-Maître 2002,* 126–132). Zatímco na *Cvilínku* a v Jihlavě byly nádrže dřevěné, v *Brandes* se uplatňuje výhradně kámen (obr. 73).



Obr. 71. *Ideální trojrozměrný model rudního mlýna ze 13. až 14. století. Podle podkladů vytvořil M. Vágner, úprava autor.*

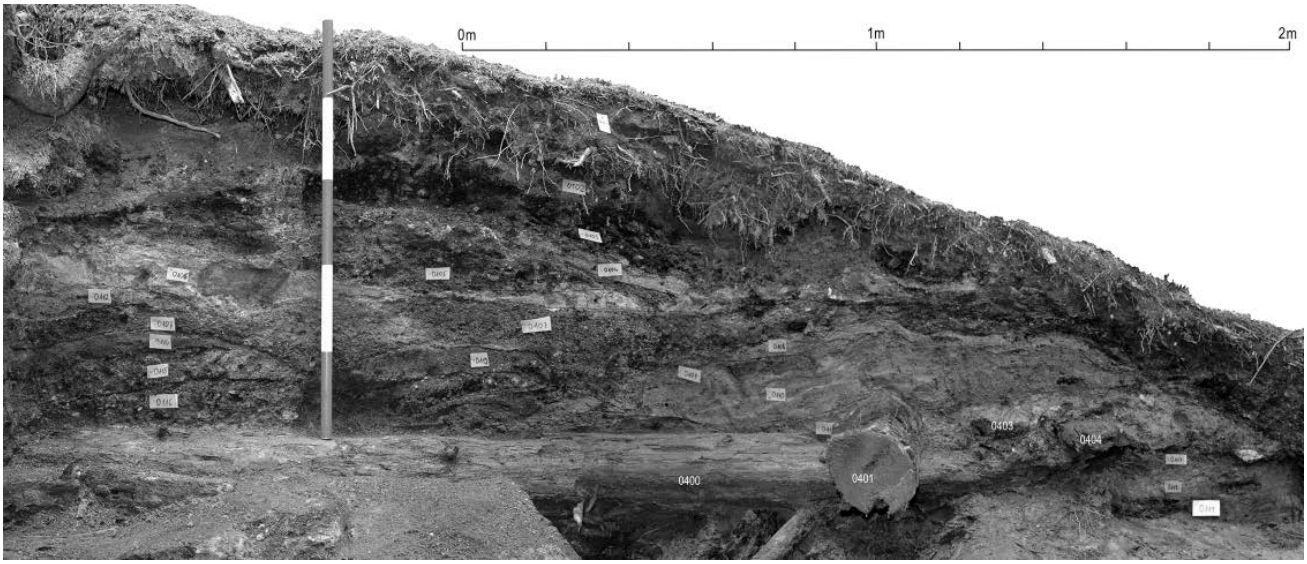
Fig. 71. *Ideal 3D model of a 13th to 14th century ore grinding mill. Created by M. Vágner according to source documents, edited by author.*

Principiálně však jde o podobně pracující několikastupňovou soustavu nádržek na sedimentaci a gravitační rozdružování namleté rudniny, ze které byl separován rudní koncentrát. Ještě více než na *Cvilínku* nebo na jihlavských Starých Horách se v úpravně v *Brandes* vyskytovaly mlecí kameny i stavební pozůstatek rudního mlýna, dokládající technologickou a prostorovou provázanost obou úpravnických postupů (*Bailly-Maître – Minvielle Larousse 2009*; *2011a*; *b*). Mineralogický rozbor i sedimentologické a chemické analýzy výplní nádrží naznačují, že úkolem tohoto složitě vybaveného pracoviště nebylo jen produkovat koncentrát stříbronosného galenitu, nýbrž i s co nejmenšími ztrátami separovat z upravovaných rud vtroušeniny a inkluze sulfosolí stříbra (*Marconnet 2001*; *2002*; *2006 a–b*; *Malý – Hrubý 2014*). To se zdá pravděpodobné na lokalitě *Cvilínek*, kde byl rozborem výplní nádržek makroskopicky doložen tetraedrit. Textury a struktury zpracovávané rudniny naznačují, že mohl být separován teprve až po jemném rozemletí a následném nabohacování v nádržích. Tento produkt byl nepochybně menšinový a metalurgicky byl zpracováván jen příležitostně, takřka v laboratorním množství. Mladší analogii z období okolo roku 1500 představuje areál s nádržkami prakticky identické konstrukce v nivě potoka na krušnohorské lokalitě Carlsfeld jižně od města Eibenstock (*Helm – Kinne 2014*).

Prádla a gravitační úpravny na starohorské dislokační zóně u Jihlavy

Výzkumem na starohorské dislokaci roku 2002 byly odkryty soustavy kopaných nádržek, koryt a žlábků, jejichž osou byl mohutný kanál ústící z jedné z těžních jam (obr. 32: 1 a obr. 78: 1). Ten byl provázán se strukturou obdélného půdorysu, jejíž stěna byla tvořena řadou kůlů se šikmo seříznutým spodním koncem. Ve východní části plochy se nacházely další struktury tohoto typu, včetně stop po nadzemních dřevěných konstrukcích. V této části se nacházela potoční niva a sedimenty vzniklé provozem dolů a prádel. Součástí areálu bylo několik dalších pravidelných struktur, považovaných za pozůstatky nádržek. Celá soustava byla vázána na malou vodoteč, do které ústila. Napájení této soustavy zajišťoval blízký potok, popř. voda čerpaná ze šachet.

Prádla zkoumaná v roce 2006 v severní části aglomerace byla vázána na těžní jámy (obr. 33 a obr. 78: 2). Soustava využívala mírný spád terénu k severovýchodu. Jeden z dvou hlavních kanálů ústil přímo ze zaniklé šachty. Na kanály byly navázány nádržky, ve kterých se usazoval rudonosný náplav a v konečném stadiu praní pak čistý rudní koncentrát. V centrální části byla zachycena superpozice dvou větví soustavy, které byly podle stratigrafií nesoučasné. Do nálezové situace patřily i uloženiny, po proprání a zbavení všech hlinitých a plastických složek šlo o ostrohranná zrna spíše jemné frakce, takže můžeme mluvit o namleté a prorýžované rudnině. Na rozdíl od prádel na lokalitě Staré Hory I nebyla zjištěna bezprostřední vazba na přirozený vodní tok. Napájení této soustavy lze předpokládat rovněž vodou čerpanou ze šachet.



Obr. 72. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Koječín. Řez deponií a detail sekvence technogenních uloženin. Foto autor.*

Fig. 72. *Medieval mining and processing area in Koječín. Section through a dump and detailed view of the sequence of technogenic deposits. Photo by author.*

Obr. 73. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Brandes en Oisans. Sedimentární výplň nádržky na gravitační separaci rudního koncentrátu z namleté rudniny. Archeologický výzkum 2014 Bailly-Maître a Minvielle Larousse. Foto N. Minvielle Larousse.*

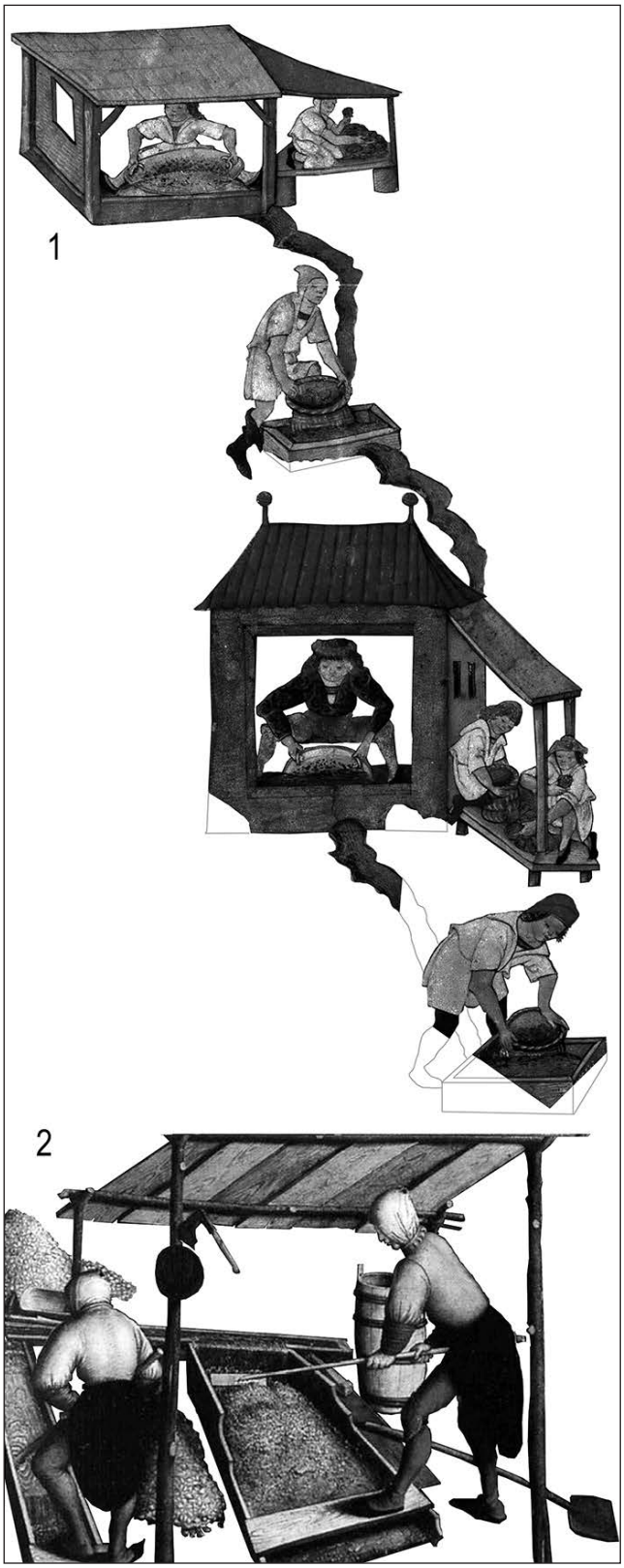
Fig. 73. *Medieval mining and processing area Brandes en Oisans. Sedimentary fill of a basin for gravity separation of ore concentrate from ground ore. Archaeological excavation by Bailly-Maître and Minvielle Larousse in 2014. Photo by N. Minvielle Larousse.*

Obr. 74. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Cvilínek u Černova. Sedimentární výplň nádržky č. 0570 na gravitační separaci rudního koncentrátu z namleté rudniny. Archeologický výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Foto autor.*

Fig. 74. *Medieval mining and processing area Cvilínek near Černov. Sedimentary fill of the basin No. 0570 for gravity separation of ore concentrate from ground ore. Archaeological excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Photo by author.*

Obr. 75. *Středověký důlní a zpracovatelský areál Cvilínek u Černova. Sedimentární výplň nádržky č. 0600 na gravitační separaci rudního koncentrátu z namleté rudniny. Archeologický výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Foto autor.*

Fig. 75. *Medieval mining and processing area Cvilínek near Černov. Sedimentary fill of the basin No. 0600 for gravity separation of ore concentrate from ground ore. Archaeological excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Photo by author.* →



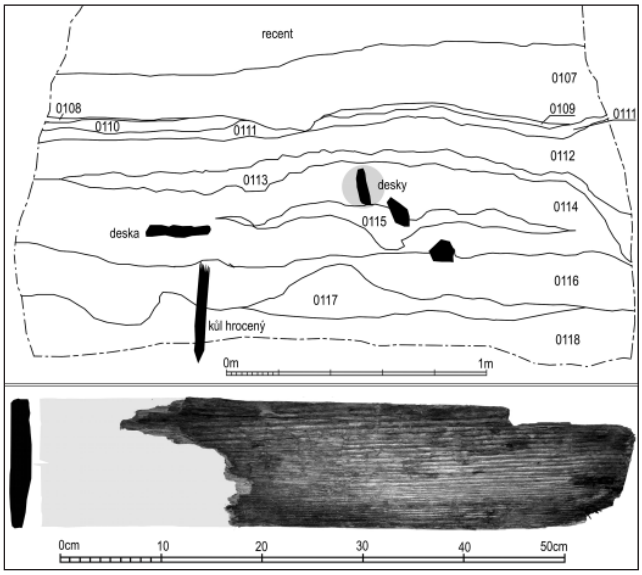
Obr. 76. *Praní a gravitační separace rudy.* **1***: Tzv. Kutnohorská iluminace okolo roku 1500 (podle Studničková – Purš 2010); 2: Tzv. Annaberský oltář v kostele sv. Anny v saském krušnohorském městě Annaberg. Foto autor.*

Fig. 76. *Washing and gravity separation of ore.* **1***: so-called Kutná Hora Illumination from around 1500 (Studničková – Purš 2010).* **2***: so-called Annaberg Altar in the Church of St. Anna in the town of Annaberg in the Ore Mountains (Erzgebirge), Saxony. Photo by author.*

Specifickým druhem dokladů primární úpravy rud jsou provozní sedimentární výplně nádržek, koryt, žlabů a kanálů, promíchané někdy s propranou rudninou. Dále je to odpad po praní rud v podobě proprané a namleté rudniny ve výplních blízkých archeologických struktur i mimo ně a konečně také propraný a nejspíš stoupovaný či ručně roztlučený baryt zbavený užitkové rudy, který byl zjištěn v zánikové výplni jedné ze staveb na lokalitě Staré Hory I v blízkosti prádel.

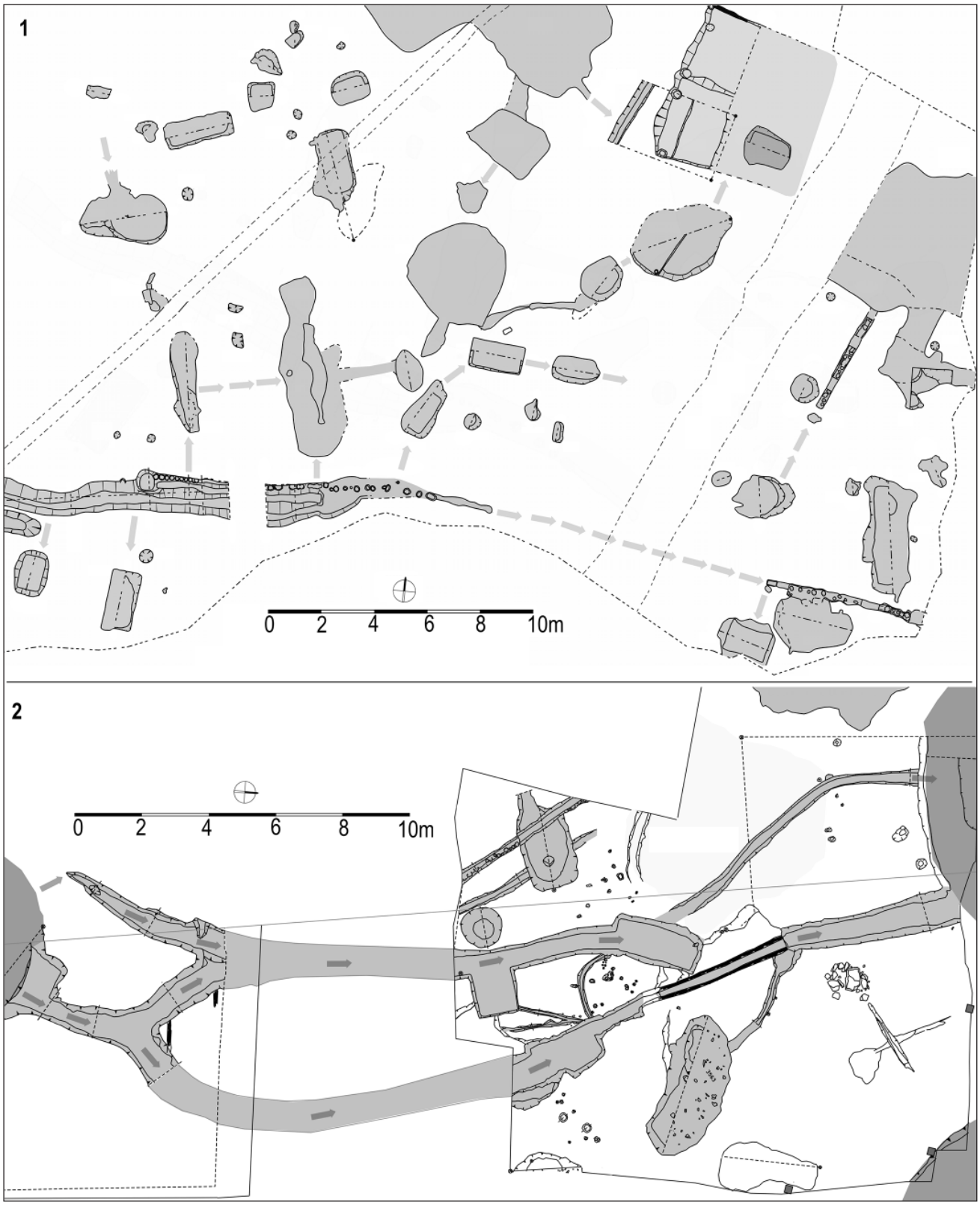
Prádla a gravitační úpravna na *Cvilínku* u Černova

Areál s nádržkami, splavy a koryty byl přímo vázán na vodní zdroj a od míst ručního třídění rudniny byl vzdálen asi 20 m (obr. 33 a obr. 74–75, obr. 79–83). Praní však nejspíš probíhalo i na jiných místech v souladu s potřebami těžařů. Nádržka byla zjištěna také u potoka i v tůni asi 80 m od hlavních prádel po proudu (obr. 90). Existence dalších prádel zejména po proudu Kameničky s vazbou na kopaný náhon, dochovaný v délce 15 m (šířka 1 m, hloubka 0,4 m), je pravděpodobná.



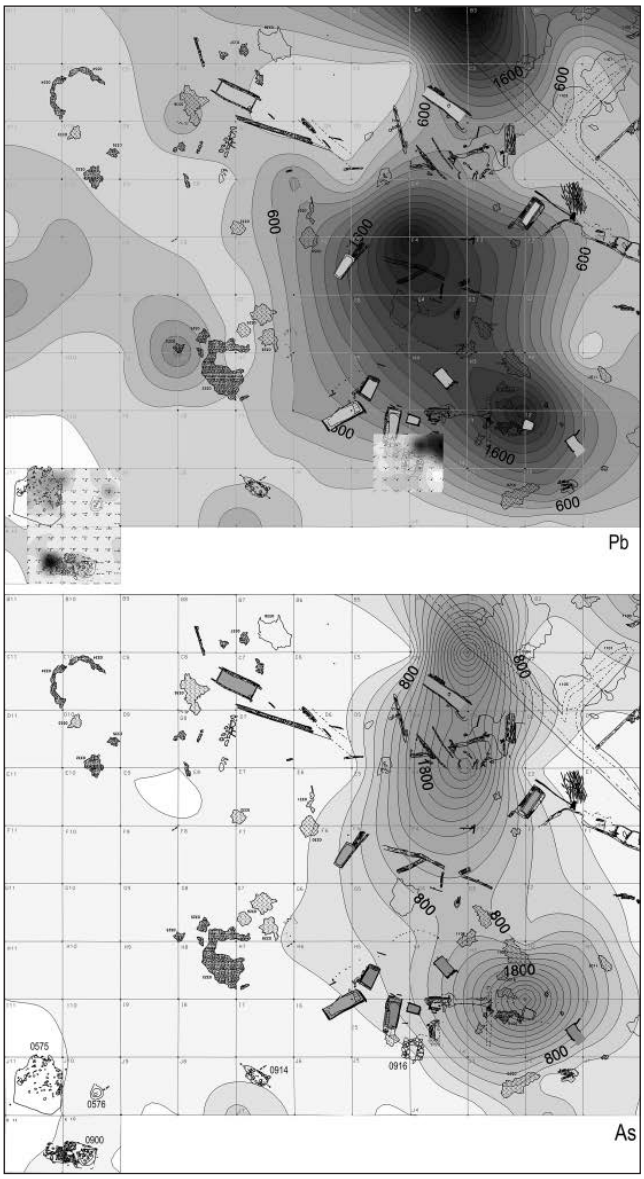
Obr. 77. *Řez sedimenty dnes zatrubněné vodoteče v zóně zrudnění na starohorské dislokaci na západním okraji Jihlavy, k. ú. Horní Kosov. Při archeologickém výzkumu ARCHAIA Brno v roce 2012 zde byly nalezeny štípané jedlové desky, které byly pomocí dendrochronologie datovány do zimy 1238/1239. Tento nález vysoce pravděpodobně souvisí s úpravou zdejších rud. Foto autor.*

Fig. 77. *Section through sediments of an already culverted watercourse in the mineralisation zone on the Staré Hory dislocation at the western periphery of Jihlava, in cadastral district of Horní Kosov. Archaeological excavations carried out by ARCHAIA Brno in 2012 uncovered here split fir planks, which were dated by dendrochronology to the winter of 1238/1239. This find is most probably related to preparation of local ores. Photo by author.*



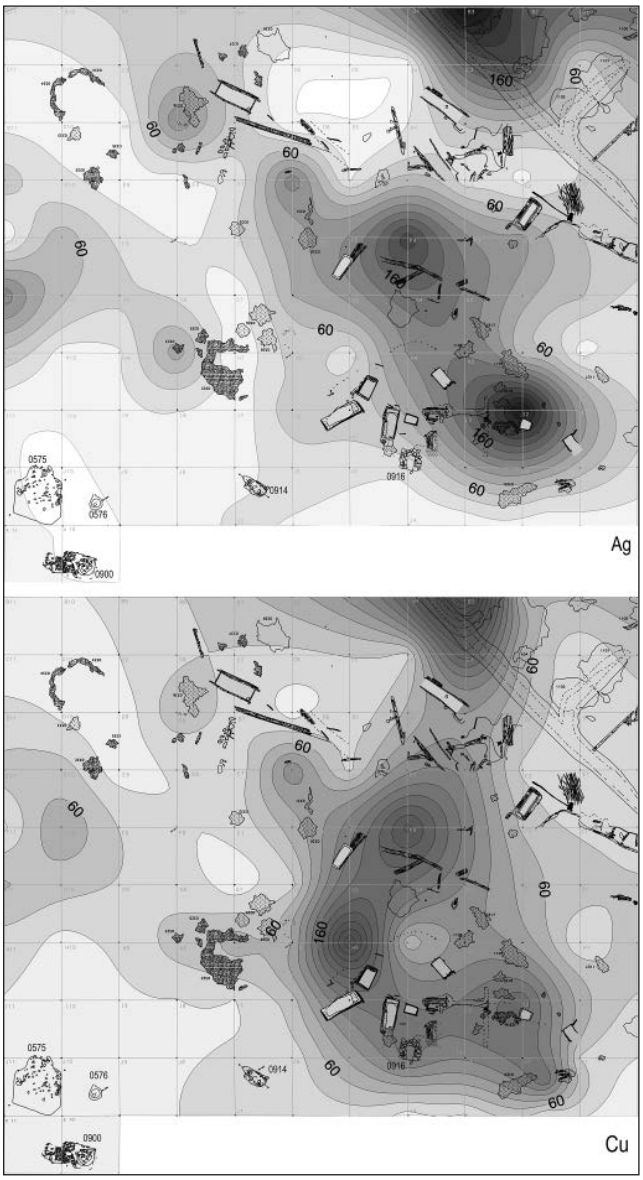
Obr. 78. *Archeologické pozůstatky gravitačních úpraven na jihlavských Starých Horách.* **1***: Archeologický výzkum 2002.* **2***: Archeologický výzkum 2006. Výzkum ARCHAIA Brno. Digitalizace M. Daňa, úprava autor.*

Fig. 78. *Archaeological relics of gravity preparation plants on Staré Hory in Jihlava.* **1***: archaeological excavation in 2002.* **2***: archaeological excavation in 2006. Excavation by ARCHAIA Brno. Digitisation by M. Daňa, edited by author.*



Obr. 79. *Archeologické pozůstatky gravitační úpravny a navazujících pracovišť na lokalitě Cvilínek. Plošné rozmístění zjišťovaných kovů v půdě. Výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Digitalizace M. Daňa. Půdní metalometrie K. Malý, úprava autor.*

Fig. 79. *Archaeological relics of a gravity preparation plant and the related workplaces on the Cvilínek site. Spatial distribution of detected heavy metals in soil. Excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Digitisation by M. Daňa. Soil metallometry by K. Malý, edited by author.*

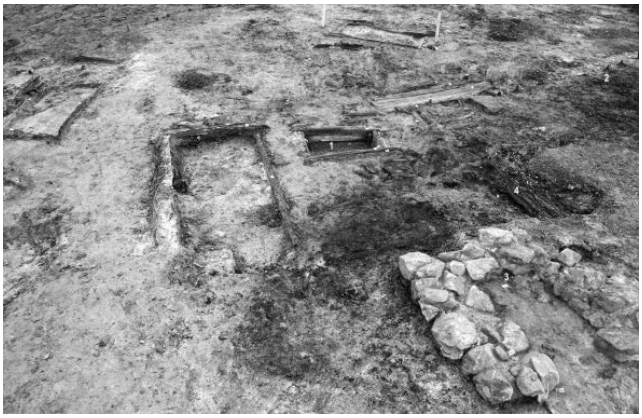


Obr. 80. *Archeologické pozůstatky gravitační úpravny a navazujících pracovišť na lokalitě Cvilínek. Plošné rozmístění zjišťovaných kovů v půdě. Výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Digitalizace M. Daňa. Půdní metalometrie K. Malý, úprava autor.*

Fig. 80. *Archaeological relics of a gravity preparation plant and the related workplaces on the Cvilínek site. Spatial distribution of detected heavy metals in soil. Excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Digitisation by M. Daňa. Soil metallometry by K. Malý, edited by author.*

Voda přitékající do prádel byla regulovaně rozváděna koryty na splavy a nádrže. V hlubších nádržích probíhalo nejspíš prosté promývání vytěžené rudniny (asi v pletených koších) pro třídění a roztloukání. V úvahu přichází i promývání v dřevěných rýžovnických miskách (obr. 76: 1). Součástí prádel jsou dochované obdélné dřevěné nádrže, vyplétaná koryta vodních cest, dlabané žlaby a splavy z prken, doprovázené ploty nebo podpěrnými řadami kůlů (obr. 81 a 82).

Část výplní nádržek byla tvořena sedimenty s podílem sulfidů kovů. Rudní granulát zrna 4–15 mm byl separován např. v nádrži č. 0594 (obr. 81: 1). Jde o ostrohranná zrna i automorfní krystaly (pyrit, arsenopyrit). Velikost zrn kolísá od 1 mm po 5 mm. Srůsty s křemenem žiloviny jsou výjimečné. Byl zjištěn významný korelační vztah mezi Ag a Cu a mezi Ag a Sb ve šlichu (korelační koeficient 0,871 a 0,875). Statisticky významný je však i korelační koeficient mezi Ag a Pb. Hodnota –0,843 naznačuje, že Ag je zde vázáno nejen na galenit, nýbrž i na minerály Ag-Cu-Sb (obr. 61). Granulometricky odpovídajícím odpadem byla nastoupovaná a vypraná žilovina zbavená užitkové rudy, koncentro-



Obr. 81. *Lokalita Cvilínek. Celkový pohled na pozůstatky prádel s reliktem pece v popředí.* **1***: Nádržka č. 0594 s rudním koncentrátem.* **2***: Splav a řada kůlů indikující regulovaný odtok vody.* **3***: Pec č. 0916.* **4***: Smýcený kmen stromu, částečně zuhelnatělý a částečně dekomponovaný. Výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Foto autor.*

Fig. 81. *Cvilínek site. General view of the relics of ore washing facilities with remnant of an oven in the foreground.* **1***: basin No. 0594 with ore concentrate.* **2***: sluice and a row of posts indicating a regulated water outflow.* **3***: oven No. 0916.* **4***: felled tree trunk, partly carbonised and party decomposed. Excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Photo by author.*

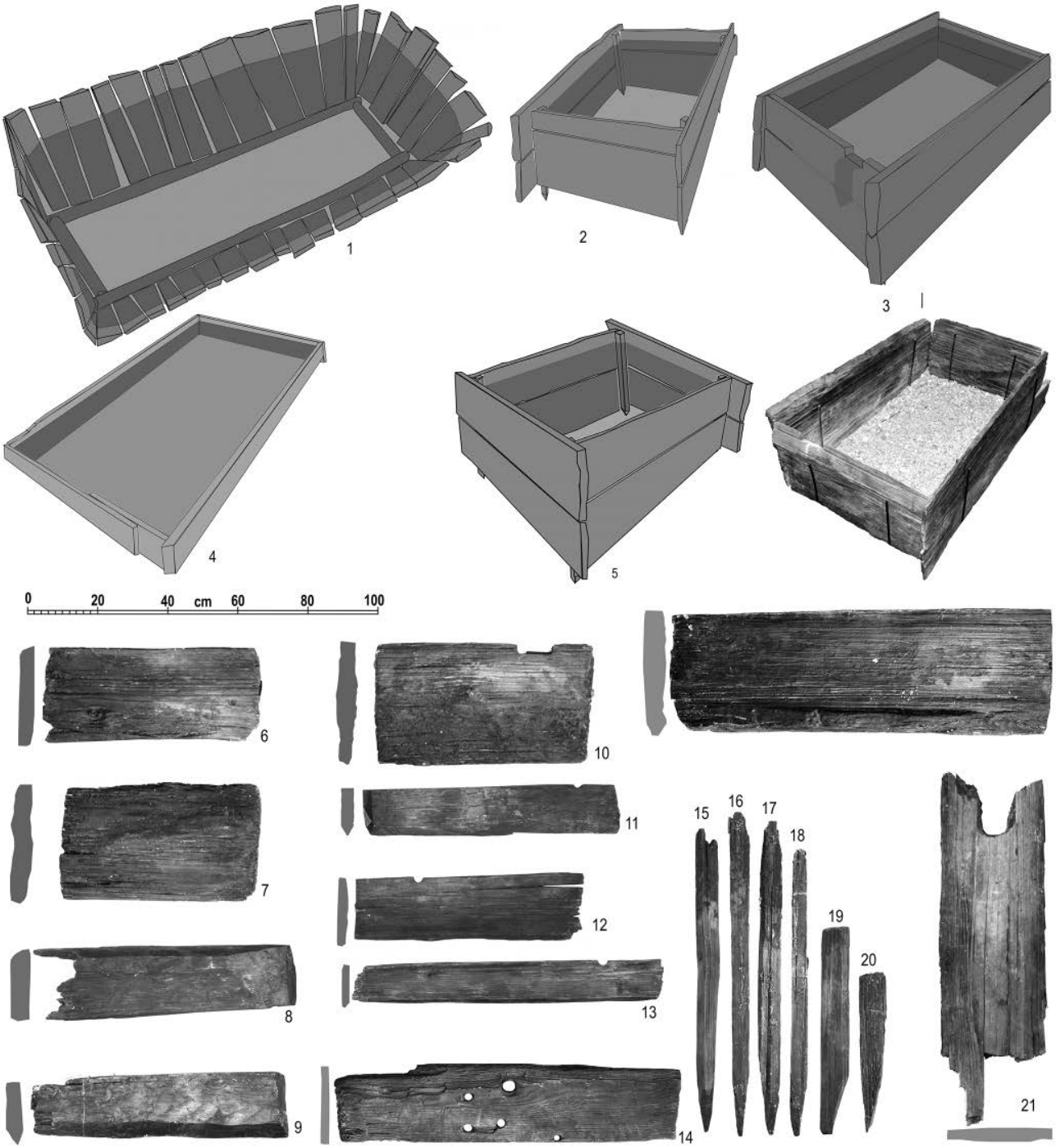
Obr. 82. *Lokalita Cvilínek. Dlabané vodní koryto v prádlech. Výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Foto P. Duffek.*

Fig. 82. *Cvilínek site. Chiselled flume in the ore washing facilities. Excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava. Photo by P. Duffek.*

vaná okolo nádržek. Je dokonce možné, že při praní nebyl tento odpad průběžně odstraňován, takže jím bylo pracoviště postupně zaneseno.

Plošná půdní metalometrie vykazuje zvýšené obsahy Pb, Ag, Zn, Cu, As. Maxima Pb byla okolo 3000 ppm, Ag okolo 300 ppm. Podobně jsou prostorově rozložena maxima Zn (okolo 3000 ppm). Prostorově vyhraněné koncentrace As dosahují maxima 3700 ppm. Poněkud jiné je rozložení obsahů Cu s maximy jen okolo 270 ppm (obr. 79–80). Normální hodnoty sledovaných prvků v půdě jsou Ag do 1 ppm, Pb 12–63 ppm, Cu 10–15 ppm, Zn 0–126 ppm a As 0–24 ppm. Zajímavé jsou lokální anomálie magnetického pole nejen v místech pecí, ale zejména místech deponií rudniny a vyprané stoupované, popř. mleté žiloviny. Jejich příčinou nejsou jen změny tepelné, podmíněné metalurgickou činností, nýbrž i změny fázové, charakteristické např. přítomností pyrhotinu v rudnině.

V konstrukčních dřevech převládají jedle a smrk, vhodné pro štípání. Z listnáčů je zastoupen topol nebo vrba. Desky a hranoly byly odřezány nebo odsekány a převážně štípány bez další úpravy. Jen výjimečně byly ještě na povrchu dotesané. Mezi deskami se nalézaly exempláře šířky až 35–37 cm. Podélné spoje desek byly buď na vložené pero a drážku, nebo na vlastní pero a drážku hrotitého profilu. Vrtané otvory v deskách byly pravděpodobně jednoduchým opatřením regulace přítoku vody do prádel a na splavy (obr. 83: 6–14). Z celkem 28 vzorků se podařilo spolehlivě datovat osm dřev. Všechna byla smýcena v krátkém intervalu 1266–1268/1269 (Tab. 2).



Obr. 83. *Lokalita Cvilínek.* **1–5***: Trojrozměrné rekonstrukce nádržek z prádel a expoziční realizace jedné z nich. Výzkum ARCHAIA Brno a MVJ. Kresebné rekonstrukce a foto autor, expoziční realizace MVJ.* **6–14***: Příklady desek, z nichž byly sestaveny nádržky. Na některých lze pozorovat jednoduchá opatření k regulaci přítoku a odtoku vody.* **15–21***: Příklady štípaných a hrocených stavebních dřev, z nichž byly postaveny nádržky a další zařízení v prádlech. Výzkum ARCHAIA Brno. Foto autor.*

Fig. 83. *Cvilínek site.* **1–5***: 3D reconstructions of basins from ore washing facilities and an exhibition model. Excavation by ARCHAIA Brno and Museum of Vysočina Region in Jihlava (MVJ). Reconstruction drawings and photo by author, exhibition model by MVJ.* **6–14***: examples of wooden planks, from which the basins were built. Some of them exhibit simple modifications for the regulation of water inflow and outflow.* **15–21***: examples of split and tapered pieces of construction wood, from which the basins and other devices in the ore washing facilities were built. Excavation by ARCHAIA Brno. Photo by author.*