

ARCHEOLOGICKÉ DOKLADY STŘEDOVĚKÝCH METALURGICKÝCH AKTIVIT V PRAŽSKÉM KLEMENTINU – VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ BRONZU, MOSAZI A STŘÍBRA

JAN ZAVŘEL – JAN HAVRDA – KAREL MALÝ – ROMANA KOČÁROVÁ

Článek je zaměřen na doklady středověkých výrobních technologií, zejména na metalurgii drahých a neželezných kovů či jejich slitin (stříbra, bronzu a mosazi). Geochemický výzkum byl proveden metodou EDS-SEM. Předmětem studie jsou pece a další nálezy z areálu Klementina při západním okraji Starého Města pražského. Pominuty nejsou ani drobné nálezy objevené v okolí. Zdejší nálezy výrobních zařízení (peci) či drobné relikty vzniklé při destrukci těchto objektů (fragmenty ze stěn pecí) a též artefakty náležející k dalším typům archeometalurgických nálezů (hrudky a úkapky slitin barevných kovů, struska, prubířské kameny, technická keramika, kadlub) přispívají k poznání specializovaných výrobních aktivit v Praze v průběhu 12. a 13. století.

ARCHAEOLOGICAL EVIDENCE OF MEDIEVAL METALLURGICAL ACTIVITIES IN PRAGUE'S CLEMENTINUM – PRODUCTION AND PROCESSING OF BRONZE, BRASS AND SILVER

The article focuses on documentation of medieval production technologies, especially on the metallurgy of precious and non-ferrous metals or their alloys (silver, bronze and brass). Geochemical analysis was carried out using the EDS-SEM method. Under focus are furnaces and other finds from the Clementinum area near the western edge of Prague's Old Town; reviewed are also the small finds discovered in the vicinity. The local finds of production features (furnaces) or small remains after their destruction (fragments from the walls of the furnaces) and also artefacts belonging to other types of archaeometallurgical finds (lumps and drops of non-ferrous metal alloys, slag, touchstones, technical ceramics, crucible) expand the knowledge of specialized production activities in Prague during the 12th and the 13th century.

Klíčová slova — Praha – Staré Město – Klementinum – 12. a 13. století – výroba bronzu, stříbra, mosazi – metalurgické pece – archeometalurgie – EDS-SEM

Key words — Prague – Old Town – Clementinum – 12th and 13th centuries – production of bronze, silver, brass – metallurgical furnaces – archaeometallurgy – EDS-SEM

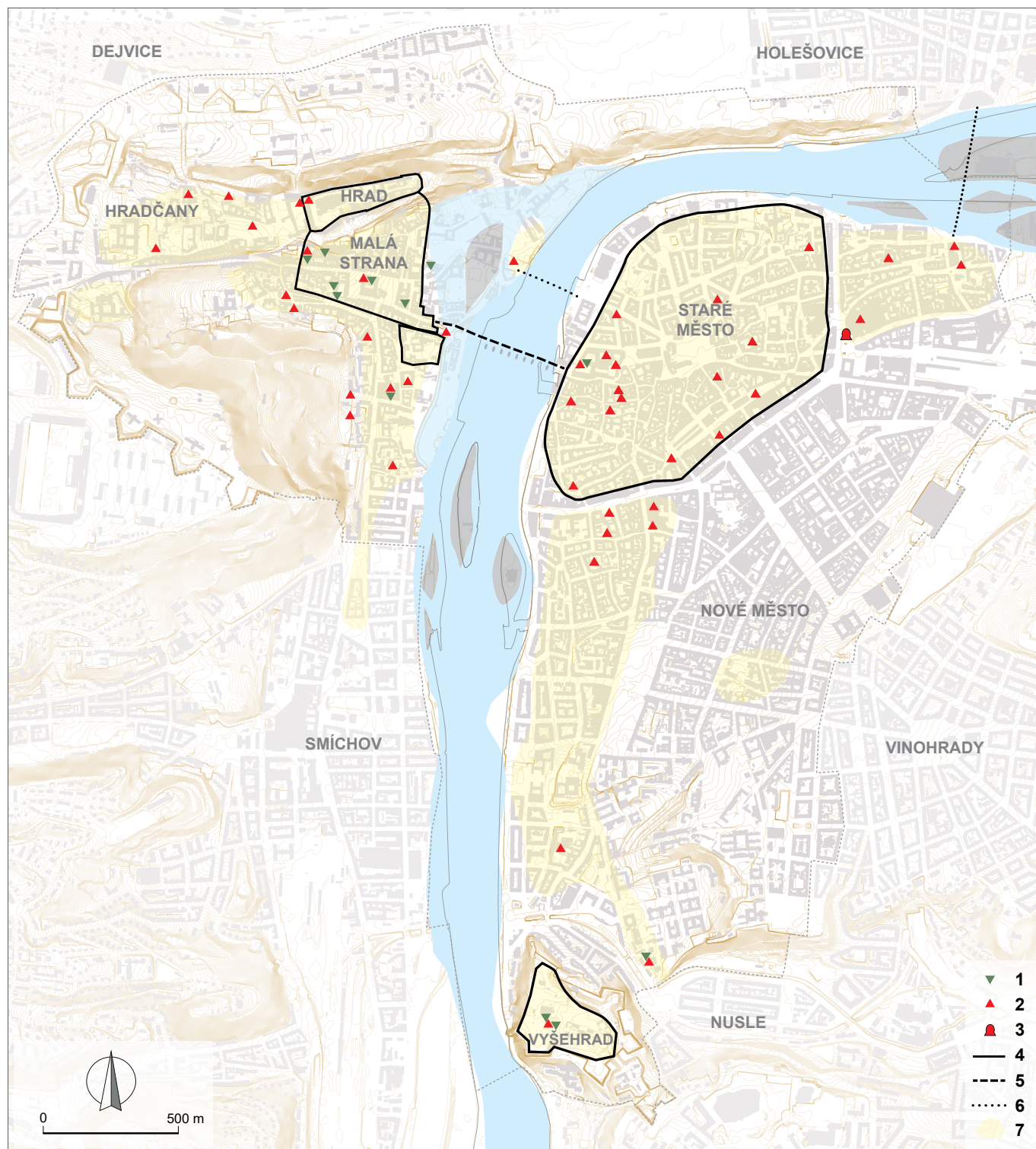
Archeologické výzkumy v Praze stále častěji přinášejí nálezy související s výrobou a zpracováním kovů v raném i vrcholném středověku (naposledy přehledně PODLIŠKA/HAVRDA/ZAVŘEL 2021). Doklady práce s neželeznými a drahými kovy jsou v současnosti evidovány ve všech částech pražské středověké aglomerace (ETTLER ET AL. 2015; HAVRDA/ZAVŘEL 2008; HAVRDA/ZAVŘEL 2019; VARADZIN/ZAVŘEL 2015, 391; SELMI WALLISOVÁ 2006, 75; ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ 2019; ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ/JEŽEK 2019; HAVRDA/TRYML 2013, 125; ZAVŘEL 2013; VYŠOHLÍD/ZAVŘEL 2019). V současné době v historickém centru Prahy¹ registrujeme více než padesát lokalit s archeologickými nálezy souvisejícími s neželeznou metalurgií, rámcově časově zařaditelných do 11.–13. století. Díky zpracování některých nálezových souborů lze identifikovat dílny, ve kterých se pracovalo se stříbrem (obr. 1). K nejlépe prozkoumaným lokalitám náleží areál v západní části Starého Města pražského, u nástupiště na nejstarší kamenný most přes řeku Vltavu. Dnes se zde nachází komplex bývalé jezuitské koleje – barokní Klementinum (obr. 2), vymezený ulicemi Platněřskou, Křižovnickou, Karlovou, Seminářskou a náměstími Křižovnickým a Mariánským.² V rámci revitalizace Národní knihovny, která zde sídlí, bylo při zjišťovacích a záchranných výzkumech získáno větší množství archeometalurgických nálezů.³ Výsledky dřívějších etap výzkumu a zpracování těchto nálezů z Klementina – jeho východní části – byly v minulosti publikovány (HAVRDA/ZAVŘEL 2008; HAVRDA/ZAVŘEL 2019). Předkládaný text se soustředí na nálezy ze západní části areálu (především HAVRDA/ŽDÁRSKÁ/KOVÁŘ 2015, 605) a přináší výsledky analýz vybraných vzorků.

Plošná distribuce jednotlivých typů archeometalurgických nálezů (datované převážně do 12.–13. století) je znázorněna na obr. 3. Kvůli nestejně rozložené hustotě sond na dílčích plochách, jejich velikostí a hlavně hloubkou je obtížné určit intenzitu metalurgických činností v jeho jednotlivých částech. Na základě aktuálního stavu poznání je zřejmé, že se zde nalézaly minimálně dvě metalurgické dílny. Dokladem jejich existence

1 Zahnuje katastry Staré Město, Nové Město, Malá Strana, Hradčany, Josefov, Vyšehrad.

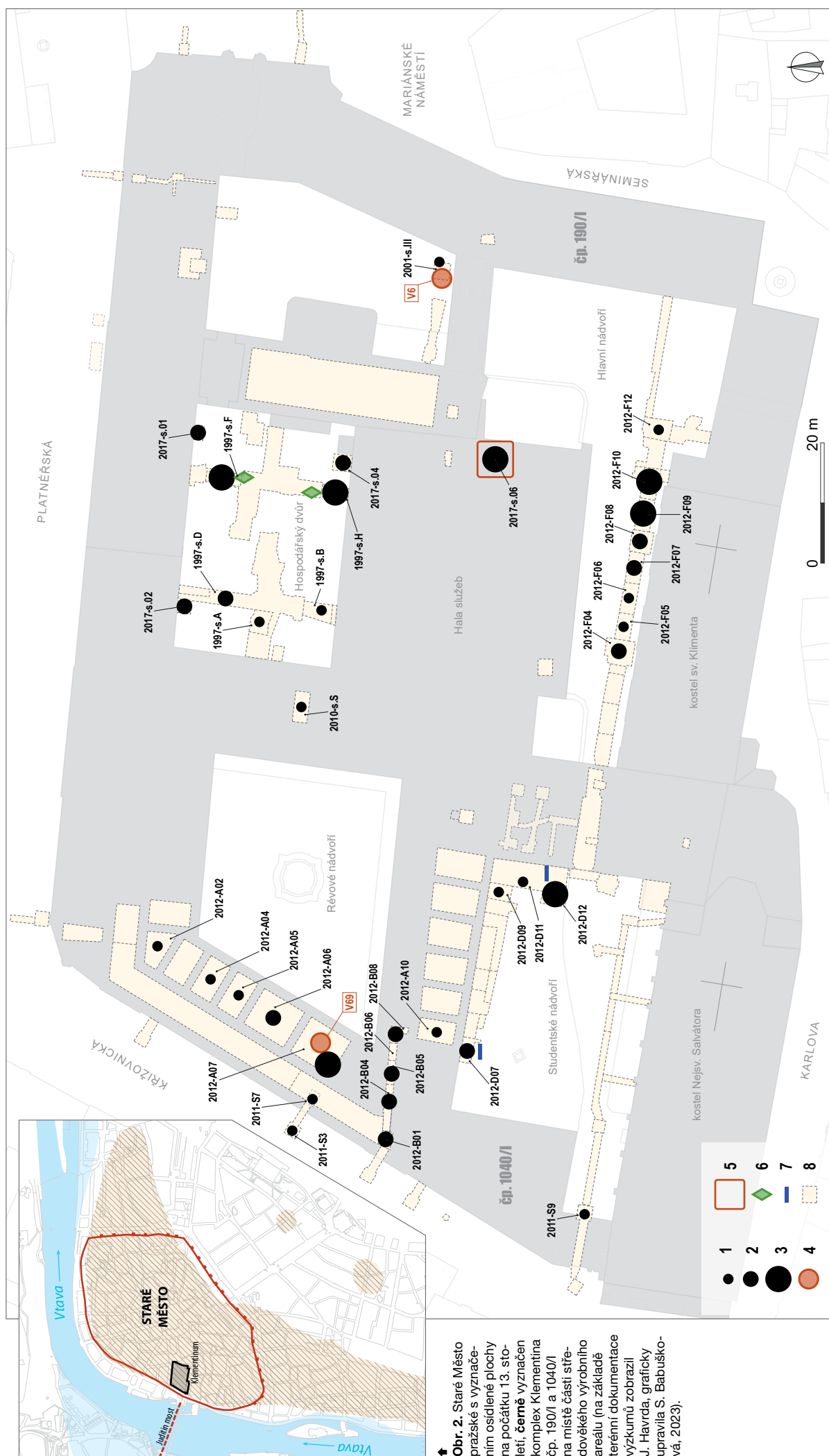
2 Velikost areálu Klementina je 170 × 115 m, tj. plocha cca 19 000 m².

3 V Klementinu byly realizovány archeologické výzkumy NPÚ ÚOP v Praze č. 1997/10, 2001/20, 2010/11, 2011/15, 2012/35, 2017/10 a 2020/11 (naposledy s další literaturou HAVRDA/KOVÁŘ/ŽDÁRSKÁ 2017).



jsou nálezy výrobních objektů: pec V69 pod západním křídlem Klementina a pec V6 ve východní části hlavního nádvoří (obr. 3: sonda 2012/A07, sonda 2001/III, HAVRDA/ZAVŘEL 2008, 333). Vyšší koncentrace archeometalurgických nálezů vyzvednutých z běžných sídlištních vrstev naznačuje, že další pracoviště se mohlo nacházet v místě východního konce Haly služeb (obr. 3: sonda 2017/S6, HAVRDA/ZAVŘEL 2019, 984). Větší množství výrobního odpadu a slítků barevných kovů, též nálezy prubířských kamenů a odlévacího kadlubu naznačují možnou existenci další dílny v prostoru Studentského nádvoří Klementina (obr. 3: sondy 2012-D07 a 2012-D12).

Obr. 1. Archeologické nálezy dokladů výroby a zpracování neželezných kovů v historickém centru Prahy. Malá Strana – severní část 10.–11. století (v rozsahu hradeb), jižně od hradeb (12.–13. st.); Staré Město (11.–13. století); Nové Město. Legenda: 1 – metalurgie stříbra; 2 – metalurgie neželezných kovů a jejich slitin; 3 – zvonářská dílna (12.–13. století); 4 – opevnění 13. století; 5 – Juditin most; 6 – brod; 7 – osídlená plocha ve 12.–13. století (z podkladů J. Havrda zobraza S. Babušková, 2023).



Obr. 3. Praha 1-Staré Město, Křizovnická čp. 190/I a 1040/I – Klementinum, sondy s nálezů dokládajícími metalurgii neželezných kovů ve 12.–13. století. Legenda: **1** – sonda s ojedinělými archeometalurgickými nálezy (1–5 ks); **2** – sonda s četnými archeometalurgickými nálezy (6–50 ks); **3** – sonda s velmi četnými archeometalurgickými nálezy (nad 50 ks); **4** – výrobní objekt (pece V6 a V69); **5** – metalurgické dliny (lokalizace na základě enormního množství drobných archeometalurgických nálezu); **6** – místa nálezů rudy a hutnických poltovarů („kamínků“); **7** – prubířské kameny; **8** – obrysy archeologických sond (zpracování a analýza terénní dokumentace J. Havda; graficky upravila S. Babušková, 2023).

Použité metody

Vybrané archeometalurgické nálezy byly stejně jako v minulých etapách zpracování výzkumu analyzovány metodou EDS-SEM.⁴ Dále byly provedeny rozbory drobných artefaktů z nadsítové frakce vzorků zemin z výplní archeologických objektů.⁵ Tyto vzorky se podařilo získat při plavení materiálu během archeobotanického výzkumu (MALÝ 2016). Výpovědní hodnota vzorků získaných při plavení je kvůli jejich poměrně malému objemu do určité míry omezena. Ze vzorků se podařilo ručně pod mikroskopem separovat antropogenní částice větší než cca 2 mm a permanentním magnetem oddělit feromagnetické částice. Následně proběhlo rýžování na misce typu čínský klobouk: získaný koncentrát těžkých fází (dále také jako „šlich“) byl zkoumán na optickém mikroskopu při zvětšení 4× až 50×, přičemž pozornost byla zaměřena na antropogenní částice – zrna, která mohou souviset se zpracováním kovů (strusky, slitky apod.). Vybraná zrna byla pro detailnější determinaci zkoumána elektronovým mikroskopem s EDX analyzátořem.⁶ Pokud to bylo možné, byla zrna analyzována v místech, kde se podařilo odstranit povlak oxidačních produktů. Další úpravy analyzovaných vzorků provedeny nebyly. Výsledky analýz jsou uvedeny v semikvantitativní podobě.

Z výzkumů realizovaných v letech 2010 až 2015 bylo analýzám podrobeno celkem 42 vzorků z výplní pyrometalurgických objektů a sídlištních vrstev a objektů (tab. 1).

Datování archeometalurgických nálezů

Při datování středověkých výrobních aktivit zkoumaných v západní části areálu Klementina bylo možné vycházet ze stratifikovaných souborů více či méně chronologicky citlivé keramiky. Většina drobných archeometalurgických nálezů byla rozptýlena v běžných středověkých sídlištních vrstvách, výrazně méně se jich nacházelo ve výplních zahloubených objektů rozličné funkce.

Ojedinelé archeometalurgické nálezy byly vyzvednuty z nejstarších staroměstských sídlištních situací datovaných keramikou s deriváty kalichovitěho okraje do 11. století (sonda S, výzkum NPÚ v Praze č. 2010/11; HAVRDA 2010; HAVRDA 2011). K těmto nálezům patří drobná laločnatá kovová hrudka pokrytá sekundárními minerály mědi (2010/11-S75), která byla nalezena ve výplni obtížně interpretovatelného pyrotechnologického objektu, a slítek se zelenomodrými zvětralými na povrchu (2010/11-S50). Sonda S byla situována v tzv. kuchyňském křídle Klementina, jež se nalézá mezi Révovým nádvořím a hospodářským dvorem areálu bývalé jezuitské koleje (obr. 3: sonda 2010-S).

Výrazněji byly archeometalurgické nálezy zastoupeny v horizontu datovaném keramikou s archaicky zduřelou profilací okrajů do 2. poloviny 11. až 1. poloviny 12. století. V rámci archeologických výzkumů v západní části areálu Klementina byly archeometalurgické nálezy získány ze všech sond, v nichž vzhledem k jejich dostatečné hloubce bylo možné dokumentovat doklady raně středověkého osídlení, tj. ze suterénu křídla areálu, jež se nachází mezi Studentským a Révovým nádvořím (obr. 3: sondy B01, B04, B05, B08, A10, D07, D09, D11, D12).

Největší koncentrace nálezů souvisejících s nezeleznou metalurgií pochází ze sídlištních vrstev a objektů datovaných výskytem keramiky s klasicky zduřelým okrajem do 2. poloviny 12. až 1. poloviny 13. století. Do této skupiny patří nálezy střepových hutnických misek, tavicích kelímků, opukového kadluba a prubířských kamenů⁷ (obr. 3: sonda 2012-B04). Drobné archeometalurgické nálezy byly v Klementinu nalezeny takřka ve všech sondách, kde se vyskytovaly situace datovatelné do 2. poloviny 12. až 1. poloviny 13. století.

Archeometalurgické nálezy se vyskytly i v kontextech 2. poloviny 13. století. Do tohoto období lze zařadit kromě drobných artefaktů i výrobní objekty interpretované jako pozůstatky metalurgických pecí (obr. 3 a 7: V6 sonda 2001/s. III, V69 sonda 2012/A7), které byly využívány při tavbě či produkci slitin barevných kovů.

4 Analýzy a veškeré mikrosnímky (obr. 10–13, 18, 20–22, 25, 27, 28, 30, 32 a 33) byly pořízeny v laboratoři Geologického ústavu Akademie věd ČR, v. v. i., v Rozvojové ulici 269 v Praze 6-Lysolajích na elektronovém mikroskopu Tescan Vega 3 s detektorem Bruker XFlash 5010 analytickými Š. Křížovou a E. Peckovou.

5 Tyto vzorky byly vyzvednuty ze sond A02, A05, A07, A10, B05, B08, D07 a D12 při výzkumu NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35.

6 Ústav geologických věd PŘF MU Brno na přístroji JEOL JSM-6490LV, urychlovací napětí 15 kV, délka načítání ED spektra 60 s, analytik J. Štelcl.

7 Prubířský kámen D12-11 byl vyzvednut z hlinité vrstvy s keramikou 2. poloviny 12. až počátku 13. století. Vrstva tvořila svrchní výplň zahloubeného objektu (Klementinum, Studentské nádvoří, výzkum č. 2012/35, sonda D12, objekt V299), interpretovaného jako relikv dřevohlinitého domu, objevený na východní straně Studentského nádvoří Klementina.

Č. vzorku	Vrstva	Č. výzkumu	Sonda	Datace	Nálezový kontext	Popis artefaktu	Zjištěné kovy
S13	S13	2010/11	S	2. pol. 12.– 1. pol. 13. stol.	sídlíšní vrstva	kovová hrudka, laločnatá hrudka se zeleným popraškem	Cu, Sn, bronz cínový, s podružným podílem Pb
S50	S50	2010/11	S	11. stol.	sídlíšní vrstva, propálená	kovová hrudka s povlakem zelenomodrých zvětralin	Cu, Sn, bronz cínový, Cu+Pb
S75	S75	2010/11	S	11. stol. (1. pol.)	výplň pyrotechnologického objektu V77	kovový slitek protáhlý	Cu, Sn, bronz cínový, Cu+Pb s podruž- ným podílem Ag a Zn
A06-13	A06-13	2012/35	A6	14. stol. (1. pol. 14. stol.)	vyravnávací či zásypová vrstva, nedaleko pece V69 se záteky barevného kovu (slitiny s Cu)	struskovitá hrudka, kovová	Cu, příměs Sn, bronz
A07-10	A07-10	2012/35	A7	14. stol.	sídlíšní či navážková vrstva, blízko pece V69 se záteky barevného kovu (slitiny s Cu)	struskovitá hrudka, kovová	Cu, příměs Sn, bronz
A07-11	A07-11	2012/35	A7	14. stol.	sídlíšní či navážková vrstva, blízko pece V69 se záteky barevného kovu (slitiny s Cu)	struskovitá hrudka, kovová	Cu, příměs Sn, bronz
A07-38	A07-38	2012/35	A7	14.–15. stol.	výplň mělké jámy, blízko pece V69 se záteky barevného kovu (slitiny s Cu) ve dně	kovový slitek	Cu, příměs Sn, bronz
B05-44a	B05-44a	2012/35	B5	12. stol.	sídlíšní vrstva	struskovitá hrudka, kovová	Cu, příměs Sn, bronz
B05-44b	B05-44b	2012/35	B5	12. stol.	sídlíšní vrstva	kovový slitek, protáhlý	Cu, příměs Pb
D12-31	D12-31	2012/35	D12	13. stol.	sídlíšní vrstva	kovový slitek	Cu, příměs Pb
D12-44a	D12-44a	2012/35	D12	13.–14. stol.	sídlíšní vrstva či výplň V306?	struskovitá hrudka, kovová	Cu, příměs Sn, cínový bronz
D12-44b	D12-44b	2012/35	D12	13.–14. stol.	sídlíšní vrstva či výplň V306?	kovový slitek	Cu, příměs Pb
D12-69	D12-69	2012/35	D12	12.–poč. 13. stol.	výplň sloupové jámy V323	struskovitá hrudka, kovová	Cu, příměs Sn, bronz
D12-157	D12-157	2012/35	D12	15.–16. stol.	výplň jámy V300	kovový drátek	Cu
B5-42a-Ke	B05-42	2012/35	B5	12. stol.	sídlíšní vrstva	keramika s červeným sklovitým povlakem	PbO – klejt
B5-42b-Ke	B05-42	2012/35	B5	12. stol.	sídlíšní vrstva	keramika se zátekem kovu	Cu+Zn
D07-66	D07-66	2012/35	D7	16. stol.	výplň novověké jámy V203	prubířský kámen	Pb, podružně Cu, As
D12-11	D12-11	2012/35	D12	12. stol. (2. pol. 12.– poč. 13. stol.)	svrchní výplň objektu V299 (dřevohliněný dům)	prubířský kámen	Au, Cu+Zn (mosaz)
A02-04	A02-04	2012/35	A2	pol. 15. stol.	sídlíšní vrstva	kovové úkapky, struska	Cu, Sn, bronz, příměs Sn, As
A05-12	A05-12	2012/35	A5	1. pol. 15. stol.	sídlíšní vrstva	struska (zelená)	Cu, příměs Sn, bronz
A07-84	A07-84	2012/35	A7	2. pol. 13. stol.	souvislost s pecí V069	kovové slitky, úkapky se zelenomodrými povlaky	Cu, Sn, bronz, příměs As
A10-20	A10-20	2012/35	A10	2. pol. 12. stol.	pyrotechnologický objekt V117	struska	Pb, malé množství Cu
B05-26	B05-26	2012/35	B05	13. stol.	pyrotechnologický objekt V169 – dno objektu	kovové slitky, úkapky se zelenými povlaky	Cu, Sn, příměs As, cínový bronz
B08-27d	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	červený zlomek s bílým povlakem	Cu, příměs Sn, bronz, klejt (PbO)
B08-27e	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	kovový slitek, úkapek	Cu a Sn cca 3/2, s příměsí Pb, Sb a As, bronz
B08-27f	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	tmavě šedý kovový zlomek se zeleným povlakem	Sn s příměsí Cu a Sb, Pb a As
B08-27g	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	světle stříbrný, plochý kovový zlomek	Cu a Sn cca 6/1, s příměsí Sb a As, bronz
B08-27h	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	světle stříbrný kovový úkap	Cu a Sn cca 1/2, příměs Pb a As, bronz
B08-27i	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	tmavě stříbrný kovový zlo- mek se zelenými povlaky	Cu a Sn poměr cca 1/3, bronz
B08-27j	B08-27	2012/35	B8	2. pol. 12. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V177 (dřevohliněný dům)	kovový zlomek s výrazný- mi zelenými povlaky	Sn s příměsí Cu, Sb, As a Ag
D07-187a	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	struska	směs oxidačních produktů Sn a Cu, s příměsí Ag
D07-187e	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	struska	Cu, příměs Sn (oxidačními produkty Sn), bronz
D07-187f	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	kovový zlomek – slitek se zeleným povlakem	Cu, příměs Sn (oxidačními produkty Sn), bronz
D07-187g	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	zlomek	Cu, příměs Sn, bronz, sférule – Sn, Cu a Pb
D07-187h	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	kovový zlomek – slitek	Cu a Sn cca 1/1, kov dále obsahuje příměs Sb a As
D07-187i	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	kovový zlomek – slitek se zeleným povlakem	Cu, příměs Sn Pb, bronz
D07-187j	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	kovový zlomek – slitek se zeleným povlakem	Cu, příměs Sn, Sb, As, bronz
D07-187k	D07-187	2012/35	D7	12.–poč. 13. stol.	svrchní výplň sídlíšního objektu V272 (dřevohliněný dům)	kovový zlomek – slitek se zeleným povlakem	Cu, příměs Sn, Sb, As bronz
D12-83	D12-83	2012/35	D12	1. pol. 13. stol.	pyrotechnologický objekt V335	struska	příměs Cu, Pb (inkluze PbS)

Tab. 1. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I – Klementinum. Přehled analyzovaných drobných nálezů neželezné metalurgie. Nálezy byly získány při výzku-
mech NPÚ ÚOP v Praze č. 2010/11 a 2012/35 ze sond situovaných v západní části areálu bývalé jezuitské koleje. Vzorky komentované v textu jsou zvýrazněny **šedě**.

Výrazně menší množství nálezů pochází ze situací datovaných do 14. století a výjimečně i z objektů mladších. Většinu těchto artefaktů lze označit za starší intruze ve stratigraficky mladších výplních objektů a vrstvách. To je případ i druhého prubířského kamene (D07-66), jenž byl nalezen v raně novověkém objektu (obr. 3: sonda D07).⁸

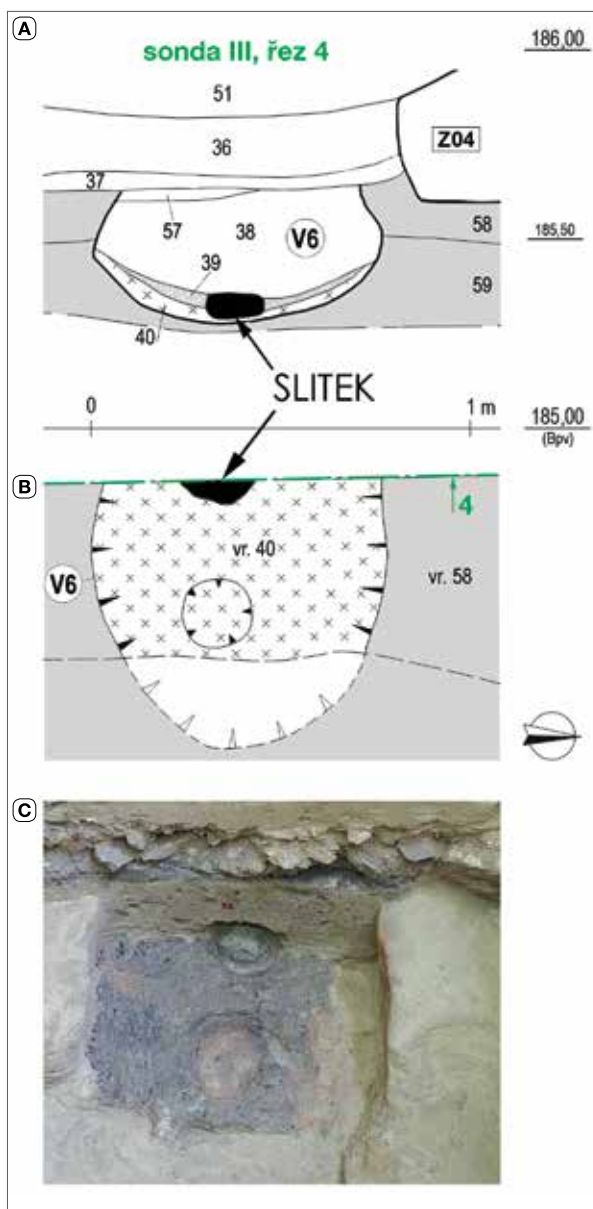
JEDNOTLIVÉ KATEGORIE NÁLEZŮ A VÝSLEDKY ANALÝZ

Pyrotechnologické objekty

Na východním nádvoří Klementina byl odkryt metalurgický objekt V6 datovaný do 13. století. Jednalo se o oválnou jámu hruškovitého tvaru s vypálenými stěnami a dnem, zahloubenou do hlinitopísčitých sedimentů Vltavy (obr. 4). Maximální dochovaná šířka pece činila 0,75 m, hloubka 0,35 m. Na jejím dně se dochovala až 3 cm silná vrstva uhlíkaté šedočerné písčité hlíny obsahující plan-konvexní kovový koláč cínového bronzu o hmotnosti 2380 g. Objekt byl interpretován jako metalurgická pec používaná při výrobě bronzu (HAVRDA/ZAVŘEL 2008, 334, 345).

Druhá metalurgická pec V69 byla dokumentována v západní části Klementina u Křižovnické ulice (obr. 3: 2012-A07). Jednalo se o nepravidelně oválný objekt z 2. poloviny 13. století, hluboký 0,1–0,3 m (obr. 7), vyplněný sytě hnědou homogenní prachovitou hlínou s výrazným obsahem organických látek (obr. 5 a 6: vr. A07-73). Jeho dno tvořila žárem rozpraskaná vrstva okrově šedého jílu (obr. 5 a 6: vr. A07-65, 7B), která místy obsahovala záteky kovu a zelené poprašky sekundárních minerálů mědi (obr. 7A). Pod touto vrstvou vystupovala okrová jílovitá hlína s příměsí opukových úlomků a hrudek propálené hlíny (obr. 5 a 6: vr. A07-75), jejíž svrchní partie byla mírně propálená (obr. 5 a 6: vr. A07-78). Pod ní se nalézala červenohnědá jílovitá hlína s příměsí uhlíků, zlomků vypálené opuky, ojedinelých kusů železitého pískovce a hrudek malty (obr. 5 a 6: vr. A07-76). Tento kontext s vnitřními rozměry 1,1 × 0,7 m buď přímo souvisí s pecí V69, nebo je pozůstatkem starší fáze metalurgické činnosti v tomto místě. S tou může souviset řada pěti kúlových jamek při severní straně odkryté situace (obr. 8).

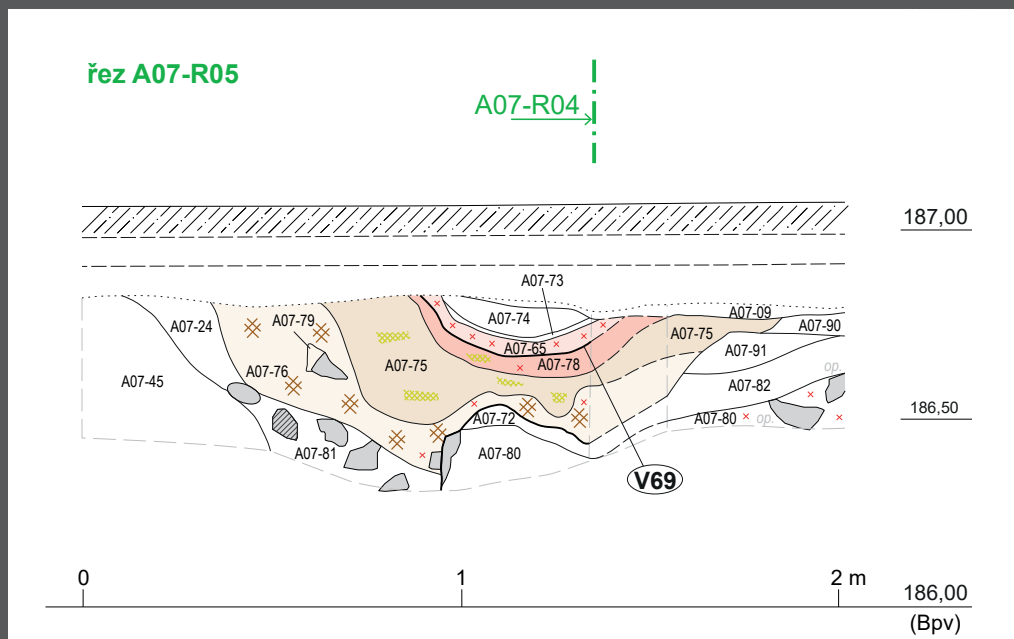
Kromě již zmíněných zátek kovu do vypáleného jílu se z výplně i okolí objektu V69 (včetně vrstev, do kterých byl zahlouben) podařilo získat desítky nálezů souvisejících s metalurgií neželezných kovů: struskovité hrudky o vysoké hustotě, sklovité převážně tmavě červené strusky, úkapy a slítky kovu, často pokryté zelenými, zelenomodrými a rubínově červenými zvětralínami.



Obr. 4. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I a 190/I, Klementinum, východní část hlavního nádvoří. Do geologického podloží (šedě) zahloubený výrobní objekt V6 (pec) využívaný kovolitci ve 13. století. Legenda: **A** – řez č. 4; **B** – půdorys, řez vyznačen zelenou linií; **C** – fotografie půdorysu pece. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2001/20, sonda III, objekt V6, umístění objektu viz obr. 3: 4 (zaměření a kresba J. Hlavatý a M. Huk; foto J. Havrda, 2001).

⁸ Prubířský kámen D07-66 byl objeven ve výplni raně novověké jámy (V203) dokumentované na Studentském nádvoří Klementina. Jáma byla podle nálezů keramiky zasypána v průběhu 16. až 1. poloviny 17. století. Její zaplnění lze spojit s jednou z prvních stavebních etap budování jezuitské koleje, kdy docházelo k masivnímu narušení středověkých situací.

Obr. 5. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I, západní křídlo bývalé jezuitské koleje Klementinum. Severo–jižní řez výrobním objektem V69 (pecí), pohled od východu. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, sonda A07 (zaměření a kresba P. Pinc, 2013). Situování řezu viz obr. 7, 8.



Popis vybraných vrstev řezu R04 (obr. 6) a R05 (obr. 5):

A07-02 – stavební suť (opuka, malta) vzniklá při výstavbě západního křídla Klementina;
A07-04 – hnědošedý velmi uhlý silně zahliněný písek, mírně hrudky malty, nahodile oblázky, hrudky okrového jíl, ojediněle drobné kusy mazanice;
A07-06 – šedookrový (místy až slabě do zelena) žíhaný do šeda slabě zahliněný písek, ojediněle hrudky malty, úlomky opuky do 5 cm, ojediněle valounek, uhlíky, polohy okrového jíl;
A07-07 – cihlově červená žíhaná do šeda soudržná slabě písčité hlína s jílovitou složkou, velmi četné hrudky mazanice, mírně úlomky opuky, hrudky malty, nahodile valounky 5–10 cm, uhlíky 1–2 cm, ojediněle křemence 10 cm, součást spáleništního/destrukčního souvrství;
A07-09 – nazelenalý okrovošedý uhlý slabě zahliněný střednězrný písek, vzácně valounek do 1 cm, lože dlažby;
A07-14 – šedohnědá vrstva, četné úlomky opuky, nahodile mazanice, uhlíky, ojediněle zrna malty;
A07-23 – cihlově červená propálená drobná slabě písčité hlína, četné mazanice 3–10 cm, mírně kusy malty a vápna 1–2 cm, drobné střípky opuky 1–2 cm, nahodile opuky 5–10 cm, uhlíky do 1 cm, místy výrazné vápenité polohy, součást spáleništního/destrukčního souvrství se stavebním odpadem;
A07-24 – šedohnědá drobná písčité hlína, četné hrudky vápna a malty 2–8 cm, nahodile úlomky křemence do 10–15 cm, opuky 8 cm, mazanice 3 cm, uhlíky 2–4 cm, ojediněle valounky 2–4 cm;
A07-45 – šedohnědá soudržná písčité hlína, četné úlomky opuky 1–15 cm, mírně hrudky mazanice do 5 cm, nahodile uhlíky do 1 cm, ojediněle valounky do 2 cm, součást spáleništního souvrství se stavebním odpadem;
A07-62 – šedá tuhá slabě písčité hlína s jílovitou složkou, nahodile úlomky opuky cca 10 cm, valounky do 10 cm, maltovina, ojediněle uhlíky do 1 cm, křemence 1 cm, vyrovnávací vrstva v místě sesedlé výplně objektu V060;
A07-64 – světlejší šedohnědá drobná slabě písčité hlína s jílovitou složkou, mírně úlomky opuky do 1 cm, valounky 1 cm, vyrovnávací vrstva v místě sesedlé výplně objektu V60;
A07-65 – tmavě okrovošedý tvrdý rozpraskaný písčitojilovitý jíl, místy zátky slitin barevných kovů; dno pyrotechnologického objektu V69 postižené žárem;
A07-66 – šedé křemence o vel. 12 × 10 × 8 cm pečlivě vyskládané těsně vedle sebe, uložené do vrstvy písku (do A07-009), dlažba, sekundárně sesedlá do výplně objektu V60 (patrně jímky);

A07-67 – šedohnědá tuhá písčitojilovitá hlína, nahodile opuky 10–15 cm, mírně i 5 cm, ojediněle maltovina (v horní partii četně);

A07-68 – světle šedohnědá tvrdá směs písčité hlíny a opukové drti (do 10 cm) a hrudky malty, pozůstatky stavební úrovně;

A07-69 – sytě hnědá slabě písčité jílovitá hlína, nahodile drobné uhlíky, opuka do 4 cm, ojediněle malta, příměs organiky, svrchní výplň objektu V60 (jímka?);

A07-71 – okrový místy do černa propálený velmi tuhý jíl, ojediněle hrudky vápna, sesuv u stěny objektu V60;

A07-72 – totožná s A07-82;

A07-73 – sytě hnědá homogenní prachovitá hlína, výrazný obsah organiky;

A07-74 – nazelenalý červenožlutý jíl s uhlíky, výplň pyrotechnologického objektu V69;

A07-75 – okrová jílovitá hlína s příměsí šedé prachovité hlíny, ojediněle střípky opuky a hrudky do červena propálené hlíny, konstrukce pyrotechnologického objektu V69;

A07-76 – do červena propálená tuhá jílovitá hlína, četné opálená opuka 6–12 cm, ojediněle hrudka malty, železitý pískovec, přísluší k pyrotechnologickému objektu V69/jeho starší fáze (?);

A07-78 – jako A07-75, ale oproti ní postižena žárem, zbarvena do hnědočervena, objekt V69;

A07-79 – rezavý hrubozrný uhlý písek, poloha v rámci vr. A07-76;

A07-80 – šedohnědá hlína, četné úlomky opuky 10–15 cm, hrudky do červena propáleného jíl, mírně hrudky vápna, nahodile křemence, uhlíky;

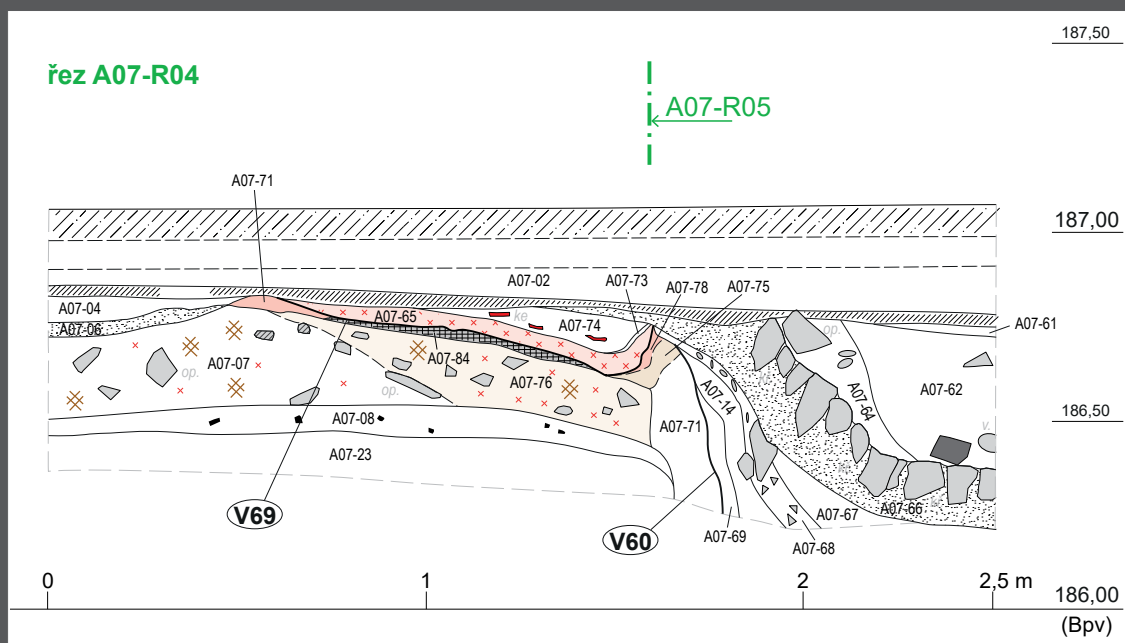
A07-81 – šedohnědá slabě písčité slabě jílovitá hlína, četné úlomky opuky 10–15 cm, hrudky do červena propáleného jíl, mírně hrudky vápna, nahodile křemence, uhlíky, součást souvrství se stavebním odpadem;

A07-82 – světle hnědošedá žíhaná až zeleno okrová, soudržná slabě písčité hlína, mírně hrudky malty, hrudky vápna, nahodile pecičky propálené hlíny, ojediněle zrna opuky, křemence 3 cm;

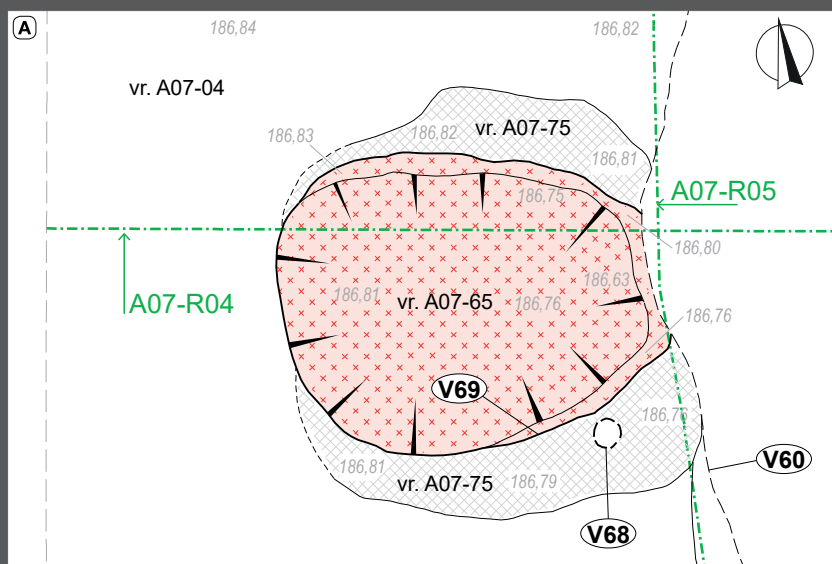
A07-84 – tmavě hnědošedá drobná slabě písčité prachovitá hlína, mírně zrna malty, nahodile úlomky opuky 0,5–3 cm;

A07-90 – hnědošedá soudržná silně písčité hlína, nahodile úlomky opuky 5–10 cm, malta do 0,5 cm;

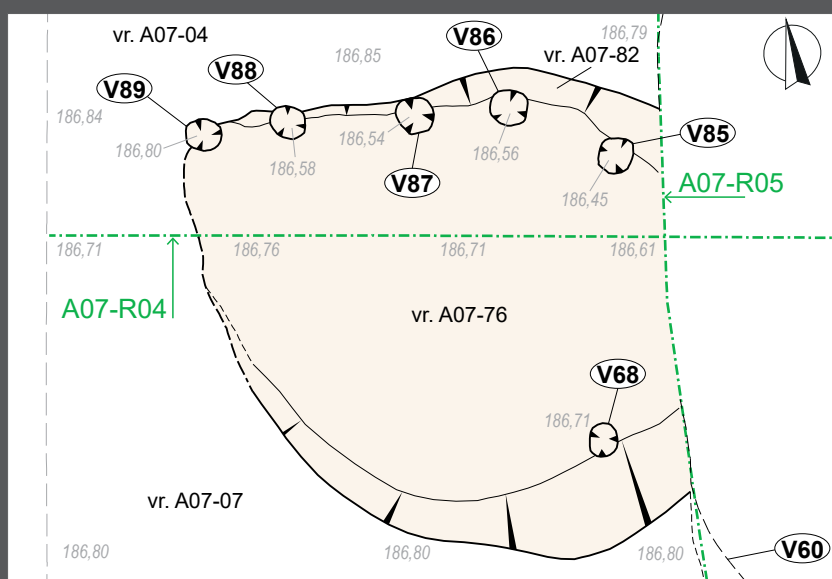
A07-91 – šedohnědá soudržná silně písčité hlína, nahodile uhlíky 1 cm, zrna malty do 0,5 cm, hrudky vápna, ojediněle úlomek opuky (popis A. Žďárská).



Obr. 6. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I, západní křídlo bývalé jezuitské koleje Klementinum. Západo-východní řez výrobním objektem V69 (pecí), pohled od jihu. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, sonda A07 (zaměření a kresba P. Pinc, 2013). Situování řezu viz obr. 7, 8.



Obr. 7A, B. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I, západní křídlo bývalé jezuitské koleje Klementiny. Půdorys výrobního objektu V69 (pece) z 2. poloviny 13. století. Výzkm NPÚ ÚOP v Praze č. 102/35, sonda A07, půdorys A07-P07 (zaměření, kresba a foto P. Pinc, 2013).



Obr. 8. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I, západní křídlo bývalé jezuitské koleje Klementinum. Půdorys starší fáze (?) výrobního objektu V69 (pece). Výzkum NPU ÚOP v Praze č. 012/35, sonda A07, půdorys A07-P10 (zaměření a kresba P. Pinc. 2013).

Z několika kontextů objektu V69 (vr. A7-65, A07-74, A07-75) a též z vrstvy, do které byl zahlouben (vr. A07-72 = A07-08), byly odebrány vzorky pro antrakologickou a xylotomickou analýzu. Zbytky nezuheľnatěľého dřeva určené jako *Abies/Picea* (jedle/smrk) se vyskytly pouze ve vrstvě A07-74 (KOČÁR/KOČÁROVÁ 2014, s. p.). Celkem se podařilo určit 9 taxonů dřevin (vr. A7-65, -72, -74, -75 a -84), některé však byly zastoupeny pouze dvěma, případně třemi fragmenty uhlíků (tab. 2). Ve výplni pece (vrstva A7-74) výrazně převažovalo dřevo jehličnanů (65 %), z listnáčů byla zastoupena líska, krušina, dub a buk. V propáleném dnu (vr. A7-65) se objevila líska a borovice, ve vrstvičce uložené po zániku starší fáze pece (vr. A7-84) převažovala borovice. Ta se hojně vyskytovala i ve vrstvě, do které byla pec zahloubena (vr. A7-72).

Tab. 2. Analýza zlomků uhlíků a dřev ze vzorků z výplně pece V69 a okolí (KOČÁR/KOČÁROVÁ 2014, 21 a tab. 4).

vzorek = č. vrstvy	Interpretace	<i>Abies/Picea</i>	<i>Abies/Picea</i>	<i>Betula</i>	<i>Corylus</i>	<i>Fagus</i>	<i>Frangula</i>	<i>Picea</i>	<i>Pinus</i>	<i>Populus/Salix</i>	<i>Quercus</i>	Celkem
		jedle/smrk	jedle/smrk	břiza	liska	buk	krušina	smrk	borovice	topol/vrba	dub	
		uhlíky	dřevo	uhlíky	uhlíky	uhlíky	uhlíky	uhlíky	uhlíky	uhlíky	uhlíky	
A7-65	propálené dno pece	1			12				7		2	22
A7-72	vrstva starší než pec	4		2				1	31		12	50
A7-74	výplň nad dnem pece	17	2		10	1	6	11	1		4	52
A7-75	konstrukční vrstva pod propáleným dnem pece									3	1	4
A7-84	vrstvička uložená po zániku starší fáze pece			1	2	1			43		3	50
Celkem		22	2	3	24	2	6	12	82	3	22	178

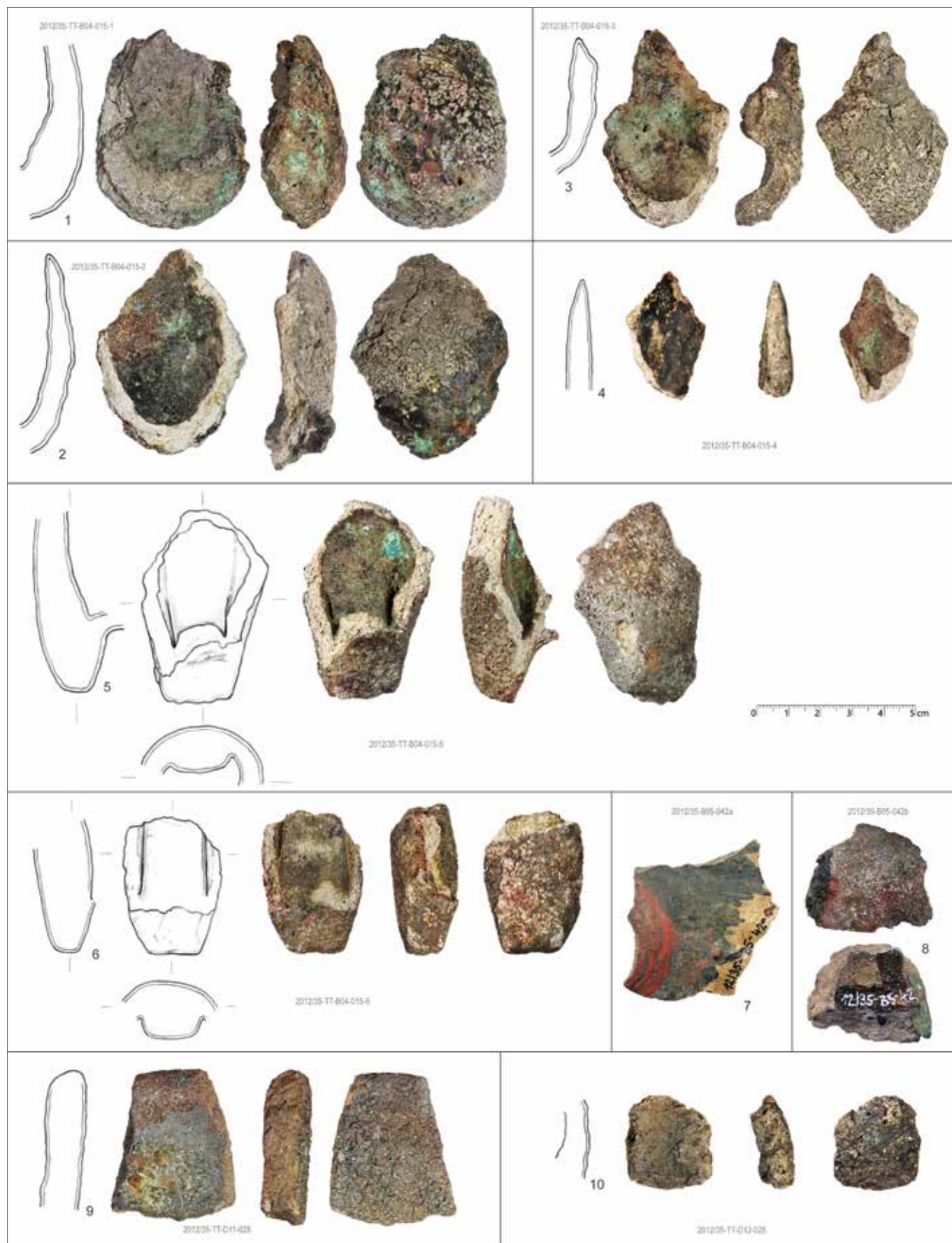
Na základě doposud provedených analýz uhlíků se ukazuje, že v Praze ve 13. století bylo pro palivové účely využíváno zejména dřevo dubu a borovice (SŮVOVÁ ET AL. 2022). Obdobné složení má i soubor uhlíků z vrstvy starší než výplň zkoumané pece (A7-72). Jako dřevo konstrukční se v pražském prostředí vrcholného středověku nejvíce používalo dřevo jehličnanů postupně nahrazující v raném středověku převládající dub. Tomu odpovídá i jediný doklad nezuheľnatěľého dřeva identifikovaný ve vrstvě A7-74.

Technická keramika

Významnou složku archeometalurgických nálezů z Klementina tvoří keramické tavicí kelímky (tyglíky). Ty bývají kvůli četnosti jejich nálezů v archeologických terénech i vypovídací hodnotě považovány za jedny z nejlepších indikátorů metalurgie nezeľzných kovů (BAYLEY 2008, 131sq.). Tyglíky sloužily k hutnění rud, rudních koncentrátů či hutnických polotovarů, k tavení a dalšímu použití již vyrobených kovů, k produkci slitin dvou i více kovů a také k testování různých surovin, především v redukční atmosféře. Obecně lze konstatovat, že od časněho středověku až do průběhu 13. století se v této části Evropy používaly hlavně drobné tyglíky vakovitého tvaru či válcovité se zaobleným dnem, později s trojbokým ústím (KLÁNIKA 1974; NOVÁČEK 2004, 215).

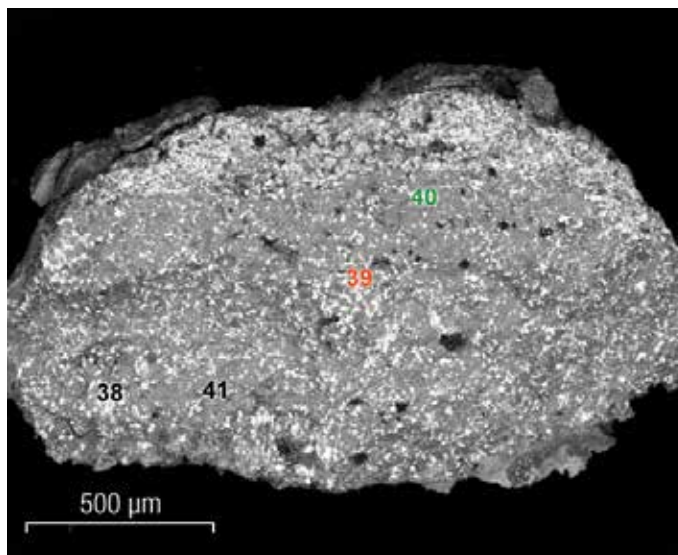
V archeologickém nálezovém souboru z předmětného areálu je dosud evidováno šest fragmentů tavicích kelímků (obr. 9). Nalezeny byly ve výplni sídlištní jámy s keramikou 1. poloviny 13. století. Tento objekt se nacházel 12 m jižně od pece V69 (obr. 3: sonda 2012–B04). Všechny tyglíky evidentně nesou stopy užití výrobními procesy, což dokládají žárem zesklovatěľé povrchy vnějších stěn i různobarevné struskovité povlaky uvnitř i vně těchto technologických nádob.

Podrobně analyzovaným nálezem tohoto typu je zlomek tavicího kelímku kornoutovitého typu (patrně s kruhovým ústím) B04-15-1, který zevnitř pokrývá nesouvislý struskovitý povlak světle hnědočervené barvy (obr. 9: 1, B04-15-1). Přibližně ve střední části těla tyglíku protekla vsádka přes prasklinu k vnějšímu povrchu nádoby a utuhly zde stříbřitě šedé globulky (větší o průměru kolem 3 mm, obklopené kupřitem a modrozelenými sekundárními minerály mědi; obr. 10). Tyto kulovité shluky jsou tvořeny slitinou mědi a stříbra (až 96 hmot. % Ag, resp. 62 až 69 hmot. % Cu).



Obr. 9. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I – Klementinum. Zlomky keramiky používané při metalurgii barevných kovů. Nálezy získané při archeologickém výzkumu realizovaném v areálu Klementina v letech 2012–2014. Zlomky tyglíků: 1 – 12/35-TT-B04-15-1; 2 – 12/35-TT-B04-15-2; 3 – 12/35-TT-B04-15-3; 4 – 12/35-TT-B04-15-4; 5 – 12/35-TT-B04-15-5; 6 – 12/35-TT-B04-15-6; 7 – 12/35-B05-42a; 8 – 12/35-B05-42b; 9 – 12/35-TT-D11-28; 10 – 12/35-TT-D12-25 (kresba S. Svatošová, foto J. Hlavatý; grafická úprava S. Babušková, 2023).

Obr. 10. Nález 2012/35-B04-15-1 – drobná stříbřitě šedá globulka s místy analyzovaných bodů č. 38–41. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim zpět odražených elektronů (BSE). Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

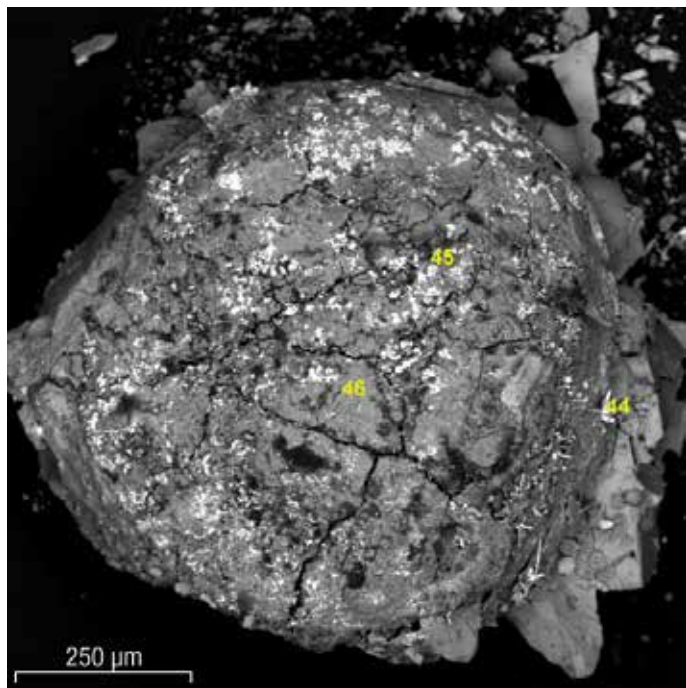


Struskovité povlaky vykazují křemičito-hlinito-měďnaté složení s mírně zvýšeným podílem alkálií, hlavně draslíku (kolem 6 hmot. % K_2O), a obsahují vedlejší podíly dalších rudních prvků – stříbra a olova.

Další detailně zkoumaný fragment tyglíku kornoutovitěho typu s kruhovým ústím B04-015-2 při metalurgickém provozu praskl (obr. 9: 2, B04-15-2). Dokládá to šedočerný sklovitý struskovitý povlak překrývající lomnou plochu podhrdlí nádoby. Vnitřní stěnu po-

krily různobarevné struskovité povlaky, z nichž místy vystupují drobné šedé globulky a shluky sekundárních povlaků měďnatých solí (obr. 11, 12). Kulovité agregáty vykazují jednak výraznou přítomnost mědi a fosforu (38 hmot. % Cu, 14 hmot. % P) i zvýšenou koncentraci vápníku (9 hmot. % Ca). Ve světlých zrnech (v režimu BSE) naopak dominuje stříbro (77 hmot. % Ag) nad mědí a sírou (3 hmot. % Cu a S). Drobné krystalky vyrůstající z povrchu globulky jsou tvořeny sulfidem stříbrným, tj. minerálem akantitem Ag_2S s příměsí mědi (30 atom. % Ag, 15 atom. % S). Sklovitá struska má křemičito-olovnato-hlinitý chemismus (40 hmot. % SiO_2 , 25 % PbO , 11 % Al_2O_3) se zvýšenými koncentracemi vápníku a mědi (~ 6 až 7 hmot. % CaO a CuO). Z dalších rudních prvků je stopově přítomen zinek.

Obr. 11. Nález 2012/35-B04-15-2 – drobná šedá globulka s místy analyzovaných bodů č. 44, 45 a plošky č. 46. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

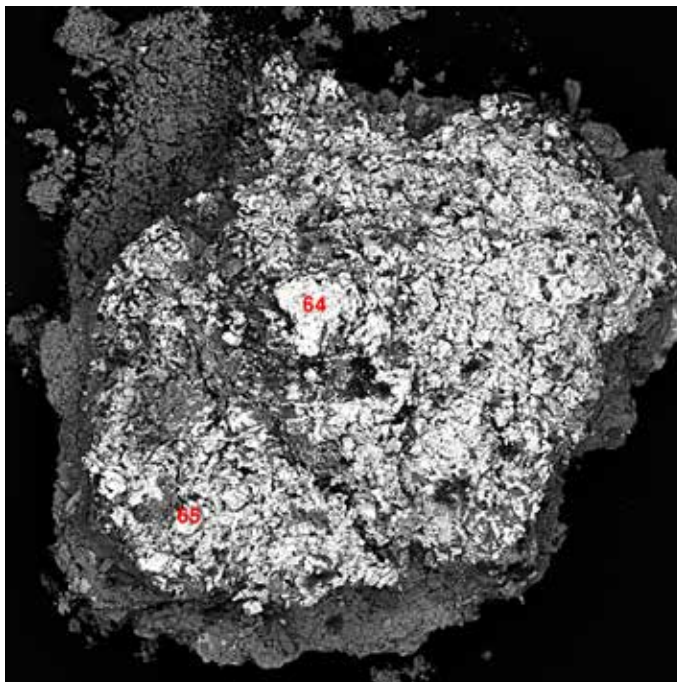


Obr. 12. Nález 2012/35-B04-15-2 – detail kopinatých (šipovitých) a pérovitých krystalků akantitu na povrchu globulky. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

Analýzovaný tyglík B04-015-5 s vodorovně vyloženým úchytem pro kleště (obr. 9: 5, B04-15-5) má vnitřní stěnu pokrytou struskovitým tmavě červenohnědým až šedočerným povlakem. Z něj místy vystupuje několik stříbřitě šedých globulek o průměru až kolem 2 mm, které jsou obklopeny modrozelenými povlaky sekundárních minerálů mědi (obr. 13). Mikroanalýzy preparátu jedné z globulek potvrdily přítomnost stříbra (až 90 hmot. % Ag) s nízkým podílem mědi, které je patrně v důsledku zvětrávacích procesů částečně přeměněno na sekundární chlorid stříbrný (až 17 hmot. % Cl). Okolní struskovitý povlak tyglíku má křemičito-vápenato-olovnato-hlinitý chemismus

s kolísavým podílem mědi a podružnou příměsí stříbra i zinku.

Provedené analýzy chemismu metalurgických pozůstatků na stěnách tavicích kelímků (tab. 3) dokládají, že tyto technologické nádoby byly využity při výrobě stříbra. O nálezu B04-15-1 lze konstatovat, že výsledný meziprodukt měl formu slitiny měďnatého stříbra. Vsádka obsahovala jen nevýznamný podíl olova a tavidlem mohl být patrně rostlinný popel. Cu-Ag slitina se pak pravděpodobně stala předmětem následných metalurgických postupů spočívajících v oddělení obou kovů (např. pomocí kupelace). Druhý kelímek B04-15-2 byl zřejmě vymazán kostním popelem absorbujícím nečistoty (v tomto případě měď). Ve světlých zrnech globulek (v režimu BSE) dominovalo stříbro nad mědí a sírou. Sekundárně na povrchu vykrystalovaly drobné agregáty sulfidu stříbrného. Tyglík opět sloužil při dílčí etapě výroby stříbra, patrně při práci s měďnatými rudami stříbra. Technologická operace nebyla s největší pravděpodobností dokončena kvůli prasknutí nádoby. Ve vsádce se kromě rudy či hutnického poloproduktu uplatnilo olovo, kostní popel a struskotvorné oxidy křemičité a hlinitý (zrna křemene, jí?). Vsádka v analyticky zkoumaném tavicím kelímku B04-15-5 obsahovala rudní prvky (rudu či hutnický poloprodukt) a byla tavena se struskotvorným oxidem křemičitým a se složkami bohatými na vápník (tavidlo či rafinační činidlo) a olovo (redukční látka). Nežádoucí příměsi – v tomto případě měď, železo, mangan, fosfor a zinek – přecházely do strusky a zároveň došlo k oddělení kovového stříbra s podružným podílem mědi.



Obr. 13. Nález 2012/35-B04-15-5 – šedá globulka obklopená světle modrozelenými zvětřalinami z vnitřku tyglíku, s místy analyzovaných bodů č. 64 a 65. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

Analýza	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Ag	Pb
38	0,9													3,6		95,5	
39	2,5													9,3		85,7	2,4
40	16,6					0,7				0,2				62,1		20,4	
41	17,8					0,3								69,0		11,9	1,0
44	17,1			0,3	0,8	0,6	9,5			0,7			0,2	2,6		68,3	
45	10,2			0,9	2,2	1,0	2,8	0,9		1,4			0,2	3,3		77,2	
46	32,2			0,2	0,3	13,9	0,5	3,4	1,6	7,4			0,5	37,9		2,0	
64	0,1							9,3						0,4		90,2	
65	0,2							17,2						0,6		82,1	

Tab. 3. Výsledky analýz kulovitých shluků (globulek) z povrchu tří tavicích kelímků z Klementina (B04-15-1 **modře**, B04-15-2 **zeleně**, B04-15-5 **žlutě**); údaje v hmot. % prvků normalizované na 100 %.

Do skupiny technologických metalurgických nádob lze zařadit i zlomek silnostěnné keramiky B05-42b-Ke (tloušťka střepu činí cca 14 mm), která je na části lomu pokryta kovem s modrozeleným povlakem sekundárních minerálů mědi (obr. 14). Kov částečně protekl i na spodní (vnější) stranu výrobku, která je skelně natavená a v místě průniku kovové taveniny zestruskovatělá. Nádoba byla s největší pravděpodobností destruována při práci se slitinou mědi a zinku – mosazí (cca 91 hmot. % Cu, 9 hmot. % Zn). Dokládá to přítomnost této slitiny na lomu střepu. Nález lze zřejmě klasifikovat jako torzo lící pánvičky. Mosaz s obsahem mědi kolem 90 % je z hlediska novodobé terminologie označována jako červený tombak a využívá se hlavně k výrobě šperků.

Hutníci a prubíři v minulosti při různých technologických operacích využívali střepy běžných keramických nádob. Fragmenty kuchyňské keramiky s heterogenními struskovitými povlaky a kovovými globulkami neželezných kovů představují významnou skupinu pražských raně

Obr. 14. Zlomek dna technologické nádoby 2012/35-B5-42b-Ke s protáhlou hrudkou kovu pokrytou tmavě zelenými sekundárními minerály mědi. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).

Obr. 15. Miskovitý střep 2012/35-B5-42a-Ke se struskovitým povlakem na vnitřní stěně. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).



středověkých archeometalurgických nálezů (VARADZIN/ZAVŘEL 2015; ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ/JEŽEK 2019). Například z oblasti Malé Strany známe několik desítek nálezů tohoto typu ze šesti lokalit, přičemž podrobněji bylo dosud analyzováno 28 vzorků (ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ 2019, 516). Pozůstatky metalurgických procesů se ve výrazné většině nacházejí na vnitřní stěně původní nádoby (ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ/JEŽEK 2019, 5353). V minulých etapách zpracování nálezů z Klementina byly provedeny analýzy dvou střepových hutnických misek S06-35a a S06-16. Povlak na zlomku nádoby S06-35a dokládá práci s kostním popelem, olovem, případně klejtem v rámci blíže neurčeného technologického postupu. Další analyzovaný střep S06-36-16 sloužil k úpravě surovin souvisejících s výrobou cínového bronzu.

Nově byl blíže zkoumán miskovitý střep B05-42a-Ke, žárem částečně deformovaný, který na vnitřní straně pokrývá struskovitý povlak s proměnlivými barvami od červenohnědé přes tmavě červenou až do tmavě šedé a černošedé (obr. 15).⁹ Povrch fragmentu byl zevnitř opatřen popelovitým potěrem, na kterém ulpěl klejt. Při okraji fragmentu se dochoval otisk kovového koláčku vypovídající o úspěšném dokončení metalurgické operace. Zda na střepu došlo ke kupelaci za účelem získání stříbra nebo k jinému metalurgickému postupu při využití olova, nelze z výsledků provedených analýz jednoznačně rozhodnout.

Mezi dosud blíže analyzovanými střepovými hutnickými miskami z Vyšehradu a Malé Strany výrazně převládaly nálezy použité při rafinaci stříbra metodou kupelace. Cílovým produktem těchto metalurgických postupů byly koláčovité placičky stříbra zbavené většiny nežádoucích příměsí. Takto jednoznačně zařaditelné typy miskovitých metalurgických střepů jsme mezi nálezy z Klementina dosud nezaznamenali.

Kovové hrudky, úkapy

Nepravidelné drobné kovové hrudky o vysoké hustotě, zpravidla pokryté modrozelenými zvětralinovými povlaky sekundárních minerálů mědi, tvoří nejčtenější soubor archeometalurgických nálezů z Klementina. Většina z nich má nepravidelný tvar, velikost nejdelší osy se pohybuje od 8 do 25 mm, výjimečně až do 40 mm. Ve starších článcích jsme prezentovali výsledky analýz čtyř nálezů tohoto typu (10/97-244, 10/97-170, 2017/10-S06-046 a 2017/10-S06-50; HAVRDA/ZAVŘEL 2008; HAVRDA/ZAVŘEL 2019). Kovy zlatavé barvy v nevětralých jádrech těchto hrudek obsahují kolísavé koncentrace mědi, cínu a olova, a jedná se tedy o olovnaté cínové bronzy.

V dalších fázích výzkumu byly analyzovány čtyři kovové hrudky (úkapy). Nález 2010/11-S50 má formu drobné nepravidelné hrudky o vysoké objemové hmotnosti pokryté povlakem zelenomodrých zvětralin o váze 2,0 g. Jádro vzorku 2010/11-S50 tvoří měď, která obsahuje odhadem 5 až 10 % světlých inkluzí (v režimu BSE) složených z olova s příměsí mědi (tab. 4: analýzy č. 1, 2).

⁹ Analyzované zlomky keramiky B05-42a-Ke a B05-42b-Ke byly nalezeny v mělkém nepravidelném sídlištním objektu V147 datovaném do 2. poloviny 12. až 1. poloviny 13. století (Klementinum, výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, sonda B05).

Analýza	O	P	S	Cl	Cu	Zn	Ag	Pb
1	11,0				89,0			
2	19,7				4,6			75,7
3	27,2				1,6			71,2
4	9,9				87,3			2,8
5	16,6	0,4	13,2	2,9	64,6	1,3	1,0	

Tab. 4. Výsledky analýz vzorků 2010/11-S50 (č. 1 a 2) a 2010/11-S75 (č. 3 až 5); údaje v hmot. % prvků normalizované na 100 %.

Další podrobněji zkoumaný nález 2010/11-S75 o váze 21,7 g má protáhlý mírně prohnutý tvar a je opět potažený krustou zelenomodrých zvětralin (obr. 16). Nelze vyloučit, že se jedná o drobný ingot. Preparát kovu zbavený zvětralin je tvořen mědí s vedlejším podílem olova, která obsahuje inkluze olova s příměsí mědi. Zjištěna byla též partie o velikosti cca $20 \times 20 \mu\text{m}$ (pravděpodobně část zvětralinové kůry s vyšším podílem kyslíku, síry a chlóru), která kromě mědi obsahuje i vedlejší příměs stříbra a zinku. Zjištění nízkých koncentrací zinku a stříbra v plošně omezené části vzorku zřejmě v tomto případě nemusí souviset s jejich záměrným zpracováváním. Může se jednat o přirozenou příměs rud mědi nebo olova nebo měď tohoto složení vznikla jako vedlejší produkt výroby stříbra z měďnatých stříbrných rud.



Obr. 16. Kovová hruška („ingot“). Nález 2010/11-S75, výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2010/11, Praha-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).

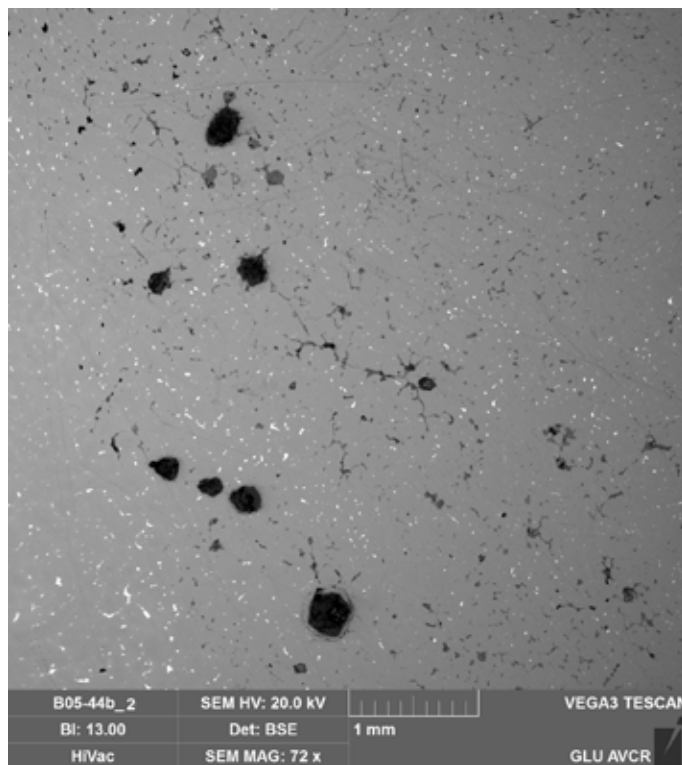
Třetí nově analyzovaný nález reprezentuje protáhlá hruška B05-44b o vysoké objemové hmotnosti pokrytá tmavě zeleným zvětralinovým povlakem. Na řezu vystupuje poměrně kompaktní kov zlatavé barvy a silného lesku (obr. 17). V nehojných drobných dutinkách se též vytvořily zelené sekundární minerály mědi a čiré jehlicovité krystalky. Tenký okrajový lem na části řezné plochy tvoří tmavě červenofialová jemně krystalická zvětralinina. Analýzy potvrdily, že se jedná o měď s drobnými inkluzemi olova a podružným podílem cínu. Při chladnutí taveniny utuhlo olovo jako poslední a vytvořilo kapénky na hranicích zrn mědi. V mikroskopických pórech po plynech a na povrchu vzorku se vyvinuly sekundární zvětralinové minerály mědi a cínu. Hojné jehlicovité krystalky SnO_2 v některých mikroskopických dutinkách dokládají, že došlo k přednostní oxidaci (vyhoření) Sn z taveniny a podíl tohoto kovu zde byl původně větší (obr. 18). Nález dokládá práci s roztavenou mědí obsahující menší příměsí olova a cínu.

Další analyzovaná nepravidelná kovová hruška A07-38 je opět pokryta modrozelenými zvětřalinami mědi s přtmeleným hlinitým pískem i drobnými uhlíky. Na řezu dominuje kov barvy mědi, který směrem k jednomu okraji přechází do slitiny zlatavé barvy, na kterou nasedá pruh struskového charakteru zvětralin s kupřitem (obr. 19).

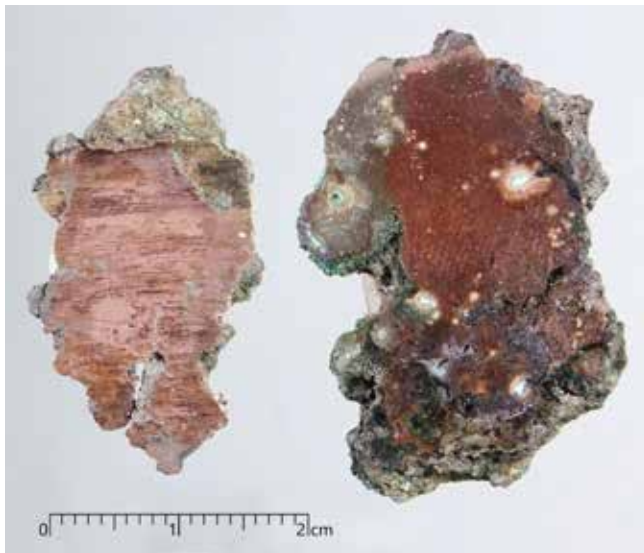
Největší objem hrušky skutečně tvoří kovová měď o složení kolem 99 hmot. % Cu s inkluzemi olova, antimonu a arsenu. V okrajové slitině světle zlatavé barvy má hlavní kovová fáze složení cínového bronz s kolísavým podílem Cu a Sn a vyskytují se zde hojné drobné vměstky olova. V přechodové partii mezi oběma výše uvedenými částmi kovové hrušky má hlavní fáze slitiny opět složení bronz s poměrně nízkým podílem Sn a dále jsou přítomny drobné inkluze čisté mědi i krystalky oxidu ciničitého (obr. 20). Zde lze opět dobře dokladovat působení oxidace na bronzovou slitinu postupující systémem intermetalických trhlin.



Obr. 17. Řezné plochy kovové hrušky 2012/35-B05-44b. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).

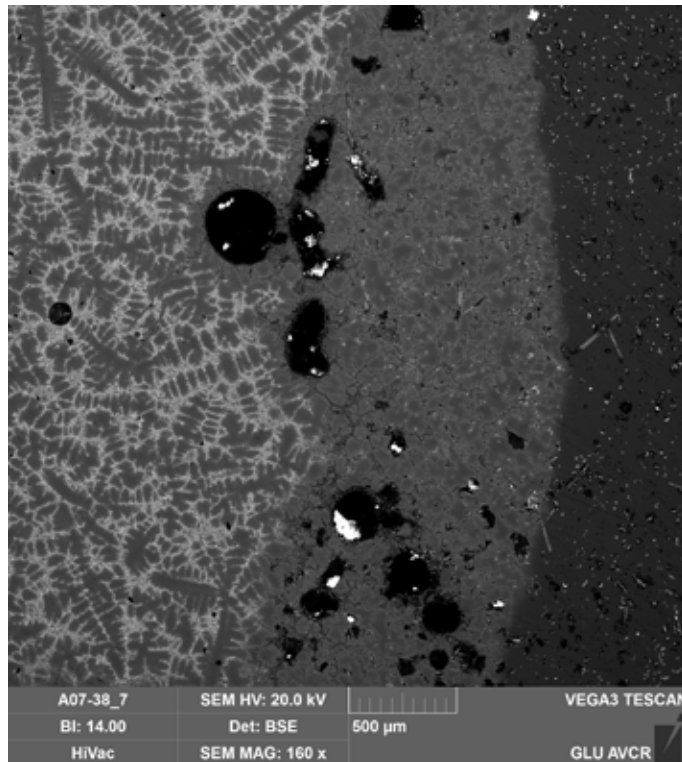


Obr. 18. Část povrchu nábrusu B05-44b s převládajícím světle šedým kovem (měď s příměsí cínu), drobnými světlými inkluzemi (olovo) a tmavě šedými zvětřalinami v pórech po plynech. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.



Obr. 19. Řezné plochy kovové hrušky A07-38, vpravo s leštěným povrchem. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).

Obr. 20. Rozhraní tří různě zbarvených součástí slitiny A07-38; slitiny: tmavě šedá část vpravo je tvořena mědí s inkluzemi olova, hlavní fáze světle šedého prostředního pruhu má složení bronz s poměrně nízkým podílem Sn, levou část se síťovitou strukturou buduje cínový bronz kolísavého složení (85–93 hmot. % Cu, 7–16 hmot. % Sn), vyskytují se zde drobné hojné inkluze olova. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

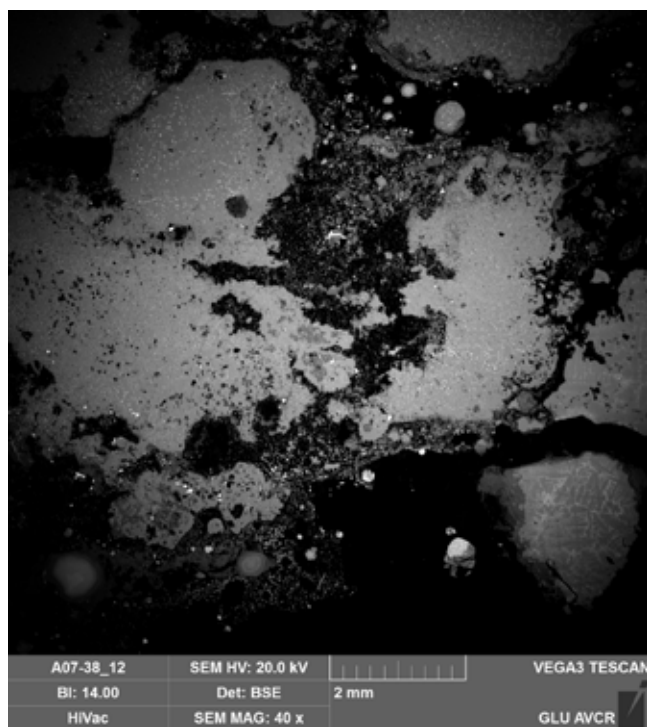


Malou část nálezů tvoří struskovitá hmota amorfního charakteru s drobnými převážně nepravidelnými a kulovitými shluky cínového bronzu o značně kolísavém složení (tab. 5).

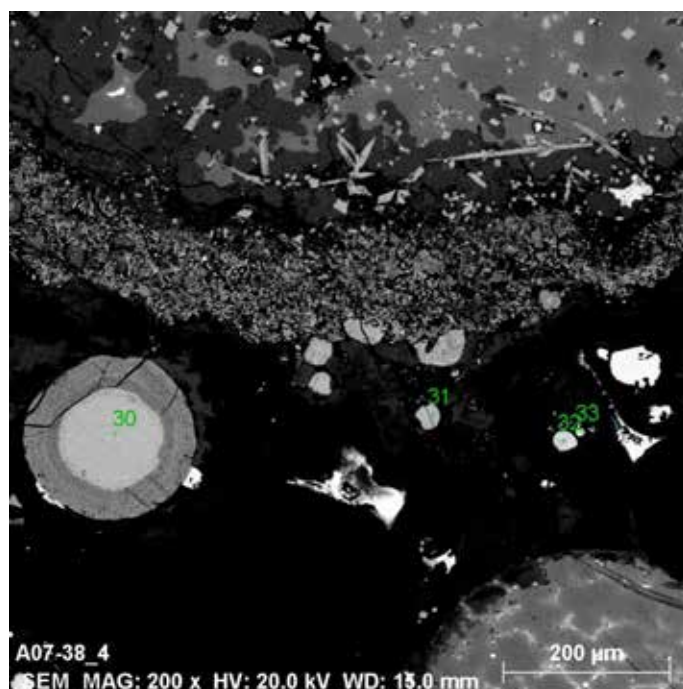
Analýza	Fe	Cu	Sn	Pb	As	O
30		68,9	29,5	1,1	0,5	
31		68,4	29,3	1,8	0,5	
32		8,6	57,3	1,0		33,1
33	0,3	50,5	49,2			

Tab. 5. Výsledky analýz strusky A07-38 v místech bodů č. 30 až 33; údaje v hmot. %, normalizováno na 100 %.

Charakteristickým rysem nálezů A07-38 (obr. 21, 22) je výrazná makroskopická i chemická heterogenita. Vzorek je dokladem nedokončeného procesu tvorby slitiny mědi a cínu, který reprezentují tři chemicky i barevně odlišné partie, které mezi sebou mají poměrně zřetelné hranice.



Obr. 21. Struskovitá část nábrusu hrudky A07-38 tvořená kromě hlavní slitiny mědi a cínu i sklovitou struskou (tmavé partie) s krystalky SnO_2 , zvětřalinami mědi (malachit, kuprit) a nodulkami s výrazně kolísavými poměry cínu a mědi. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

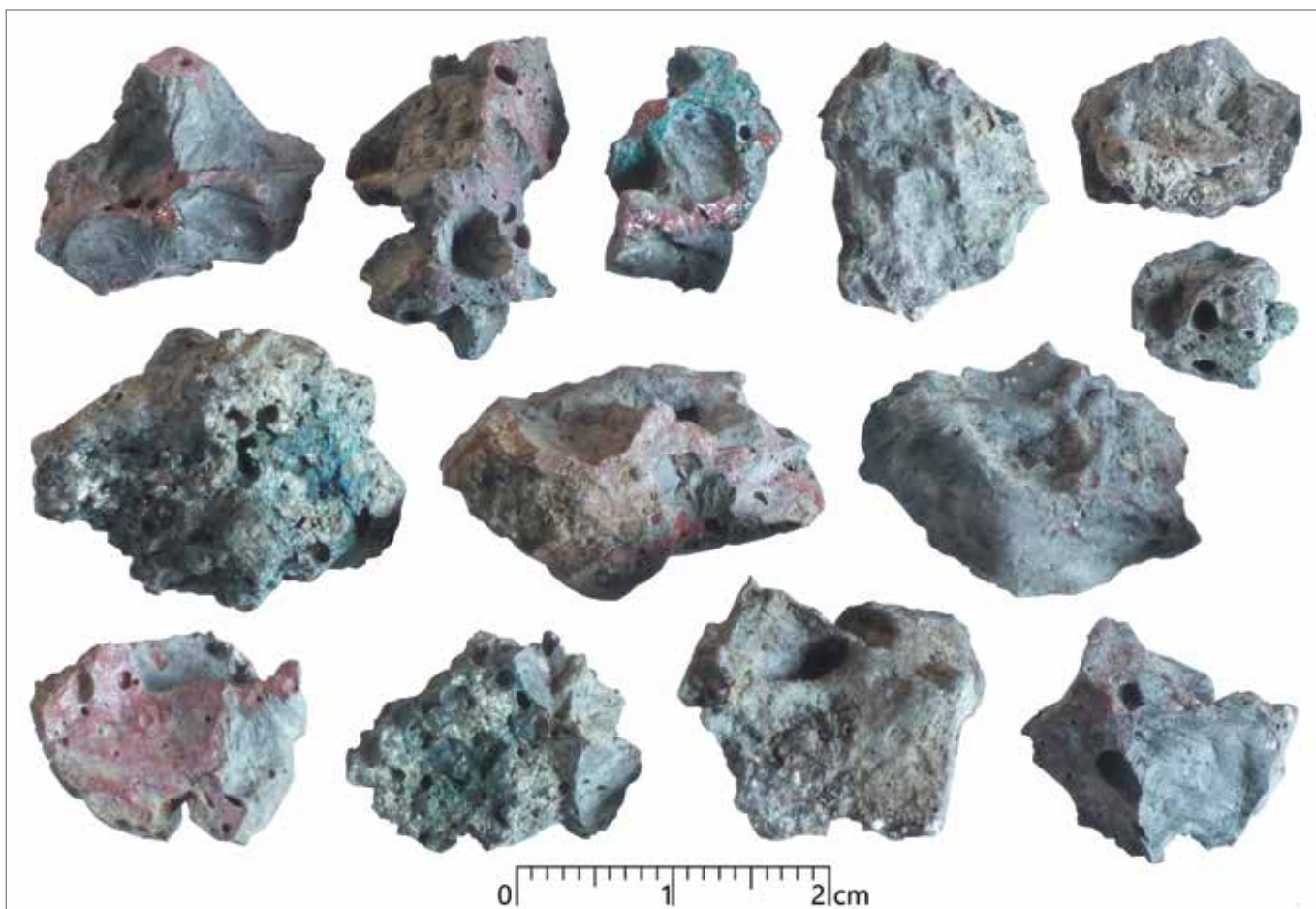


Obr. 22. Detail části struskovité partie vzorku A7-38 s místy analyzovaných plošek a bodů č. 30 až 33. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I – Klementinum.

Struskovité hmoty, poloprodukty?

V areálu Klementina bylo získáno několik desítek drobných hrudek struskovitého vzhledu. Vyznačují se nepravidelným tvarem a lesklým hnědým, jasně červeným, šedým až hnědočerným zbarvením povrchem, na němž místy vystupují zelené povlaky tvořené sekundárními minerály mědi. Na leštěných řezech lze často pozorovat nodule kovů, resp. slitin kovů červenavé, stříbřité a zlatavé barvy, dále množství primárních i sekundárních minerálních složek a různých fází amorfni či kryptokrystalické matrix. Tento typ nálezů vykazuje i proměnlivou porozitu a hustotu. Jejich průměr se pohybuje od 30 do 70 mm (obr. 23).

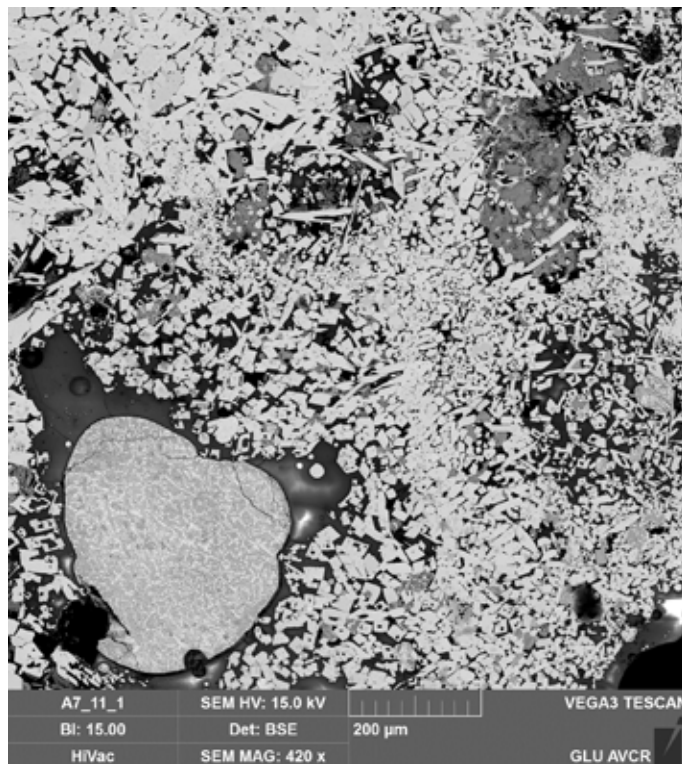
V prvních etapách chemických analýz vybraných nálezů z Klementina byly blíže zkoumány dva nálezy, které jsme zařadili do skupiny strusek neželezných kovů (2017/10-S06-38 a 10/97-409). Analýzy vzorku 2017/10-S06-38 potvrdily velkou heterogenitu jeho vnitřní skladby. Hlavní masu tvoří kuprit (Cu_2O), atacamit ($\text{Cu}_2[\text{OH}]\text{Cl}$), sklovitá fáze křemičito-hlinitá se sumou alkálií kolem 10 hmot. % a několik generací krystalů kasiteritu (SnO_2). Dále byly zjištěny nodule olova se zvětřalinami anglesitu (PbSO_4) a samostatné krystalky anglesitu i nodule mědi, částečně zoxidované



Obr. 23. Výrobní odpad vzniklý při práci s neželeznými kovy. Výrazně zastoupeny jsou sytě zbarvené olovnato-křemičité sklovité strusky a struskovité hrudky. Nálezy z vrstvy datované do 2. poloviny 13. století (vr. A07-11) nedaleko od pece V69. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, sonda A07. Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (západní křídlo u Křižovnické ulice; foto J. Hlavatý, 2019).



Obr. 24. Leštěný nábrus struskovité hmoty A07-11. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).



Obr. 25. Část nábrusu strusky A07-11 s nahlučenými bílými kosočtverečnými i jehlicovitými krystaly oxidu cínitého (často s centrálními dutinami) v tmavě šedé skelné matrix a nepravidelným shlukem cínového bronzu (vlevo dole). Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I.

nebo parciálně přeměněné na atacamit (HAVRDA/ZAVŘEL 2019, 994). Hrudka 10/97-409 obsahovala v základní šedé sklovité hmotě hojná zrna mědi a tenké lištovité krystalky kasiteritu (HAVRDA/ZAVŘEL 2008, 341sq.).

V dalších fázích analytických prací se pozornost soustředila na šest dalších nálezů obdobného charakteru. Na jejich nábrusech bylo provedeno nadstandardních 318 chemických analýz a pořízeno 74 snímků elektronového mikroskopu. Přes jejich velkou variabilitu lze všechny tyto vzorky jednoznačně spojit s metalurgií cínových bronzů. Charakter tohoto typu nálezů zde prezentujeme na dvou vzorcích.

Hrudka A07-11¹⁰ se vyznačuje výraznou makroskopicky pozorovatelnou heterogenitou, která je patrná hlavně na řezu (obr. 24). Převažuje zde cihlově červená a červenohnědá sklovitá hmota s poměrně častými zrny nataveného křemene (průměr až kolem 2 mm). Dále jsou zastoupeny globulky kovu stříbřité a zlatavé barvy (průměr až 3 mm), zelené sekundární minerály mědi a různé zóny přechodného charakteru. Analýzami a snímky elektronového mikroskopu byla potvrzena výrazná variabilní skladba vzorku A07-11. Ten obsahuje:

- sklovitou matrix s výrazně nabohaceným obsahem cínu v okolí krystalků SnO_2 ; její hojná přítomnost vypovídá o rychlém zchlazení taveniny
- krystaly oxidu cínitého (obr. 25)
- globulky bronzů různé velikosti, zpravidla vícefázové (např. 75 hmot. % Cu, 24 hmot. % Sn), dále nehomogenní zrnka slitiny bronzů (Cu > Sn) s poměrně výrazným podílem antimonu a výjimečně i olova (tab. 6); přítomny jsou i tmavší okrajové partie s převahou cínu nad mědí (55 resp. 58 hmot. % SnO_2) a další globulky slitin Sn a Cu o kolísavých poměrech obou kovů
- globulky téměř čisté, jen slabě oxidované mědi (okolo 99 hmot. % Cu)
- ojedinělé globulky cínu o průměru až kolem 2 mm
- krystalky kupritu Cu_2O
- směsné částečně navětralé partie v okolí kovových shluků.

Analýza	Si	Al	Cu	Sn	Pb	Sb	Ni	O
4			75,4	24,3				0,3
5			58,5	21,9	10,8	7,5	0,4	0,9
6	0,2	0,1	66,2	22,4		9,3		1,8
8			68,9	30,6				0,5
9			69,2	30,4				0,4
10			69,3	30,3				0,4

Tab. 6. Výsledky analýz vybraných globulek bronzů ve vzorku strusky A07-11; údaje v hmot. %, normalizováno na 100 %.

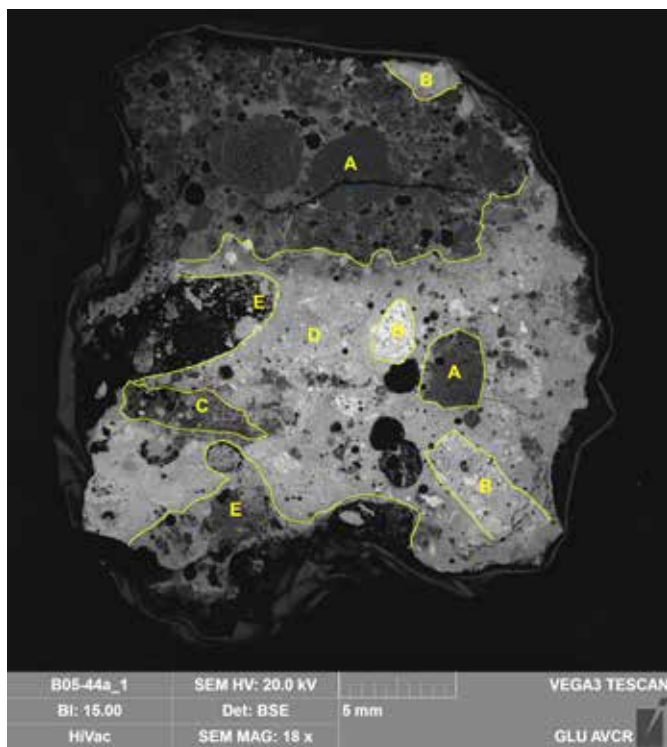
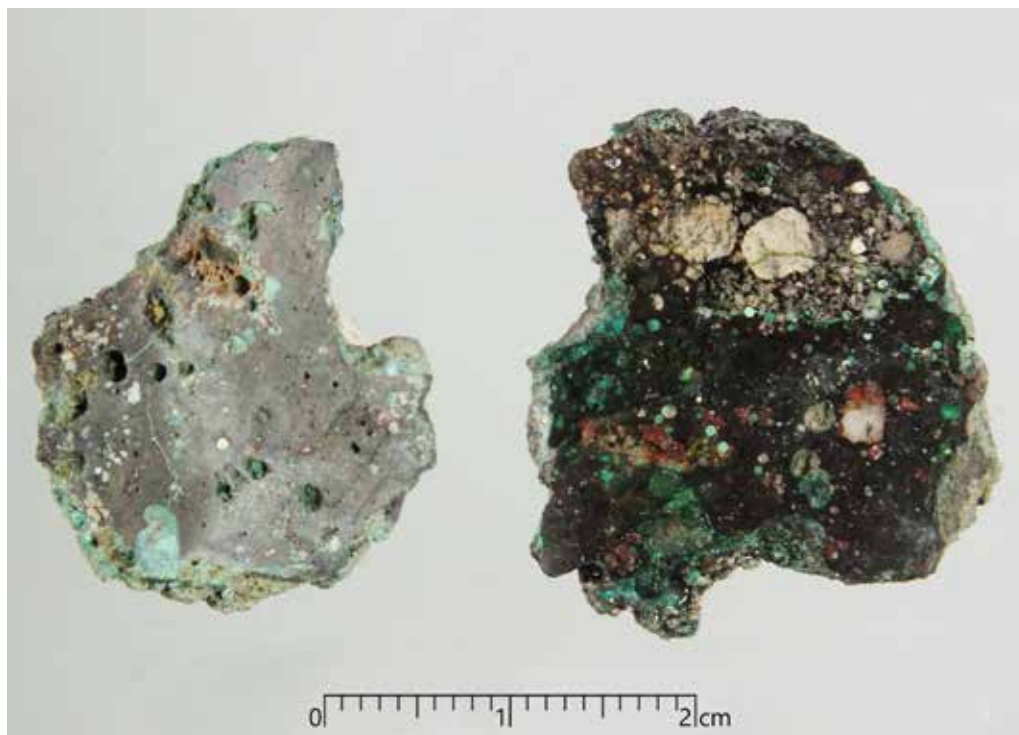
Další nepravidelná hrudka B05-44a¹¹ má na části povrchu tmavě šedohnědou a tmavě šedou barvu a obsahuje nepravidelné povlaky zelených, zelenomodrých a tmavě červených zvětralých minerálů mědi (obr. 26). Na řezu převažuje sklovitá matrix s velmi drobnými globulkami kovu barvy mědi, dále jsou přítomny větší kulovité útvary vyplněné sekundárními minerály mědi a na části též převažují bělavá zrna nataveného křemene o průměru až kolem 3 mm. Jednotlivé hlavní oblasti nábrusu jsou poměrně ostře ohraničeny a liší se jak vzhledem, tak minerálním i chemickým složením (obr. 27, 28). Ve strusce B05-44a byly detekovány tyto složky:

- krystaly oxidu cínitého o velikostech od několika μm do cca 0,5 mm; v analýzách se místy projevil vedlejší až podružný podíl mědi (0,4–1,6 hmot. % CuO) a železa (0,3–0,8 hmot. % FeO)
- sklovitá matrix, která utuhla při chladnutí taveniny jako poslední a vyplnila prostory mezi krystalickými fázemi (jedná se o eutektickou složku strusky s nejnižší teplotou tuhnutí); vykazuje výraznou variabilitu chemického složení, to dokládají např. i obsahy mědi (0–28 hmot. % CuO), cínu (0–11 hmot. % SnO_2), olova (0–21 hmot. % PbO), vápníku (0,5–14 hmot. % CaO), železa (0,1–24 hmot. % FeO) a hliníku (7–31 hmot. % Al_2O_3)
- globulky a shluky téměř čisté mědi, většinou s vedlejším podílem Fe

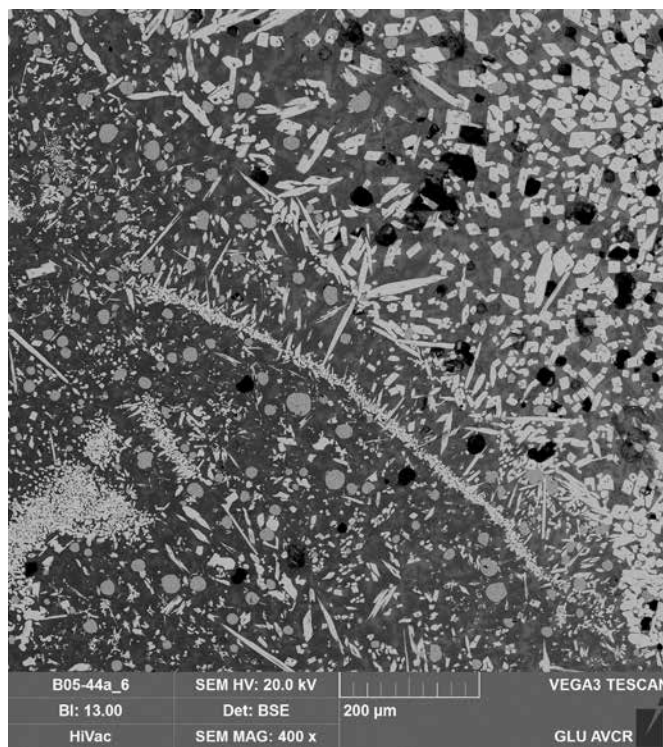
10 Analyzovaná hrudka byla nalezena v tenké uhlíkaté sídlíšní vrstvě A07-11 datované do 2. poloviny 13. století. Tato vrstva stratigraficky odpovídá horizontu pece V69, která se nalézala 2 m severozápadně od ní (Klementinum, výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, sonda A07).

11 Analyzovaná struskovitá hmota byla nalezena v sídlíšní vrstvě B05-44 datované do 2. poloviny 12. až 1. poloviny 13. století (Klementinum, výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, sonda B05).

Obr. 26. Řezné plochy hrudky B05-44, vpravo s leštěným povrchem. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křížovnická čp. 1040/I – Klementinum (foto J. Hlavatý, 2019).



Obr. 27. Celkový snímek nábrusu vzorku B05-44 s vyznačením výrazně odlišných částí: **A** – oblasti bez výskytu neželezných kovů či jejich sloučenin s převahou natavené světlé křemité hmoty (zrna křemene či křemence?); **B** – tři největší oblasti s výrazně koncentrovanými vyostřenci SnO_2 ; **C** – drobně porézní partie strusky převážně se zvětřalinami Cu – kupřitem, atacamitem a malachitem; **D** – hlavní masa strusky s převahou skelné složky, jemně rozptýleným kupřitem, krystalky SnO_2 a velmi hojnými mikroskopickými inkluzemi i drobnými globulkami mědi, bronzu či cínu; **E** – okrajové heterogenní části strusky s kupřitem, zrnky křemene, ojediněle se slídou (?). Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křížovnická čp. 1040/I – Klementinum.



Obr. 28. Část nábrusu strusky B05-44 s bělavými nepravidelnými shluky a nahlučenými pruhy krystalů SnO_2 , dále jehlice stejného oxidu a šedé globulky mědi a bronzu v tmavě šedé amorfni sklovité matrix. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křížovnická čp. 1040/I – Klementinum.

- drobné globulky bronzu (tab. 7; např. 92 hmot. % Cu, 6 hmot. % Sn), z nichž některé, bezprostředně sousedící, vykazují výraznou odlišnost chemického složení (např. Cu 64 hmot. % – Sn 34 hmot. %, resp. Cu 10 hmot. % – Sn 59 hmot. %)
- zvětraliny mědi ve formě smaragdově zeleného atacamitu $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ a rubínově červeného kupritu Cu_2O .

Analýza	Si	Al	Fe	Cu	Sn	Pb	Cl	O
52				92,4	6,4			1,3
73	0,2		0,5	64,3	34,3			0,7
74	3,1	0,4	1,1	10,4	59,2	1,8	0,4	23,7
75	0,4		0,6	28,5	58,6		1,2	10,8

Tab. 7. Chemické složení globulek bronzu v nábrusu vzorku B05-44a.

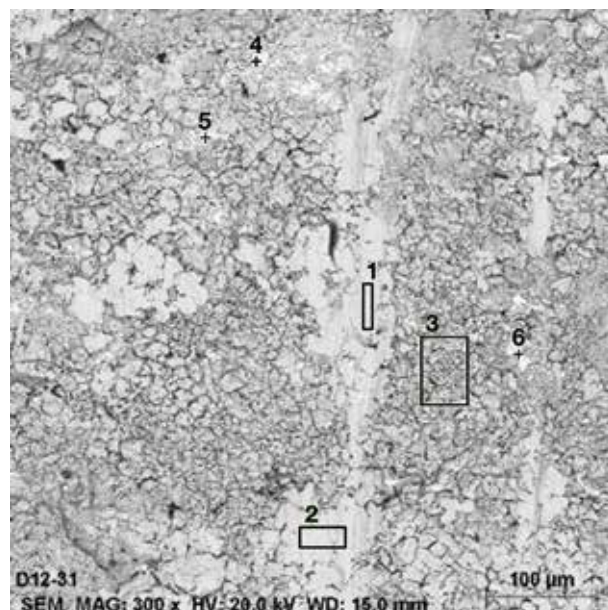
Kovový šrot – pagament

Při terénních pracích bylo dosud získáno několik nižších desítek zlomků kovového šrotu, který byl s velkou pravděpodobností využíván jako surovina k sekundárnímu zpracování. Zastoupeny jsou např. zohýbané tenké ústřížky, drátky, plíšky, nýtky, kroužky z kovů zlatavé nebo červenavé barvy. Nalezeny byly jak ve východní, tak v západní části areálu Klementina (HAVRDA/ZAVŘEL 2019, 996).

Z této kategorie metalurgických nálezů byly analýzám podrobeny dva předměty. Makroskopicky téměř homogenní zlomky kovu barvy mědi (vzorek D12-31) jsou jen místy pokryty slabým zeleným popraškem a červenohnědými skvrnkami sekundárních minerálů mědi (obr. 29).



Obr. 29. Zlomek kovu barvy mědi D12-31. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I – Klementinum (foto J. Hlavatý, 2019).



Obr. 30. Část povrchu kovového zlomku D12-31 s místy analyzovaných plošek a bodů č. 1–6. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I – Klementinum.

Analýza	Cu	Pb	Ni	As	Se	Sb	O	Cl
1	91,8						8,0	0,2
2	91,5						8,0	0,5
3	84,0						14,8	1,3
4	14,5	10,4		11,0		5,6	58,4	
5	12,3	12,3		14,2		3,8	57,4	
6	37,0	14,7	2,9	6,2	1,5	31,1	2,9	3,7

Tab. 8. Výsledky analýz zlomku kovu D12-31; údaje v hmot. %, normalizovány na 100 %.

Obr. 31. Zlomek artefaktu ze stočených kovových drátků inv. č. 2012/35-D12-157. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I (foto J. Hlavatý, 2019).



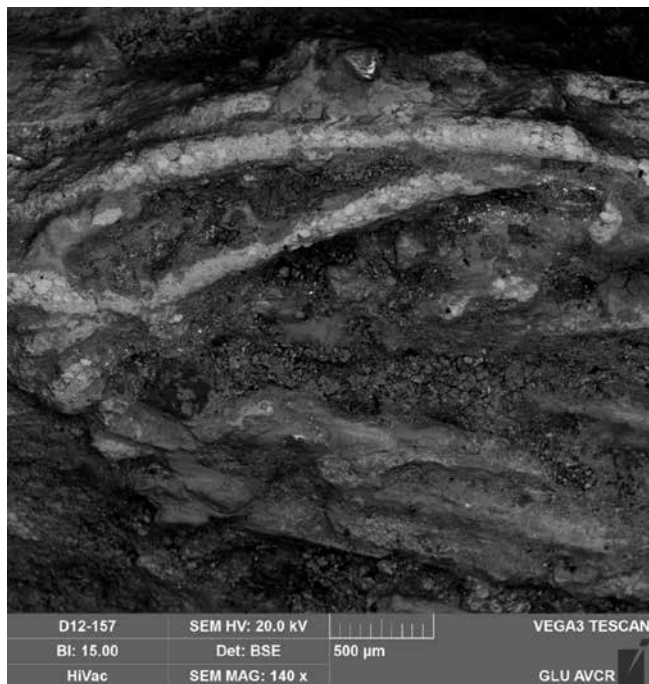
V místech projevujících se v režimu zpět odražených elektronů nej-
světlejší barvou a nejkompaktnější
strukturou je materiál tvořen slabě
zoxidovanou mědí s podružným
podílem chloridů (tab. 8: analýzy
č. 1, 2). Plošné stanovení č. 3 již za-
sáhlo místo s výrazněji zastoupený-
mi zvětřalinami – kupřitem a patrně
i atacamitem. V místě drobných sví-
tívkových inkluzí prostupujících mědí
jsou zvýšené koncentrace olova,
arsenu i antimonu (tab. 8: analýzy
č. 4 až 6), u poslední uvedené ana-
lýzy i vedlejší podíl niklu a selenu
(obr. 30).

Druhý nálezný D12-157 má charakter
zlomku předmětu z částečně stočených drátků kovu měděné barvy, které jsou navětralé a po-
kryté modrozelenými povlaky sekundárních minerálů mědi (obr. 31).

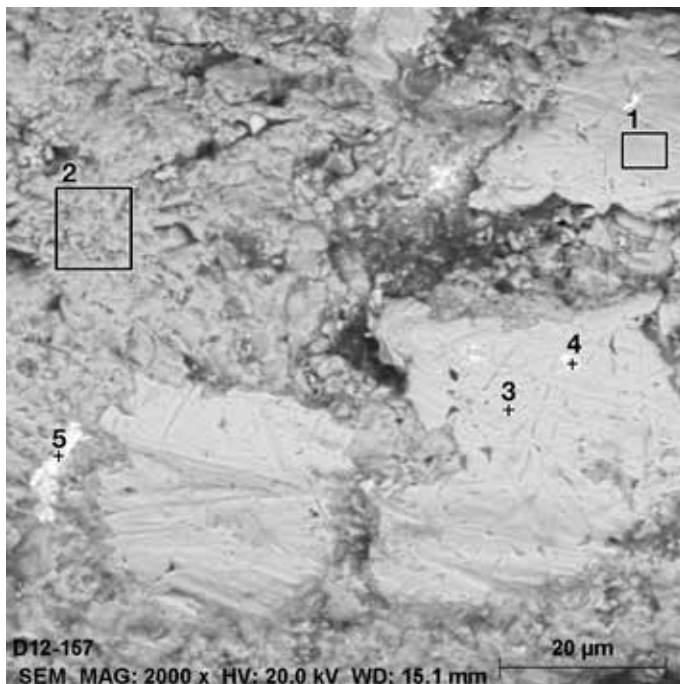
Tab. 9. Výsledky analýz vzorku
D12-157.

Analýza	Fe	Al	P	Cu	Pb	As	Sb	O	Cl
1				95,8				4,2	
2	0,3			98,8				0,3	0,6
3				98,0				2,0	
4		0,3		53,6	34,1			0,4	11,5
5	0,2		5,7	57,0	13,5	4,9	1,4	14,3	3,0

Povrch artefaktu nebyl před provedením analýz nijak upravován. Jednotlivé drátky tvořící svazek
jsou vyrobeny z mědi, která obsahuje podružný podíl železa. Drobné inkluze v základním kovu
vytváří olovo, případně olovo s příměsí arsenu a antimonu. Zvětřaliny jsou tvořeny chloridy, oxidy
či uhličitany mědi (tab. 9; obr. 32, 33).



Obr. 32. Část povrchu vzorku D12-157 složeného z kovových drátků
a pokrytého zvětřalinami. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3,
režim BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město,
Křižovnická čp. 1040/I.



Obr. 33. Detail povrchu jednoho z drátků (D12-157) s místy analyzovaných
bodů a plošek č. 1–5. Snímek elektronového mikroskopu Tescan Vega 3, režim
BSE. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická
čp. 1040/I.

Odlévací forma

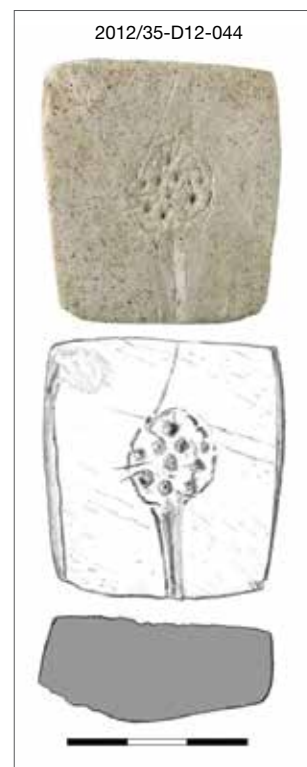
Ve východní části Studentského nádvoří byl nalezen ve výplni sídlištního objektu opukový kladub D12-044 v podobě plochého opracovaného kamene přibližně čtvercového tvaru (39 × 43 mm). Tloušťka kamenné destičky činí 13–16 mm. Spodní strana předmětu je mírně vypouklá, do rovné horní strany byl vyryt mělký, 1–2 mm hluboký rovný přírodní kanálek (obr. 34), který směřuje do středu předmětu s vytvořeným neumělým ornamentem. Ten byl vymezen velmi ledabyle vyrytým nepravidelným kruhem o průměru 15 mm v podobě jemné drážky. Drážka opisuje 6 důlků přibližně u obvodu a tři důlky uprostřed ornamentu. Hloubka důlků se pohybuje okolo 1–2 mm. Předmět můžeme interpretovat jako kamennou formu k výrobě drobných předmětů z olova a slitin mědi (nášivek, ozdob, kování apod.). Pro její velmi primitivní provedení lze ovšem pochybovat, že byla k odlévání použita. Můžeme uvažovat o možnosti, že se jednalo o nedokončený výrobek. Na povrchu kladubu se nezachovaly analyzovatelné stopy po zpracovávaných kovech.¹²

Prubířské kameny

Při výzkumu Klementina byly nalezeny dva artefakty, které na základě tvaru, petrografického charakteru a výsledků chemických mikroanalýz povrchu řadíme k prubířským kamenům (obr. 35).

Kamenný předmět D12-11 byl vyroben z černé celistvé horniny bez texturních znaků (kontaktní rohovec?, kvarcit?). Výrobek má tvar čtyřbokého protáhlého nízkého hranolu s podstavou rovnoramenného lichoběžníku; na užší straně prochází předmětem mírně šikmý průvrt. Rozměry kamene činí 59 × 12–20 × 9–10 mm; Ø průvrtu = 4–5 mm. Povrch je na všech částech obroušen do hladka a jen místy u hran drobně oštipán, místy lze i makroskopicky sledovat nepravidelnou síť vlasových rýh. Mikroanalýzy povrchu kamenného artefaktu potvrdily přítomnost stop po zkoušení výrobků ze zlata a mosazné slitiny – pravděpodobně napodobeniny drahého kovu (ZAVŘEL 2013, 7). Tvarově i petrograficky se nález podobá prubířskému kameni získanému při archeologickém výzkumu parcely č. 1190 v Soukenické ulici na Novém Městě (JEZEK ET AL. 2009) – prvnímu identifikovanému středověkému prubířskému kameni v archeologických sbírkových fondech ČR (JEZEK/ZAVŘEL 2010, 610).

Druhý kamenný předmět D07-66 byl vyroben z šedé drobové břidlice až jemnozrnné droby, jemně muskovitické, a má tvar mírně kónického hranolu se slabě zaoblenými hranami. Při zužujícím se konci je artefakt opatřen průvrtem kolmým na směr jeho protažení a ploška tvořící užší konec je též provrtána, přičemž vzniklý válcovitý otvor ústí do výše popsaného průvrtu. Protilehlá strana kamene, jehož celkové rozměry činí 60 × 17 × 16 mm a Ø průvrtu = 4,5 mm, nese rytou značku v podobě čtverce. Na stěnách se místy vyskytují výrazné umělé rýžky. Povrch výrobku obsahoval mikroskopické stopy dokládající jeho kontakt s olověným předmětem s vedlejším až podružným podílem mědi a arsenu.



Obr. 34. Kamenný kladub inv. č. 2012/35-D12-044. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I, Studentské nádvoří (kresba S. Svatošová; foto M. Růžicka, 2019).

Obr. 35. Prubířské kameny inv. č. 2012/35-D07-066 a 2012/35-D12-011. Výzkum NPÚ ÚOP v Praze č. 2012/35, Praha 1-Staré Město, Křižovnická čp. 1040/I, Studentské nádvoří (kresba S. Svatošová; foto M. Růžicka, 2019).



¹² Artefakt byl podrobně prohlédnut pod binokulárním mikroskopem. Nebyly nalezeny žádné anomálie, jež by mohly představovat reliktu odlévaných kovů či jejich zvětralin ulpělých na povrchu forem, např. kapičky či povlaky (ZAVŘEL 2023, 20).

Analýzy drobných archeometalurgických artefaktů

Další informace o zpracování barevných kovů přinesl výzkum sedimentů – zbytků po plavení vzorků odebraných primárně pro archeobotanickou analýzu. Vzorky byly získány při výzkumu západního křídla Klementina a přilehlého Studentského nádvoří (obr. 3: sondy A2, A5, A7, A10, B5, B8, D7 a D12). Značné množství drobných zlomků barevných kovů, jejich úkapů a strusek, které podle dalšího výzkumu bylo možné vztáhnout k zpracování barevných kovů, bylo prokazatelně zjištěno v sedmi z celkem 25 hodnocených vzorků. Velikost těchto antropogenních částic se pohybovala od cca 0,1 mm do 3 mm.

Ze sondy A02 (vr. A02-04 – sídlištní vrstva) jsou ve šlichi velmi hojně nepravidelné, kovově lesklé celotvary („úkapy“), některé se zelenými a zelenomodrými povlaky, méně i jejich zlomky. Analyzovány byly dva vzorky stříbřitě bílého kovu s nazelenalými a modrými povlaky; jeden z nich je plochý zlomek, druhý plochý celotvar – „úkap“. Na základě analýzy EDX se jedná o bronz s poměrným zastoupením Cu a Sn cca 2:1, kov obsahuje příměs Sb a As.

Šlich ze sondy A07 (vr. A07-84) obsahuje velmi hojně nepravidelné, kovově lesklé celotvary („úkapy“), některé se zelenými a zelenomodrými povlaky. Vzácně jsou zastoupeny strusky. Analyzován byl bronz – plochý zlomek stříbřitě bílého kovu, místy se zeleným povlakem. Podle EDX analýzy se jedná o bronz s poměrným zastoupením Cu a Sn cca 2:1, kov dále obsahuje příměs As.

Vzorek ze sondy A10 (vrstva A10-20 – pyrotechnologické zařízení) má ve šlichi hojně zastoupení sklovitých strusek, jak tvarově zcela nepravidelných, tak plochých. Méně jsou zastoupeny feromagnetické i nemagnetické sférule. Analyticky byla zkoumána (atypicky bílá) sférule – kulovité zrno. Podle EDX analýzy je její povrch tvořen oxidickou sloučeninou Pb; dále je v podstatném množství zastoupen Ca a P – pravděpodobně je tedy povrch sférule tvořen fází odpovídající pyromorfitu (byly zjištěny i Si-Cl-Fe a stopy As). Dále bylo zkoumáno několik zrn strusek. Převažují mezi nimi černé, skelně lesklé strusky složené prakticky výhradně ze skla – oxidické fáze Fe-Si-Al-Ca. Podstatně méně jsou zastoupeny strusky jiných typů; analyzováno bylo zrno – nepravidelný zlomek hnědočervené sklovité strusky. Podle EDX analýzy je tvořeno oxidickou fází s převládajícím Pb, dále byly zjištěny Si-Al-K-Fe-Ca, malé množství Cu a stopy As.

Šlich ze sondy B05 (vrstva B05-26 – pyrotechnologické zařízení) obsahoval velké množství kovových zlomků různého tvaru i povrchové morfologie (plechy, úkapy, tvarově zcela nepravidelné částice; stříbřitě, žlutavé, šedé aj.). Analyzován byl tvarově nepravidelný zlomek se zeleným povlakem, místy je patrný stříbřitě bílý kov. Podle EDX analýzy jde o bronz; poměr Cu:Sn je cca 1:2, kov obsahuje příměs As. Dále byly analyzovány tvarově nepravidelné zlomky a jeden drátkovitě protažený agregát (celkem 4 vzorky, snad „úkapy“): místy jsou na vzorcích zelené povlaky, občas je patrný stříbřitě bílý nebo i mírně nažloutlý kov. Podle EDX analýzy je poměr Cu:Sn cca 1:1, kov dále obsahuje menší příměs As.

Šlich z vrstvy (B08-27 – výplň objektu) v sondě B08 obsahoval hojně mj. tvarově nepravidelné zlomky a „úkapy“ se zeleným (méně zelenomodrým) povlakem, občas i s kovově lesklým, stříbřitě bílým jádrem. Ve většině případů se podle EDX analýzy jedná o slitinu odpovídající bronzu; poměr Cu:Sn se pohybuje v širokém rozmezí od cca 1:2 do 6:1. Běžnou minoritní příměsí v bronzích je Sb, Pb a As. Méně časté jsou slitiny odpovídající cínu – ve dvou analyzovaných vzorcích byl obsah Sn cca 95 hmot. %, příměs tvoří zejm. Cu, Sb, Pb, As a Ag. Vzácně se objevují i červená zlomkovitá zrna s bílým povlakem; ta jsou podle EDX analýzy pravděpodobně oxid Pb („klejt“) s povlakem fosforečnanu („pyromorfit“) a uhličitanu („cerusit“) Pb. Zcela ojedinělé jsou ve vzorku černé, skelně lesklé strusky.

Šlich ze sondy D07 (vrstva D07-187 – výplň objektu) obsahoval jen malé množství těžké fáze. V ní však byl poměrně hojně zastoupen materiál vzhledem odpovídající strusce. Byla to jednak černá sklovitá struska bez zjištěných obsahů barevných kovů. Dále pak struska připomínající černohnědé zlomky zrn, bez lesku, které jsou podle EDX analýzy tvořeny směsí oxidačních produktů Sn a Cu s malou příměsí (cca 3 hmot. % Ag). Analyzováno bylo i ojedinělé zrno černé sklovité strusky, v níž byl mimo obvyklé prvky detekován EDX analýzou podstatný obsah Cu a As. Zvýšené obsahy Sn, Cu a Pb byly zjištěny i v jedné ze zkoumaných sférul, která je převážně tvořena oxidickými sloučeninami Fe. Analyzované kovové zlomky byly zastoupeny nejčastěji bronzem; poměr Cu a Sn kolísá od asi 1:1 k 5:3. V bronzích je dále běžně obsažen Sb, As a Pb.

Ze šlichi ze sondy D12 (vrstva D12-83 – pyrotechnologické zařízení) bylo získáno jen malé množství těžké fáze, v ní z antropogenních částic převažují ostrohranné úlomky černých strusek

a ojediněle jsou zastoupeny tvarově nepravidelné zlomky antropogenních částic se zelenými povlaky. Většina strusek neobsahuje podle EDX analýz neželezné kovy; pouze ve dvou případech byly ve struskách nalezeny inkluze (o velikosti do 10 μm) tvořené oxidickými sloučeninami Cu a PbS. Ve šlichu byl dále jako oxidační produkt Cu v několika zrnech determinován kuprit, někdy s povlakem malachitu.

Jak v materiálu získaném separací magnetem, tak ze šlichu, byly prakticky ve všech vzorcích běžně nalézány ještě antropogenní částice typu okují, sférulí a strusek. V některých vzorcích tento typ částic mezi antropogenními částicemi výrazně převažuje. EDX analýzami v nich však nebyl prokázán podstatný obsah neželezných kovů, interpretačně proto tyto částice spojujeme s metalurgií železa a nejsou předmětem tohoto textu.

Závěr

Archeologické výzkumy v areálu Klementina realizované mezi roky 1997 a 2017 potvrdily pro tuto lokalitu a její okolí na západním okraji Starého Města významnou roli řemesel zabývajících se výrobou a zpracováním kovů. Mozaikovitost archeometalurgických nálezů vyplývající z různé hustoty a hloubky archeologických sond (většinou malých rozměrů) zatím nedovoluje zodpovědět některé otázky chronologického a technologického charakteru. Nelze jednoznačně stanovit, který kov (příp. kovy či jejich slitiny) zde byl vyráběn a zpracováván v počátečních fázích. Zda se primárně jednalo o železo, na jehož produkci později navázala metalurgie mědi a jejích slitin, tj. cínových a olovnatých bronzů i mosazí, nebo se tak dělo souběžně. Ze získaných poznatků není též možné posoudit, jak velkou roli hrála výroba stříbra a kdy započala. Jeho produkci jednoznačně dokládají analýzy tří tyglíků z 1. poloviny 13. století. Jak naznačuje přítomnost tohoto kovu ve zvětralíně jednoho z nejstarších místních archeometalurgických nálezů – měděné hrudky 2010/11-S75 z výplně objektu z 11. století –, nelze úplně vyloučit jeho zpracování již v počátečních fázích existence zdejší řemeslné dílny/dílen.

Kromě produkce stříbra je možné uvažovat i o práci se zlatem. Poblíž tavicích kelímků byl nalezen prubiřský kámen se stopami zkoušek výrobků ze zlata a mosazné slitiny – pravděpodobně napodobeniny drahého kovu.

Klementinum náleží k jedné ze dvou pražských archeologických lokalit, kde se podařilo ve středověkých vrstvách či objektech zaznamenat přítomnost rudy neželezných kovů – v tomto případě malachitu. Ta jednoznačně dokládá hutnění primární suroviny v místním metalurgickém pracovišti, a to minimálně v některé fázi jeho vývoje. Podpůrnou indicií pro primární zpracování rudních surovin může být existence hrudek heterogenního složení dokládajících výrobu cínových bronzů, které jsme v první fázi výzkumu považovali za strusky. Jejich množství (několik desítek kusů) a značně kolísavé zastoupení různých primárních i sekundárních složek (sklovitá matrix, oxidu cíníčitěho, oxidu měďnatého, nodulek kovové mědi, olova, cínu a cínových bronzů o výrazně kolísavém poměru Cu a Sn a sekundárních minerálů /kuprit, atacamit a anglesit/) napovídá, že se nejedná o strusky, ale o meziprodukty při výrobě cínových bronzů. Již přítomnost nodulí o vysokých obsazích cínu v obdobných materiálech souvisejících s výrobou bronzů je pokládána za důkaz přidávání cínu nebo kasiteritu při legování mědi a vylučuje genezi těchto metalurgických produktů při recyklaci bronzového šrotu (např. CREW/REHREN 2002; REHREN/PUSCH 2012). Jak již bylo uvedeno dříve (HAVRDA/ZAVŘEL 2019, 996sq.), tento typ nálezů z Klementina nejlépe odpovídá materiálům vzniklým při společném redukčním hutnění rozdrcených a s dřevěným uhlím smíchaných rud mědi a cínu v jednoduchých malých píckách zapuštěných pod úroveň terénu, případně cementací mědi materiálem bohatým na cín (ruda Sn nebo kovový šrot s vysokým obsahem cínu). Vzniklé struskovité polotovary se značným podílem nodulí neželezných kovů a jejich slitin výrazně proměnlivého složení byly při dalším postupu výroby roztloukány, propírány a získané kovové perličky dále zpracovávány (cf. FIGUEIREDO ET AL. 2010; LACKINGER ET AL. 2013).

Otevřené zůstávají i otázky bližší interpretace většiny objektů s vypálenými stěnami a dny, převážně oválného půdorysu (netýká se jen našeho výzkumu), které jsou pražskými archeology většinou interpretovány jako výhně (bez bližší specifikace). Při výzkumech Klementina jich bylo odkryto více než pět desítek. Snaha o ztotožnění těchto pyrotechnologických objektů s konkrétními typy hutnických či kovozpracovatelských činností zatím vyznívá naprázdno. Tyto otázky budou nejspíše řešitelné v souvislosti s vývojem metodiky archeologických výzkumů pravěkých a středověkých řemeslných pracovišť a s neustále se rozvíjejícími fyzikálně-chemickými analytickými metodami.

Od 9. do 13. století byla Praha významným centrem výroby a zpracování železa (naposledy PODLIŠKA/HAVRDA/ZAVŘEL 2021). Rozšířením metalurgické výroby zaměřené na neželezné kovy v protourbánní metropoli středověkých Čech se situace přemyslovských zemí přibližuje k tomu, co je známo dříve z oblastí západně od Čech. Z německých regionálních center je možné uvést např. Brémy, Brunšvik, Corvey, Cvikov, Dortmund, Freiburg, Halle, Hörter, Kostnici, aj., v nichž je produkce neželezných kovů datována obvykle do 10. a 11. století (přehledně s literaturou HRUBÝ 2019, 39). Ve stejném období existovaly metalurgické výrobní areály, včetně produkce neželezných kovů, i v opevněném centru na levém břehu Vltavy pod Pražským hradem (ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ 2019). Ve srovnání s Prahou nečetné doklady metalurgie neželezných kovů jsou známé i z regionálních přemyslovských center, pro Moravu lze uvést např. Brno, kde je tato výrobní aktivita kladena do konce 12. až počátku 13. století (PROCHÁZKA 2011).

Naše poznatky potvrzují významnou roli metalurgie neželezných kovů mezi řemeslnými aktivitami provozovanými v Praze v raném a na počátku vrcholného středověku. Po Malé Straně, Vyšehradě a Novém Městě se tak ve 12. století o slovo důrazněji hlásí i staroměstský prostor.

PRAMENY

- HAVRDA 2010 — Jan HAVRDA: Nálezová zpráva : Záchraný archeologický výzkum : Praha 1-Staré Město, Klementinum, Mariánské nám. čp. 1040/I, parc. č. 80, čerpadlová jámka (sonda S) : Výzkum NPÚ, ú. o. p. v Praze č. 2010/11. Praha 2010, rukopis. Uloženo: ARÚ AV ČR, Praha, v. v. i., archiv NZ, čj. 311-14847/11.
- KOČÁR/KOČÁROVÁ 2014 — Petr KOČÁR / Romana KOČÁROVÁ: Praha 1-Staré Město, Klementinum čp. 1040/I : Archeobotanická analýza. Praha 2014, rukopis. Uloženo: NPÚ ÚOP v Praze, odbor archeologie.
- MALÝ 2016 — Karel MALÝ: Mineralogická a chemická charakteristika těžké frakce z výplní objektů – archeologický výzkum Klementinum, Praha. Praha 2016, rukopis. Uloženo: NPÚ ÚOP v Praze, odbor archeologie.
- ZAVŘEL 2023 — Jan ZAVŘEL: Výsledky RTG mikroanalýz vybraných středověkých kladubů z archeologických výzkumů v Praze. Praha 2023, rukopis. Uloženo: NPÚ ÚOP v Praze, odbor archeologie.

LITERATURA

- BAYLEY 2008 — Justine BAYLEY: Medieval precious metal refining: archaeology and contemporary texts compared. In: *Archaeology, history and science : Integrating approaches to ancient materials*. M. Martínón-Torres / T. Rehren (eds), Walnut Creek 2008, 131–150.
- CREW/REHREN 2002 — Peter CREW / Thilo REHREN: High-temperature workshop residues from Tara: iron, bronze and glass. *Discovery Programme Reports* 6, 2002, 83–102.
- ETTTLER ET AL. 2015 — Vojtěch ETTTLER / Zdeněk JOHAN / Jan ZAVŘEL / Michaela SELMI WALLISOVÁ / Martin MIHALJEVIČ / Ondřej ŠEBEK: Slag remains from the Na Slupi site (Prague, Czech Republic) : Evidence for early medieval non-ferrous metal smelting. *Journal of Archaeological Science* 53, 2015, 72–83. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.10.007>>.
- FIGUEIREDO ET AL. 2010 — Elin FIGUEIREDO / Rui J. C. SILVA / João C. SENNA-MARTINEZ / Maria de Fátima ARAÚJO / Francisco M. BRAZ FERNANDES / João L. INÉS VAZ: Smelting and recycling evidences from the Late Bronze Age habitat site of Baiões (Viseu, Portugal). *Journal of Archaeological Science* 37, 2010/7, 1623–1634.
- HAVRDA 2011 — Jan HAVRDA: Klementinum čp. 1040/I, kuchyňské křídlo. In: Z. Dragoun et al., *Archeologický výzkum v Praze v letech 2009–2010. Pražský sborník historický* 39, 2011, 423–424.
- HAVRDA/KOVÁŘ/ŽDÁRSKÁ 2017 — Jan HAVRDA / Miroslav KOVÁŘ / Anna ŽDÁRSKÁ: Dominikánský klášter sv. Klimenta v Praze na Starém Městě – St. Clement Dominican monastery in the Old Town of Prague. *Staletá Praha* 33, 2017/2, 2–73. DOI: <<https://doi.org/10.56112/sp.2017.2.01>>.
- HAVRDA/TRYML 2013 — Jan HAVRDA / Michal TRYML: Nebovidy : Středověká osada v pražském podhradí – Nebovidy : Medieval settlement around Prague Castle. (= *Archeologické prameny k dějinám Prahy*, sv. 6), Praha 2013.
- HAVRDA/ZAVŘEL 2008 — Jan HAVRDA / Jan ZAVŘEL: Pozůstatky raně středověkého metalurgického pracoviště v areálu Klementina na Starém Městě pražském – Remains of the early medieval metallurgical workshop in the area of Clementinum in the Old Town of Prague. *Archaeologica Pragensia* 19, 2008 (vyd. 2009), 333–357.
- HAVRDA/ZAVŘEL 2019 — Jan HAVRDA / Jan ZAVŘEL: Nové archeometalurgické nálezy z areálu Klementina v Praze – Neue archäometallurgische Funde vom Areal des Clementinums in Prag. *Archaeologia historica* 44, 2019/2, 983–999. DOI: <<https://doi.org/10.5817/AH2019-2-20>>.
- HAVRDA/ŽDÁRSKÁ/KOVÁŘ 2015 — Jan HAVRDA / Anna ŽDÁRSKÁ / Miroslav KOVÁŘ: Klementinum čp. 1040/I. In: Z. Dragoun et al., *Archeologický výzkum v Praze v letech 2013–2014. Pražský sborník historický* 43, 2015, 603–607.

- HRUBÝ 2019 — Petr HRUBÝ: Metalurgická produkční sféra na Českomoravské vrchovině v závěru přemyslovské éry – Metallurgical Production Sphere in the Bohemian-Moravian Highlands at the End of the Přemyslid Era. (= Opera Facultatis philosophicae Universitatis Masarykianae = Spisy Filozofické fakulty Masarykovy univerzity, 487), Brno 2019. DOI: <<https://doi.org/10.5817/CZ.MUNI.M210-9227-2019>>.
- JEŽEK ET AL. 2009 — Martin JEŽEK / Miloslav CHYTRÁČEK / Tomáš LOJEK / Anna PROKOPOVÁ: K pre-historii dvou Měst pražských – On the pre-history of two Towns of Prague. *Archeologické rozhledy* 61, 2009/1, 118–138.
- JEŽEK/ZAVŘEL 2010 — Martin JEŽEK / Jan ZAVŘEL: Prubířské kameny mezi archeologickými nálezy – Touchstones among archaeological finds. *Archeologické rozhledy* 62, 2010/4, 608–628.
- KLANICA 1974 — Zdeněk KLANICA: Práce klenotníků na slovanských hradištích – Die Arbeit von Juwelieren auf den slawischen Burgwällen. (= Studie Archeologického ústavu ČSAV v Brně 2, sv. 6), Praha 1974.
- LACKINGER ET AL. 2013 — Aaron LACKINGER / Beatriz COMENDADOR REY / Elin FIGUEIREDO / Maria de FÁTIMA ARAÚJO / Rui SILVA / Salvador ROVIRA: Copper + Tin + People: Public Co-Smelting Experimentation in Northwestern Iberia. *Proceedings of the 7th UK Experimental Archaeology Conference Cardiff 2013. EXARC Journal* 2013/3. Dostupné na <https://exarc.net/ark:/88735/10131> [vid. 2023-09-25].
- NOVÁČEK 2004 — Karel NOVÁČEK: Středověká výroba „falešného stříbra“ v Kutné Hoře? : K interpretaci technologií v hutnické dílně mezi Malínem a Novými Dvory na Kutnohorsku – Medieval production of „false silver“ in Kutná Hora? : On the interpretation of technologies in the metallurgical workshop between Malín and Nové Dvory, near Kutná Hora. In: Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a technologické aspekty. (= Mediaevalia archaeologica 6), K. Nováček (ed.), Praha–Brno–Plzeň 2004, 211–221.
- PODLISKA/HAVRDA/ZAVŘEL 2021 — Jaroslav PODLIŠKA / Jan HAVRDA / Jan ZAVŘEL: Středověká Praha – město metalurgů. In: *Rudolfovo číslo : Rudolfu Procházce k 65. narozeninám kolegové a přátelé*. I. Loskotová et al. (eds), Praha 2021, 179–201.
- PROCHÁZKA 2011 — Rudolf PROCHÁZKA: Archeologické doklady výroby z 12.–13./14. století v jihovýchodní části Brna ve vztahu k vývoji zástavby – Archäologische Produktionsbelege aus dem 12.–13./14. Jahrhundert im Südostteil der Stadt Brno/Brünn im Bezug auf die Bebauungsentwicklung. In: *Surovinová základna a její využití ve středověkém městě*. (= Forum Urbes Medii Aevi, sv. 6), Z. Měřinský / R. Procházka (eds), Brno 2011, 212–251.
- REHREN/PUSCH 2012 — Thilo REHREN / Edgar B. PUSCH: Alloying and resource management in New Kingdom Egypt: the bronze industry at Qantir – Pi-Ramesse and its relationship to Egyptian copper sources. In: *Eastern Mediterranean Metallurgy and Metalwork in the Second Millennium BC – A conference in honour of James D. Muhly* : Nicosia, 10th–11th October 2009. V. Kassianidou / G. Papasavvas (eds), Oxford 2012, 215–221.
- SELMÍ WALLISOVÁ 2006 — Michaela SELMÍ WALLISOVÁ: Výzkum v ulici Na Slupi. In: *Výroční zpráva 2005 : Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v hlavním městě Praze*. Z. Dragoun / P. Vaňous (eds), Praha 2006, 72–76.
- SŮVOVÁ ET AL. 2022 — Zdeňka SŮVOVÁ / Petr KOČÁR / Romana KOČÁROVÁ / Tomasz CYMBALAK: Archaeozoological and archaeobotanical findings from the excavations at Národní Avenue in Prague. *Staletá Praha* 38, 2022/2, 40–65. DOI: <<https://doi.org/10.56112/sp.2022.2.02>>.
- VARADZIN/ZAVŘEL 2015 — Ladislav VARADZIN / Jan ZAVŘEL: Pozůstatky raně středověké metalurgie stříbra, zlata a dalších neželezných kovů na vyšehradské akropoli – Überreste der frühmittelalterlichen Metallurgie von Silber, Gold und anderen Nichteisenmetallen auf der Vyšehrad Akropolis. In: V. Moucha / B. Nechvátal / L. Varadzin et al., *Vyšehrad : Knížecí a královská akropole : Svědectví archeologie*. Praha 2015, 391–419.
- VYŠOHLID/ZAVŘEL 2019 — Martin VYŠOHLID / Jan ZAVŘEL: Metalurgické aktivity v předlokační osadě Opatovice v Praze-Novém Městě – Metallurgical Activities at a pre-location Settlement at Opatovice in Prague-New Town. *Staletá Praha* 35, 2019/2, 68–85. DOI: <<https://doi.org/10.56112/sp.2019.2.03>>.
- ZAVŘEL 2013 — Jan ZAVŘEL: Stopy neželezné metalurgie – Traces of recovered metallurgical objects. In: HAVRDA/TRYML 2013, 219–222.
- ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ 2019 — Jan ZAVŘEL / Jarmila ČIHÁKOVÁ: Stříbrná Praha : Výsledky analýz raně středověkých archeometalurgických nálezů z Malé Strany – Silver Prague : The results of analyses of early medieval archaeometallurgical finds from the Lesser Quarter. *Archeologické rozhledy* 71, 2019/3, 475–528.
- ZAVŘEL/ČIHÁKOVÁ/JEŽEK 2019 — Jan ZAVŘEL / Jarmila ČIHÁKOVÁ / Martin JEŽEK: Domestic pottery sherds used in non-ferrous metalworking: a study from early medieval Prague. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 2019, 5339–5358. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s12520-019-00865-w>>.

SUMMARY

Recent archaeometallurgical finds constantly indicate the existence of specialized workshops producing and processing precious and noble non-ferrous metals in medieval Prague. The analysis of the archaeometallurgical finds' assemblage from the western part of the Old Town of Prague, more precisely from the western part of the Clementinum complex (Křižovnická No. 1040, former Jesuit College) deepened the existing knowledge about these activities from earlier excavations in this part of Prague (HAVRDA/ZAVŘEL 2008; HAVRDA/ZAVŘEL 2019).

The excavated area, situated within the Prague early medieval agglomeration, became more intensively settled from the 11th century, when the settlement began to move here from the left bank (Figs. 1, 2). The site was at an exposed position within the residential area, being located by the river crossing next to the main route. In the 1230s and 1240s, the unfortified Old Town agglomeration transformed into a highly medieval city. Remains of the production facilities supply evidence for activities using fire to a greater extent, including the processing and production of metals. Metallurgy of non-ferrous metals is evidenced by the discovery of the remains of two furnaces. One was found in the eastern part of the Clementinum area (Fig. 3: V6; 4), the other in the western part (Fig. 3: V69; 5, 6, 7). Palaeobotanical analysis identified the species of small fragments of wood and charcoal found both in the backfill of the furnace and in its surroundings. Of the wood species, pine prevailed, spruce and fir were less represented (table 2). Both of these production features disappeared in the second half of the 13th century.

Movable evidence of non-ferrous metals metallurgy included irregular ingots and drops of non-ferrous metal and slag-like lumps (Figs. 16, 17, 23, 26), fragments of ceramic crucibles, which belonged to cone-shaped smelting crucibles with a circular mouth and a short protrusion for gripping the container with tongs (Fig. 9). Also fragments of common kitchen pottery with a slag coating (Fig. 15) were represented, as well as touchstones (Fig. 35) and also a stone mould for casting small ornaments (Fig. 34). The assemblage also contains several small artefacts made of non-ferrous metals – metal scrap in the form of a bundle of wires, pagament for secondary smelting (Fig. 29, 31, 32). Geochemical analyses of archaeometallurgical finds proved work with copper, tin, lead, zinc, silver and iron (the samples were examined with an electron microscope with an EDX analyser).

Archaeological excavations have confirmed the importance of crafts dealing with the production and processing of metals. So far, it is not possible to clearly determine which metal (metals or their alloys) was locally produced and processed in the initial stages. Whether it was primarily iron, the production of which was later followed by the metallurgy of copper and its alloys, i.e. tin and lead bronzes and brass, or whether it was done simultaneously. Similarly it is not possible to assess the role and the beginnings of local silver production, confirmed by the analyses of three crucibles from the first half of the 13th century (Fig. 9). As indicated by the presence of this metal in the weathered copper lump 2010/11-S75, one of the oldest local archaeometallurgical finds from the filling of an 11th century feature, silver processing may be presumed already in the initial stages of the local craft workshop/workshops existence.

In addition to the local production of silver, working with gold can perhaps also be considered. A touchstone with traces of testing gold and brass alloy products – probably imitation of the precious metal – was found near the smelting crucibles (Fig. 35: D12-11).

Clementinum belongs to one of the two archaeological sites in Prague with the evidence of non-ferrous metal ore – in this case, malachite – in medieval layers or features. This unequivocally proves the metallurgy of the primary raw material in the local metallurgical workplace, at least in some phase of its development. Primary processing of ore raw materials is indicated by the occurrence of heterogeneously composed lumps proving the production of tin bronzes. Their quantity (several tens of pieces) and the highly fluctuating representation of various primary and secondary components (vitreous matrix, tin dioxide, cupric oxide, nodules of metallic copper, lead, tin and tin bronzes with a significantly fluctuating ratio of Cu and Sn and secondary minerals / cuprite, atacamite and anglesit/) suggests that these are not slags, but intermediate products in the production of tin bronzes. The very presence of nodules with high tin contents in similar materials related to bronze production is considered as evidence of the addition of tin or cassiterite during copper alloying and excludes the genesis of these metallurgical products during the recycling of bronze scrap. As mentioned earlier (HAVRDA/ZAVŘEL 2019, 996sq.), this type of finds from Clementinum best corresponds to materials created during the combined reduction metallurgy of crushed copper ores and tin mixed with charcoal in simple small kilns sunken below ground level, or cementation of copper with material tin-rich (Sn ore or metal scrap with a high tin content). The resulting slag-like semi-finished products with a significant proportion of non-ferrous metal nodules and their alloys of very variable composition were crushed and washed to obtain metal beads for further production process.

From the 9th to the 13th century, Prague was an important centre of iron production and processing (most recently PODLIŠKA/HAVRDA/ZAVŘEL 2021). The situation of the Přemyslid lands in the 12th century with the metallurgical production focused on non-ferrous metals in the proto-urban metropolis of medieval Bohemia, approaches what is also known from German regional centres west of Bohemia, in which the production of non-ferrous metals is usually dated to the 10th and 11th centuries.

The above findings confirm the extraordinary role of metallurgy of non-ferrous metals among the crafts practiced in Prague since the early Middle Ages. Apart from the historic parts of Prague at Malá Strana, Vyšehrad and Nové Město, also the Old Town area becomes significant, which opens up a more comprehensive view of the role and importance of non-ferrous metallurgy in the capital of Bohemia in the initial stages of its history.

Fig. 1. Archaeological evidence of production and processing of non-ferrous metals in Prague's Historic Centre. Malá Strana 10th–11th century, Old and New Towns 11th–13th century. Explanations: 1 – silver metallurgy; 2 – metallurgy of non-ferrous metals and their alloys; 3 – bell maker's workshop (12th–13th century); 4 – fortifications of the 13th century; 5 – Judith's bridge; 6 – ford; 7 – settlement area in the 12th–13th centuries (illustrated by S. Babušková, 2023 from J. Havrda's documentation).

Fig. 2. The Old Town of Prague with the settlement area at the beginning of the 13th century, the production site marked with a circle; today the Clementinum complex No. 190 and 1040.

Fig. 3. Prague 1-Old Town, Clementinum No. 190 and 1040, trenches with evidence of the metallurgy of non-ferrous metals in the 12th–13th centuries. 1 – sporadic archaeometallurgical finds (1–5 pcs); 2 – numerous finds (6–50 pieces); 3 – very numerous finds (over 50 pieces); 4 – production feature (furnaces V6 and V69); 5 – metallurgical workshops (an enormous amount of small archaeometallurgical finds); 6 – sites of ore

and metallurgical semi-finished products ('pebble'); **7** – touchstones; **8** – archaeological trenches. Depicted according to field documentation.

Fig. 4. Prague 1-Old Town, Křižovnická No. 1040, Clementinum – eastern part of the main courtyard. The V6 production feature (furnace) sunk into the geological subsoil (**grey**) used by coppersmiths in the 13th century. Legende: **A** – section No. 4; **B** – the groundplan, situation of the section is marked with a **green line** on the groundplan; **C** – photo of the furnace. Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2001/20, trench III, feature V6.

Fig. 5. Prague 1-Old Town, Křižovnická No. 1040, west wing of the former Jesuit College called Clementinum. Transverse (eastern) section No. A07-R05 of production feature V69 (furnace). Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2012/35, trench A07. See Fig. 7 and 8 for positioning of sections. Description of the layers: **A07-65** – dark ochre-grey hard cracked sandy loamy clay, in some places traces of non-ferrous metal alloys; bottom of pyrotechnic feature V69 affected by heat; **A07-73** – deep brown homogeneous dusty soil, significant organic content; **A07-74** – greenish red-yellow clay with charcoal, fill of pyrotechnic feature V69; **A07-75** – ochre clayey soil with an admixture of grey dusty soil, occasional fragments of opuka and lumps of red-burnt soil, construction of pyrotechnological feature V69; **A07-76** – red-burnt stiff clayey soil, numerous burnt opuka 6–12 cm, rarely lump of mortar, ferruginous sandstone, belongs to the pyrotechnological feature V69/its older phase(?); **A07-78** – as A07-75, but affected by heat in contrast to it, coloured brown-red, feature V69, **A07-79** – rusty coarse-grained bedded sand, position within layer A07-76; **A07-84** – dark brownish-grey friable slightly sandy silty soil, tiny mortar grains, random fragments of opuka 0.5–3 cm (description by A. Žďárská).

Fig. 6. Prague 1-Old Town, Křižovnická No. 1040, west wing of the former Jesuit College called Clementinum. Longitudinal (northern) section No. A07-R04 of production feature V69 (furnace). Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2012/35, trench A07. See Fig. 7 and 8 for positioning of sections.

Fig. 7. Prague 1-Old Town, Křižovnická No. 1040, west wing of the former Jesuit College called Clementinum. Groundplan of production feature V69 (furnace) from the 2nd half of the 13th century. Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2012/35, trench A07, plan A07-P07.

Fig. 8. Prague 1-Old Town, Křižovnická No. 1040, Clementinum – west wing of the former Jesuit College. Groundplan of the older phase (?) of production feature V69 (furnace). Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2012/35, trench A07, plan A07-P10.

Figs 9–35: All finds published in this article come from the archaeological excavation in Prague 1-Old Town, Křižovnická No. 1040/I, former Jesuit College called Clementinum. Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2012/35, only the find on Fig. 16 is from Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2010/11.

Fig. 9. Fragments of ceramics used in the metallurgy of non-ferrous metals. Finds from the Clementinum area excavated in 2012–2014. Crucible fragments: **1** – 12/35-TT-B04-15-1; **2** – 12/35-TT-B04-15-2; **3** – 12/35-TT-B04-15-3; **4** – 12/35-TT-B04-15-4; **5** – 12/35-TT-B04-15-5; **6** – 12/35-TT-B04-15-6; **7** – 12/35-B05-42a; **8** – 12/35-B05-42b; **9** – 12/35-TT-D11-28; **10** – 12/35-TT-D12-25.

Fig. 10. Find 2012/35-B04-15-1 – small silvery grey globule with the locations of analysed points No. 38–41. Tescan Vega 3 electron microscope image, backscattered electron (BSE) mode.

Fig. 11. Find 2012/35-B04-15-2 – a small grey globule with the locations of analysed points No. 44, 45 and surface No. 46. Image of a Tescan Vega 3 electron microscope, BSE mode.

Fig. 12. Find 2012/35-B04-15-2 – detail of lanceolate (arrow-shaped) and feather-like acanthite crystals on the surface of the globule. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 13. Find 2012/35-B04-15-5 – a grey globule surrounded by light blue-green weathering from the inside of a crucible with the locations of analysed points No. 64 and 65.

Fig. 14. Bottom fragment of technological vessel 2012/35-B5-42b-Ke with elongated lump of metal covered with dark green secondary copper minerals.

Fig. 15. Cup-shaped sherd 2012/35-B5-42a-Ke with a slag coating on the inner wall.

Fig. 16. A lump of metal ('ingot'). Find 2010/11-S75, Exc. NPÚ ÚOP in Prague No. 2010/11.

Fig. 17. Section surfaces of metal lumps 2012/35-B05-44b.

Fig. 18. Part of the surface of the section B05-44-b with predominantly light grey metal (copper with tin admixture), small light inclusions (lead) and dark grey weathering in the gas pores. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 19. Section surfaces of metal lump A07-38, right with polished surface.

Fig. 20. Interface of three differently coloured parts of alloy A07-38; alloys: the dark grey part on the right consists of copper with lead inclusions, the main phase of the light grey middle strip has a composition of bronze with a relatively low proportion of Sn, the left part with a net-like structure is made up of tin bronze of fluctuating composition (85–93 wt.% Cu, 7–16 mass % Sn), there are small abundant lead inclusions. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 21. The slag-like part of the surface of lump A07-38 consisting, in addition to the main alloy of copper and tin, of vitreous slag (dark parts) with SnO₂ crystals, copper weathering (malachite, cuprite) and nodules with significantly fluctuating proportions of tin and copper. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 22. Detail of part of the slag-like part of the sample A7-38 with the locations of the analysed surfaces and points Nos. 30 to 33. Image of the electron microscope Tescan Vega 3, BSE mode.

Fig. 23. Production waste generated when working with non-ferrous metals. Deeply coloured lead-silicon vitreous slag and slag-like lumps are prominently represented. Finds from a layer dated to the 2nd half of the 13th century (layer A07-11) not far from furnace V69. Trench A07, west wing at Křižovnická Street.

Fig. 24. Polished surface of slag material A07-11.

Fig. 25. Part of the A07-11 slag section with congested white rhombic and needle-shaped stannous oxide crystals (often with central cavities) in a dark grey vitreous matrix and an irregular cluster of tin bronze (bottom left). Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 26. Section surfaces of lump B05-44, right with polished surface.

Fig. 27. General image of the thin section sample B05-44 with the marking of significantly different parts: **A** – areas without the presence of non-ferrous metals or their compounds with a predominance of fused light siliceous matter (quartz grains or quartzite?); **B** – the three largest areas with significantly concentrated growths of SnO_2 ; **C** – small porous parts of the slag mainly with weathered Cu ores – cuprite, atacamite, malachite; **D** – the main mass of the slag with a predominance of the glass component, finely dispersed cuprite, SnO_2 crystals and very abundant microscopic inclusions and small globules of copper, bronze or tin; **E** – marginal heterogeneous parts of slag with cuprite, quartz grains, rarely with mica (?). Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 28. Part of slag thin section B05-44 with whitish irregular clusters and congested bands of SnO_2 crystals, also needles of the same oxide and grey globules of copper and bronze in a dark grey amorphous vitreous matrix. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 29. Fragment of copper-coloured metal D12-31.

Fig. 30. Part of the surface of the metal fragment D12-31 with the locations of the analysed faces and points No. 1–6. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 31. Fragment of an artefact made of coiled metal wires 2012/35-D12-157.

Fig. 32. Part of the surface of sample D12-157 composed of metal wires and covered with weathering. Tescan Vega 3 electron microscope image, BSE mode.

Fig. 33. Detail of the surface of one of the wires (D12-157) with the locations of the analysed points and faces No. 1 to 5. Image of the Tescan Vega 3 electron microscope, BSE mode.

Fig. 34. Stone mould – casting mould for the production of small objects from lead and copper alloys (accessories, ornaments, fittings, etc.). Clementinum, Student's Courtyard.

Fig. 35. Touchstones. Clementinum, Student's Courtyard.

Table 1. Prague 1-Staré Město, Clementinum. Range of analysed small finds of non-ferrous metallurgy, revealed during excavations of the NPÚ ÚOP in Prague No. 2010/11 and 2012/35 from trenches located in the western part of the grounds of the former Jesuit College. Samples commented in the text are highlighted in grey.

Table 2. Charcoal and wood fractions analysis from the fill of V69 furnace and its surroundings (KOČÁR/KOČÁROVÁ 2014, 21 and tab. 4).

Table 3. Results of spherical clusters (globules) analyses from the surface of three smelting crucibles from Clementinum (B04-15-1 in blue, B04-15-2 in green, B04-15-5 in yellow); data in wt % of elements normalized to 100%.

Table 4. Analyses results of samples 2010/11-S50 (No. 1 and 2) and 2010/11-S75 (No. 3 to 5); data in wt % of elements normalized to 100%.

Table 5. Results of analyses of A07-38 slag in the points Nos. 30 to 33; data in wt%, normalized to 100%.

Table 6. Results of analyses of selected bronze globules in A07-11 slag sample; data in wt%, normalized to 100%.

Table 7. Chemical composition of globules of bronze in the thin section of B05-44a sample; data in wt %, normalized to 100%.

Table 8. Results of analyses of the metal fraction D12-31; data in wt %, normalized to 100%.

Table 9. Results of analyses of D12-157 sample; data in wt %, normalized to 100%.

Translation by Linda Foster

Příspěvek vznikl v rámci výzkumné oblasti I. Archeologie financované z institucionální podpory Ministerstva kultury na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace NPÚ (IP DKRVO) a rozpočtu NPÚ.

RNDr. Jan ZAVŘEL, geochemik, zavreljan@centrum.cz

¹CZ-338 28 Kamenec;

²Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Praze, Na Perštýně 356/12, CZ-110 00 Praha 1

Mgr. Jan HAVRDA, archeolog, geolog, havrda.jan@npu.cz

Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Praze, Na Perštýně 356/12, CZ-110 00 Praha 1

RNDr. Mgr. Karel MALÝ, Ph.D., mineralog, geochemik, 17868@mail.muni.cz

Masarykova univerzita v Brně, Ústav archeologie a muzeologie, Joštova 220/13, CZ-662 43 Brno

Mgr. Romana KOČÁROVÁ, archeobotanik, rkocarova@seznam.cz

Masarykova univerzita v Brně, Ústav archeologie a muzeologie, Joštova 220/13, CZ-662 43 Brno