



ARCHEOLOGIA TECHNICA 31/2020

ISSN 1805-7241

<http://archeologiatechnica.cz>

MATERIÁLOVÉ ANALÝZY NEŽELEZNÝCH KOVŮ Z PŘELOMU STŘEDOVĚKU A NOVOVĚKU NA PŘÍKLADU NÁLEZŮ Z BRNA – PEKAŘSKÉ ULICE

Matěj Kmošek, Rudolf Procházka

Dostupné online:

<http://archeologiatechnica.cz/node/358>

Citace článku:

Kmošek, M. – Procházka, R. 2020: Materiálové analýzy neželezných kovů z přelomu středověku a novověku na příkladu nálezů z Brna – Pekařské ulice. Archeologia technica 31, 28-41.

Archeologia technica

Archeologia technica je odborným recenzovaným periodikem předkládajícím příspěvky spojené se „zkoumáním výrobních objektů a technologií archeologickými metodami“, průmyslovou archeologií i praktickými experimenty. Rádi bychom poskytovali prostor, kde by mohli autoři publikovat své články a diskutovat o problematice, jež je spjatá s archeologickými výzkumy technických a technologických zařízení, dokumentací a záchranou průmyslového dědictví a mohli čtenáře seznámit s výsledky praktických experimentů prováděných v rekonstrukcích starých výrobních zařízení. Kromě obsáhlejších příspěvků jsou přijímány též kratší zprávy o vybraných výrobních objektech, výrobních technologiích z nejrůznějších časových období, ale i dalších tematicky souvisejících aktivitách.

Třicáté prvé číslo Archeologie techniky se drží obvyklého členění kladoucího důraz na staré železářství – začíná pokusem o úvod do problematiky častých nálezů doprovázejících doklady produkce železa raného středověku – dyzen. Dalším textem s tematikou železa je článek Michala Hlavici a Patricka Bárty nahlížející na problematiku a zejména účel velkomoravských sekyrovitých železných hřiven; pohledem praktického experimentu příkládajícího váhu názoru, že se nejednalo o pouhé železné polotovary. Další metalurgický, tentokrát nezelezný, příspěvek dodali Matěj Kmošek a Rudolf Procházka, kteří se zabývali materiálovými analýzami předmětů z nálezového souboru z přelomu středověku a novověku v Brně – Pekařské ulici. S metalurgií je těsně spjata produkce dřevěného uhlí. Té jsou věnovány dvě texty – obecnější platnosti Václava Matouška a Jiřího Woitsche, postihující problém studia uhlířských plošin (milířišť, uhlířských placů) na příkladu realizovaných multidisciplinárních výzkumů z území západních a středních Čech, a druhý zaměřený na rekonstrukci dřevinné skladby lesního porostu na základě antrakologické analýzy uhlíků pocházejících z milířišť malého území uvnitř Moravského krasu (Pavel Peška). Uhlířská i železářská část tohoto čísla našeho časopisu by byla obsáhlejší, ale tak jako všechny oblasti společenského života i tu naši nepřiznivě zasáhl letošní zvláštní rok „Vařeného čínského netopýra“.

Výrobu stavebních hmot zastupuje příspěvek Petra Holuba všímající si cihlářské pece v Uherčicích. Pro náš časopis je poměrně nezvyklá problematika zpracování usní. Jindřich Figura předkládá výsledky dlouhodobých experimentů v oblasti rekonstrukce a funkční analýzy středověkých předmětů zhotovených z tohoto materiálu a seznamuje nás i s detaily souboru středověkých usní z pražského Nového Města. Úpravu potravin letos reprezentuje předběžná zpráva o nálezů potravinářské pece z Brna – Římského náměstí od Václava Kolaříka, Lenky Sedláčkové a Davida Merty. Obsah čísla doplňuje krátká zpráva o dění v experimentálním (nejen) železářském okrsku na Staré huti u Adamova v roce 2020.

Další informace pro autory jsou uvedeny na webu Technického muzea v Brně www.tmbрно.cz. Doporučili bychom Vaší pozornosti i stránky www.starahut.com, kde je možné nalézt jak starší publikace Archeologia technica ve formátu pdf, tak informace o akcích pořádaných Technickým muzeem v Brně na poli starého železářství. A v neposlední řadě web tohoto periodika i tradiční stejnojmenné odborné konference, jehož adresa zní archeologiatechnica.cz.

**Za redakční radu
Ondřej Merta**

Obsah

Dyzny raně středověkých železářských pecí <i>Ondřej Merta</i>	3
Příspěvek experimentální produkce velkomoravských sekyrovitých hřiven k pochopení jejich funkce v raně středověké ekonomice <i>Michal Hlavica, Patrick Bárta, Ondřej Merta</i>	15
Materiálové analýzy neželezných kovů z přelomu středověku a novověku na příkladu nálezů z Brna – Pekařské ulice <i>Matěj Kmošek, Rudolf Procházka</i>	28
Historické uhlířské plošiny – právem či neprávem opomíjené památky? <i>Václav Matoušek, Jiří Woitsch</i>	42
Rekonstrukce dřevinné skladby lesních porostů NPR Habrůvecká bučina pomocí antrakologické analýzy uhlíků z bývalých milířů <i>Pavel Peška</i>	58
Klikatá cihlářská pec v Uherčicích <i>Petr Holub</i>	65
Středověké technologie zpracování usní <i>Jindřich Figura</i>	72
Potravinářská (?) pec z Brna – Orlí ulice (předběžná zpráva) <i>Václav Kolařík, Lenka Sedláčková, David Merta</i>	88
Stará huť u Adamova v září 2020 <i>Dominik Talla</i>	91

MATERIÁLOVÉ ANALÝZY NEŽELEZNÝCH KOVŮ Z PŘELOMU STŘEDOVĚKU A NOVOVĚKU NA PŘÍKLADU NÁLEZŮ Z BRNA – PEKAŘSKÉ ULICE

Matěj Kmošek, Rudolf Procházka

Předměty z neželezných kovů jsou v pozdním středověku a raném novověku poměrně hojně zastoupeným typem nálezů. Přesto jim dosud není věnována systematictější materiálově-analytická pozornost, která však přináší nové poznatky zvláště z hlediska používaných materiálů i výrobních technologií tehdejších artefaktů. S ohledem na to byl pomocí nedestruktivní povrchové analýzy prvkového složení (pXRF – portable X-Ray fluorescence) zkoumán rozsáhlý soubor předmětů z neželezných kovů z výzkumu v Brně – Pekařské ulici z většiny datovaný do pokročilého 15. a první poloviny 16. století. Materiálové analýzy umožnily identifikovat zcela převládající používání mosazi (Cu-Zn) a pouze výjimečně nelegované mědi. Zastoupena byla také část předmětů ze slitin cínu a olova. Z technologických postupů bylo identifikováno použití cínování mosazi i železa a měkkého i tvrdého pájení. Hojně užití mosazi a slitin cínu a olova může poukazovat na běžnou snahu o imitaci drahých kovů (zlata a stříbra) levnějšími materiály užitými k výrobě předmětů pro širší městské obyvatelstvo.

Klíčová slova: neželezné kovy – mosaz – cínování – prvková analýza pXRF – pozdní středověk – raný novověk – Brno

MATERIAL ANALYSES OF NON-FERROUS METALS FROM THE TURN OF THE LATE MIDDLE AGES AND THE EARLY MODERN PERIOD, USING THE EXAMPLE OF FINDS FROM BRNO – PEKAŘSKÁ STREET

Non-ferrous metal artefacts are a relatively abundant type of archaeological find in the Late Middle Ages and Early Modern Period. Nevertheless, they have not yet received systematic material-analytical attention, which, however, brings new pieces of knowledge, especially in terms of production technologies and materials used. In this respect, an extensive set of non-ferrous metal artefacts from the excavation in Brno – Pekařská Street, dating mostly to the late 15th and first half of the 16th century, was examined using non-destructive surface analysis of elemental composition (pXRF – portable X-ray fluorescence). The predominant use of brass (Cu-Zn), and only exceptionally of unalloyed copper, was identified through material analysis. Some objects were also made from tin and lead alloys. In terms of technological procedures, the use of the tinning of brass and iron artefacts, as well as soft and hard soldering, were identified. The widespread use of brass and tin-lead alloys may indicate a common effort to imitate precious metals (gold and silver, respectively) with cheaper materials used to make artefacts for the wider urban population.

KeyWords: non-ferrous metals – brass – tinning – pXRF elemental composition analysis – Late Middle Ages – Early Modern Period – Brno

Dna vodních toků a nádrží občas poskytují pozoruhodné nálezy, ba celé soubory. Patří k nim i početná kolekce (nejen) pozdně středověkých a raně novověkých předmětů z mlýnského svraťeckého náhonu v dolní části Pekařské ulice v Brně. Výjimečnost souboru leží v přítomnosti značného množství artefaktů z neželezných kovů, které nebyly dosud komplexně analyticky zhodnoceny. Výsledky první fáze průzkumu, aplikujícího nedestruktivní povrchovou prvkovou analýzu, poskytuje níže předložený text. Analytické zpracování obdobných středověkých či novověkých souborů je na našem území stále poněkud izolovaným počinem, a mimo jiné i z toho důvodu koluje množství zavádějících nebo dokonce mylných informací.

Například při základním hodnocení materiálu nálezů z archeologických výzkumů je běžnou praxí zapojení čistě empirického vizuálního průzkumu. Dle tohoto postupu jsou artefakty zařazo-

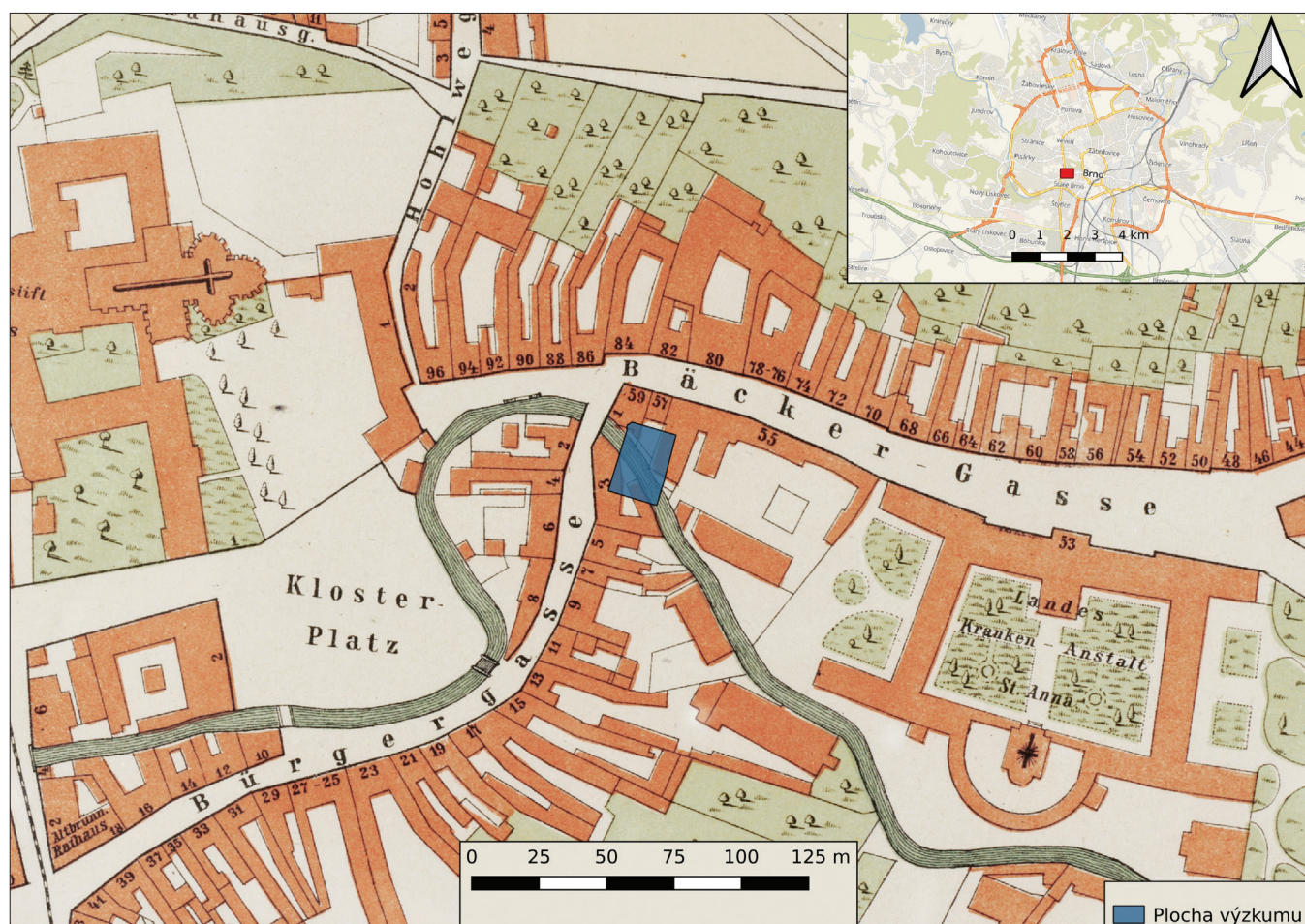
vány do více či méně specifikovaných materiálových kategorií. To však může generovat zavádějící či mylné a zároveň nepodložené informace a interpretace, které bývají nadále přebírány a citovány. Identifikace materiálů dle vizuálně určeného zbarvení slitiny má totiž své zásadní limity. Velmi jednoduše je totiž možné zaměnit například ojediněle se vyskytující stříbro za mnohem běžnější slitinu cínu a olova. Stejně také není možné věrohodně rozhodnout o kvalitativním, natož kvantitativním složení slitin mědi, tedy například s jistotou odlišit mosaz od děloviny či cínového bronzu. Abychom mohli materiál identifikovat, je třeba zvolit a aplikovat vhodnou analytickou metodu. Volbu metody kromě její vhodnosti samozřejmě ovlivňuje i dostupnost a finanční náročnost. Z toho důvodu se v posledních letech v aplikaci na archeologické materiály velmi rozmohlo užívání metody XRF (X-Ray fluorescence), nejčastěji pomocí ručních spektrometrů (pXRF – portable X-Ray

fluorescence; *Frahm – Doonan 2013*), jež poskytuje rychlé a levné výstupy bez nutnosti destruktivního zásahu do předmětů. Metoda je v České republice dnes již přímo či zprostředkovaně dostupná mnoha výzkumným archeologickým pracovištím i některým muzejním institucím. Výsledky získané metodou XRF jsou však v porovnání s náročnějšími metodami (SEM/EDS, ICP-MS, NAA atd.) méně přesné, s vyšší mezí detekce měření, často s automatickým vyhodnocením spekter, či neúplnou kalibrací. V případě povrchových měření je zároveň třeba zohlednit změny analyzované vrstvy v důsledku postdepozicičních procesů, kontaminace či konzervačních zásahů, jež výsledky zásadně zkreslují a je třeba je ideálně korelovat s výsledky analýz kovového jádra, případně náročnějších metod (viz kap. Metodologie).

I přes výše zmíněné limity je možné pomocí pXRF prvkových analýz neželezných kovů získat nejen základní informace o materiálu předmětů, ale také identifikovat a dokumentovat specifické technologické postupy, jak je demonstrováno na předložených výsledcích analýz. Získaná data přitom kromě informačního potenciálu v technologické oblasti poskytují také zprostředkovaně sociální a ekonomické poznatky o soudobé společnosti, jako je tomu i u prezentovaného souboru z Brna – Pekařské ulice.

LOKALIZACE A SÍDELNÍ VÝVOJ

Místo výzkumu leželo na západním konci ulice Pekařské v místě, kde se stýká s ulicí Křížovou těsně před vyústěním do dnešního Mendlova náměstí. Plocha výzkumu se nacházela pod dnešní budovou chirurgie s označením M1 náležející k Fakultní nemocnici u sv. Anny v Brně. Vyústění dolní části Pekařské ulice do pozdějšího Mendlova náměstí vypadalo takřka do konce 19. století dosti jinak, než je tomu dnes. Hlavní osou levobřežního Starého Brna byla Křížová ulice (ve 2. polovině 19. stol. *Bürgergasse*), která ve vyústění do Pekařské ulice přecházela můstkem východní rameno výrazného meandru Svrateckého náhonu (obr. 1). Náhon byl napřímen na sklonku 19. století a procházel pak podél jižního okraje nemocnice u sv. Anny (*Kuča 2000*, 533–535). Historicky se toto území počítalo ke Starému Brnu, šlo o území od 13. století do značné míry v rukou johanitů, kteří měli na pravobřeží ještě v novověku komendu se špitálem a na protilehlé straně Pekařské ulice kostelík sv. Jana Křtitele, a navíc několik nájemních domů. Josefsinské reformy přinesly zrušení kostela a johanitskou epochu definitivně uzavřel odprodej areálu na rozšíření nemocnice u sv. Anny roku 1900 (*Procházka 1990*, 100–101; *Foltýn a kol. 2005*, 202–205; *Mitáček – Plaček 2010*).



Obr. 1: Plán K. Schmigmatora a S. Derniera z roku 1885 s vyznačením polohy archeologického výzkumu v místě meandru Svrateckého náhonu v blízkosti křížení ulic Křížové (*Bürgergasse*) a Pekařské (*Bäckergasse*). Zdroj: Archiv města Brna, fond U9 – Sběrka map a plánů K 42

NÁLEZOVÉ OKOLNOSTI

Záchranný výzkum z roku 1989, vyvolaný přístavbou 1. chirurgické kliniky proběhl ve velmi stísněných podmínkách po obou stranách zmíněného východního ramene zasypaného toku v těsné blízkosti můstku. Větší část odkryvu proběhla až ve stavební jámě, kde byl odkryt úsek náhonu o délce 25,5 m, postupně vymezovaný dřevěnými kůly a posléze vyzdívkou. Je pravděpodobné, že náhon byl průběžně čištěn. V rámci uloženin se nade dnem náhonu nacházela zcela výjimečná vrstva 4a o mocnosti 20–30 cm, na jejímž povrchu se náhodou zastavily zemní práce a do níž byla hloubena série základových pasů.

Vrstva 4a datovaná nálezy převážně do pokročilého 15. a první poloviny 16. století (viz níže) měla převážně šterkovité složení a obsahovala množství sídlíštního odpadu. Přibližně v této úrovni byla patrná hladina spodní vody. Od jiných podobných uloženin v běžných podmínkách archeologizovaných sídel se zmíněná vrstva lišila mimořádnou koncentrací kovových předmětů, mezi nimiž zaujímaly nezanedbatelný podíl artefakty z neželezných kovů (podrobněji *Procházka 1990*). Přitom je zjevné, že zmíněné předměty se soustřeďovaly v rámci odkryté plochy spíše blíže k mostu, na opačné straně byla zachycena robustní odpadová vrstva se silným podílem zlomků keramiky.

Zmíněná uloženina nebyla preparována zdaleka v celé ploše, výzkum se soustředil především na základové pasy. Přítomnost spodní vody umožnila průběžné plavení, což vedlo k získání obsáhlé kolekce artefaktů převážně z neželezných kovů, jejichž materiálové analýze je věnována předložená studie. Nad popisovanou uloženinou se nacházelo novověké souvrství pocházející podle mincí nejdříve z pokročilého 18., spíše z 19. století.

CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Kolekce nálezů náležejících do sbírek Muzea města Brna k dnešnímu dni zahrnuje 764 inventovaných položek zahrnujících necelých 1 700 předmětů a jejich zlomků zhotovených až na několik výjimek z neželezných kovů. Soubor zahrnuje šperky (prsteny, řetízky – náhrdelníky, součásti čelenek či obrouček, závěsky), součásti oděvu, oděvní doplňky (knoflíky, nášivky, kování pásů, přezky, spinadla – háčky a poutka, špendlíky, jehlice, návlečky, rolničky), ušní lžičku, kování knih, vypouštěcí kohout, náprstek, pečetidlo měšťana Konráda Ulmana, jakož i množství přesněji neurčitelných, často poškozených či neúplných, předmětů – polotovary či výrobní odpad v podobě odstřížků plechu apod. Nejpočetnější položku představují špendlíky, jichž se našlo přes 700, na druhém místě figurují háčky a poutka v počtu necelých 150 kusů. Předměty ze železa v naprosté většině dosud neprošly konzervací a inventarizací, totéž platí o četných fragmentech keramiky, dutého skla a na determinaci čekají také nalezené zvířecí kosti.

Časové rozpětí souboru pomáhá určit soubor 71 mincí, který se vyznačuje značným časovým rozpětím (určil PhDr. Jan Šmerda, donedávna pracovník numismatického oddělení Moravského zemského muzea). Nejstarší ražbu představuje parvus Jana Lucemburského (1310–1346) a dva parvy Karla IV. (1346–1378),

do 14. století se hlásí ještě sedm ražeb markraběte Jošta a do prvních dvou až tří desetiletí 15. století přesahují čtyři ražby Václava IV. (1378–1419) a devět Zikmunda Lucemburského (1387–1437). Čtyři kusy spadají do doby vlády prvních dvou Habsburků na českém trůně, a to Ferdinanda I. (1526–1564) a Maxmiliána II. (1564–1576). Do horní části vrstvy 4a se dostalo pět mincí z doby vlády Františka II. a Františka Josefa I., pozoruhodný je nález mince Leopolda I. (1657–1705) ze spodní části této uloženiny. Pestrá směsice mincí spadá do intervalu 1411–1526 (38 ks). Deset ražeb z přelomu 14. a 15. až pokročilého 15. století představují soudobá falza a další dvě ražby patří do kategorie početních penízů.

Obecně se jeví, že výrazná většina mincovních nálezů spadá do 14., 15. až první čtvrtiny 16. století s těžištěm v 15. století, pak počet mincí výrazně klesá. Je tudíž zjevné, že při časovém zařazování jednotlivých předmětů se budeme muset spokojit s typologicko-morfologickým rozbořem a komparací. Dosavadní výsledky v tomto směru (*Šlancarová 2018*) však nepřinášejí jednoznačné výsledky. Přítomná keramika nebyla dosud vyhodnocena, i zde jsou však výpovědní možnosti dosti omezené.

Po předběžné publikaci, která těžiště nalezených předmětů zařadila do pokročilého 15. a první poloviny 16. století (*Procházka 1990*), jsme zatím v tomto ohledu příliš nepokročili. Zaslouhou Věry Šlancarové však byla řada věcí zařazena do širšího kontextu, autorka sestavila i stručný výběrový katalog, kde však nebyly zohledněny dosud provedené (nepublikované) analýzy směřované k určení kovů (*Šlancarová 2018; 2019*). Zvláštní pozornost již dříve věnovala v několika studiích prstenům (*Šlancarová 2006; 2008*). Dílčí studie byla věnována i unikátnímu zoomorfnímu závěsku, kde jistě nebylo řečeno poslední slovo (*Macháňová – Hložek – Procházka 2013*). Je nesporné, že část položek náleží až rozvinuté renesanci, zejména jde o součásti kování složité členěných (článekových) opasků (obr. 6). O dvou položkách V. Šlancarová stále uvažuje jako o knižních kování (*Šlancarová 2018*, tab. 16:9, 16:10, 16:11; 2019, 153). Že v tomto případě jde ve skutečnosti o opasková kování, prokazuje celý exemplář pásu publikovaný již dříve J. Harderem (2010, zvl. 6, obr. 9, 10; srov. *Musil 2011, 2012; Čapek 2016*), který využívá principu tzv. Knebelverschluss (stěžejkový zámek). Jinou možností upevňovacího mechanismu pásu mohl být prostý háček uchycený v očku.

Ač část předmětů z neželezných kovů nacházených v Brně vyráběli nepochybně i domácí řemeslníci – pasíři, jehláři, zlatníci, přezkáři, konváři či mědikovci – o čemž ostatně svědčí výrobní odpad a polotovary hojně zastoupené ve zkoumaném souboru i nález kadlubů a olověné kovadlinky z Radnické ulice (srov. *Flodrová – Loskotová 1995, 553; Šlancarová 2019, 42–46; Procházka – Peška – Žůbek* v tisku), musíme zejména v pozdním středověku a raném novověku do třicetileté války počítat s masivním dovozem z Norimberka, který měl v oblasti kovovýroby a distribuce jejích produktů mimořádné postavení (z rozsáhlé literatury např. *Cassiti 2016, 285; Kröner 2018; Müller 2002; Stahlschmidt 1970*). Mosaz užívaná k výrobě mohla mít na přelomu středověku a novověku různorodý původ, a to například jak přímo z Norimberka (*Morton 2019, 86–92*), tak dnešní Belgie (Dinant, Aachen; *Tylecote 2002, 84*), případně z lokálních produkčních center.

Analogických souborů podobného rozsahu není sice mnoho, bývají však spojeny s vodními toky a nádržemi, například vzpomínáme známý soubor z vodního příkopu švýcarského hradu Hallvil (*Lithberg 1932*). Zdá se, že nejde jen o běžný sídlištní odpad, nelze vyloučit záměrné vyhazování kovových předmětů do vody. Tuto hypotézu v případě výzkumu na Pekařské ulici podporuje také prostorová koncentrace nálezů v blízkosti proti proudu ležícího mostu, překračujícího výrazný meandr Svrateckého náhonu (obr 1). Pozoruhodný analogický nález představuje také dílna existující od 13. až do počátku 15. století v italské Pise, odkud kromě dokladů výrobních nástrojů, zařízení a odpadu pochází celkem 1368 drobných předmětů osobní výstroje a polotovarů ze slitin mědi (*Carrera 2018*).

METODOLOGIE

Soubor artefaktů z neželezných kovů z Brna – Pekařské ulice byl již v minulosti výběrově analyticky zkoumán i s omezenou publikací získaných výsledků (*Procházka 1990, 104; Macháňová – Hložek – Procházka 2013*; nepublikované analýzy J. Maříka z Archeologického ústavu AV ČR, Praha, v. v. i.). Dosud však nedošlo k analytickému zhodnocení souboru jakožto celku. Předložený text tak prezentuje nově získané výsledky nedestruktivních povrchových analýz prvkového složení reprezentativní části souboru. Ze souboru neželezných kovů z Pekařské ulice bylo analyzováno celkem 420 předmětů. V případě skupin shodných předmětů s jediným inventárním číslem (zvláště početné špendlíky a zlomky) byl ze skupiny analyzován vždy pouze jeden zástupný předmět. K prvkové analýze byl užit mobilní ruční spektrometr Niton XI3t 980 (doba měření 10 až 30 sekund, mód General metals, fokusace 3 nebo 8 mm, automatické vyhodnocení spekter), jímž disponuje Archeologický ústav AV ČR, Brno, v. v. i. V případě kombinovaných artefaktů byly analyzovány jejich jednotlivé části samostatně (příklady viz kap. Kombinované artefakty). V důsledku toho bylo na předmětech provedeno celkem 475 jednotlivých měření. Výhodou zkoumaného souboru je fakt, že podmínky uložení ve výrazně vlhkém prostředí zaniklé vodoteče vedly k vytvoření minimální, až vizuálně nepozorovatelné korozní vrstvy na povrchu artefaktů. Konzervace předmětů z barevných kovů se tak omezovala pouze na minimální mechanické očištění a bylo je tak možné poměrně věrně analyzovat bez očištění povrchu (viz níže). Železné předměty byly naopak očištěny chemicky, a to až na kovové jádro, a tím mohlo dojít ke ztrátě určité části informačního potenciálu zachovalého v povrchových vrstvách.

Při vyhodnocení a interpretaci získaných dat je třeba zohlednit faktory ovlivňující výsledky analýz (*Pollard – Bray 2014*), a to v tomto případě zvláště povrchový charakter měření. Složení povrchové vrstvy artefaktů může být ve výrazné míře změněno původními technologiemi (např. cínování, zlacení, bělení) nebo zcela běžně v důsledku postdepozičních procesů (zvláště korozní procesy, kontaminace půdními nečistotami). Získané výsledky jsou tedy mnohdy markantně zkresleny a k jejich interpretaci je tedy třeba přistupovat patřičně obezřetně. Při zohlednění vlivů na složení

povrchových vrstev je možné i z povrchových měření charakterizovat materiál předmětů z kvalitativního a částečně také kvantitativního nebo alespoň semikvantitativního hlediska.

Obsah zinku v mosazi je ovlivněn řadou procesů od výroby přes případnou recyklaci až po postdepoziční procesy. Množství zinku ve slitině je od počátku závislé na jeho množství difundujícím do materiálu v průběhu výroby cementací (*Ecker 1974*). Další vliv na obsah zinku má opakované přetavování materiálu, kdy dochází k odpařování části zinku z důvodu jeho nízkého bodu varu již při ohřevu tuhé vsázky. Koncentraci zinku zásadně ovlivňují také postdepoziční procesy, jejichž součástí jsou i korozní procesy. U mosazi jde v první řadě o jev označovaný jako odzinkování (*Novák 2011*), kdy dochází k selektivní korozi zinku, čímž vzniká porézní materiál ochuzený zcela nebo částečně o zinkovou složku.

Abychom ověřili vypovídací hodnoty a přesnost povrchových analýz byl u šesti vybraných převážně fragmentárních artefaktů proveden odběr vzorků kovového jádra odvrtáním materiálu pomocí vrtáku o průměru 1 mm bez kontaminace materiálem povrchové vrstvy. K tomuto vzorkování byly vybrány reprezentativní předměty mající pokud možno co nejrozdílnější složení identifikované povrchovou analýzou (pět předmětů ze slitin mědi a jeden ze slitiny olova a cínu). Vzorky kovového jádra byly analyzovány stolním ED-XRF spektrometrem ElvaX Pro (Ag rentgenka, mód Cu, doba měření 60 s, urychlovací napětí 45 kV; kolimátor 3 mm; individuální vyhodnocení spekter v softwaru ElvaX) na Archeologickém ústavu AV ČR, Brno, v. v. i.

Z porovnání výsledků analýz povrchu a kovového jádra (tab. 1) vyplývá relativně blízká podobnost v obsahu zinku (zřejmě v důsledku minimální povrchové korozní vrstvy). Nejzásadnější disproporce se týkají obsahu olova a do jisté míry také cínu. Olovo je na povrchu i několikanásobně podhodnoceno. V tomto ohledu je třeba zohlednit zvláště vyšší náchylnost olova ke korozi a také jeho nedokonalou rozpustnost v mědi a případně jejích slitinách. Ta způsobuje heterogenní rozložení olova v předmětech s koncentrací na hranicích zrn (*Chakrabarti – Laughlin 1984*). Obsah cínu je na povrchu naopak částečně nadhodnocen (maximálně dvojnásobně). Stejně tendence jako cín vykazuje antimon a nikl, i když s menším relativním rozdílem. Analyzovaný knoflík ze slitiny olova a cínu vykazuje povrchové nadhodnocení obsahu cínu a v menší míře také mědi, a naopak podhodnocení koncentrace olova a bismutu. Z výsledků je zjevné, že k povrchovým měřením je třeba přistupovat velmi obezřetně a výsledky je možné užít pouze k obecné charakteristice materiálu a identifikaci specifických technologických postupů (viz níže). Některé z identifikovaných technologií není možné zcela jednoznačně doložit pouze pomocí povrchových měření pXRF. Z toho důvodu je v rámci dalšího zpracování souboru v plánu provedení detailnějšího technologického a materiálového průzkumu zaměřeného na jednotlivé identifikované technologie (vliv postdepozičního uložení, výroba mosazi, pokovení cínem a mědi, tvrdé i měkké pájení atd.) pomocí dalších metod komplexního nedestruktivního i destruktivního průzkumu (především traseologie a metalografické výbrusy artefaktů v kombinaci se SEM/EDS).

Tab. 1: Porovnání výsledků prvkové analýzy povrchu (pXRF) a kovového jádra (ED-XRF) vybraných předmětů

Inv. č.	Předmět	Metoda	Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Sb	Ni	Bi
A452680	očko	povrch	71,9	26,8	0,7	0	0,1	0,1	0,4	0
		jádro	71,9	25,8	1,7	0	< 0,09	0,1	0,3	< 0,06
A452672	rukojeť nože	povrch	75,3	18,7	0,9	3,1	1,0	0,4	0,3	0
		jádro	68,9	18,4	7,5	2,3	1,7	0,3	0,3	0,1
A452550	knoflík	povrch	76,1	11,1	4,2	7,1	0,8	0,3	0,1	0
		jádro	71,3	10,0	13,6	3,9	0,9	0,2	0,1	0,1
A452675	přezka	povrch	87,0	8,4	0,4	2,0	1,3	0,1	0,5	0
		jádro	79,8	9,4	5,0	1,8	2,4	0,1	0,5	0
A452271	přezka	povrch	89,2	6,8	1,3	1,2	1,0	0,2	0,3	0
		jádro	80,3	6,7	9,6	1,0	1,2	0,2	0,2	0,1
A452578	knoflík	povrch	1,5	0	55,8	42,2	0,1	0,1	0,0	0,3
		jádro	0,7	0	74,9	23,5	< 0,13	< 0,03	< 0,07	0,6

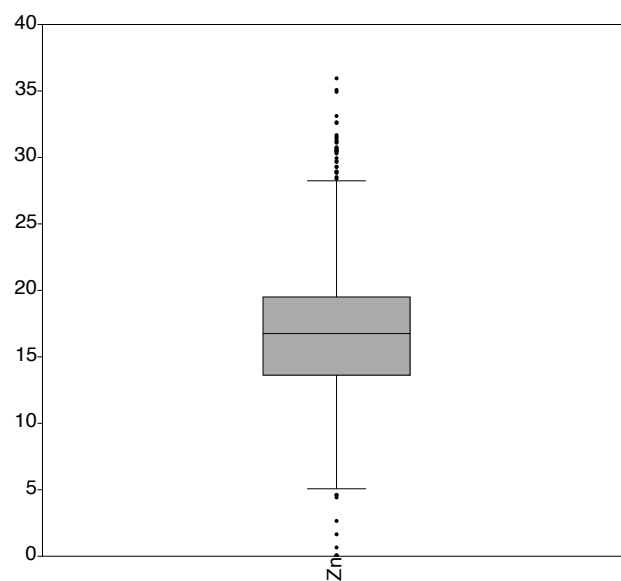
VYHODNOCENÍ ANALÝZ

Analýzy početného souboru artefaktů z neželezných kovů z Brna – Pekařské ulice poskytly značné množství poznatků týkajících se neželezné metalurgie pozdního středověku a raného novověku z hlediska užívaných materiálů i aplikovaných technologií. Vzhledem k počtu provedených analýz zde není možné publikovat kompletně tabulární seznam výsledků jednotlivých měření. Proto je níže provedeno sumární vyhodnocení pomocí shrnujících grafů pro předměty ze slitin mědi a předměty ze slitin cínu a olova. Individuální výsledky měření jsou pro názornost uvedeny jen pro omezené množství vybraných artefaktů zastupujících základní materiálové skupiny a identifikované technologické postupy (výsledky jsou uvedeny vždy v hmot. %). Publikování kompletních výsledků analýz je v plánu v rámci připravovaného podrobného katalogu nálezů z výzkumu z Brna – Pekařské ulice.

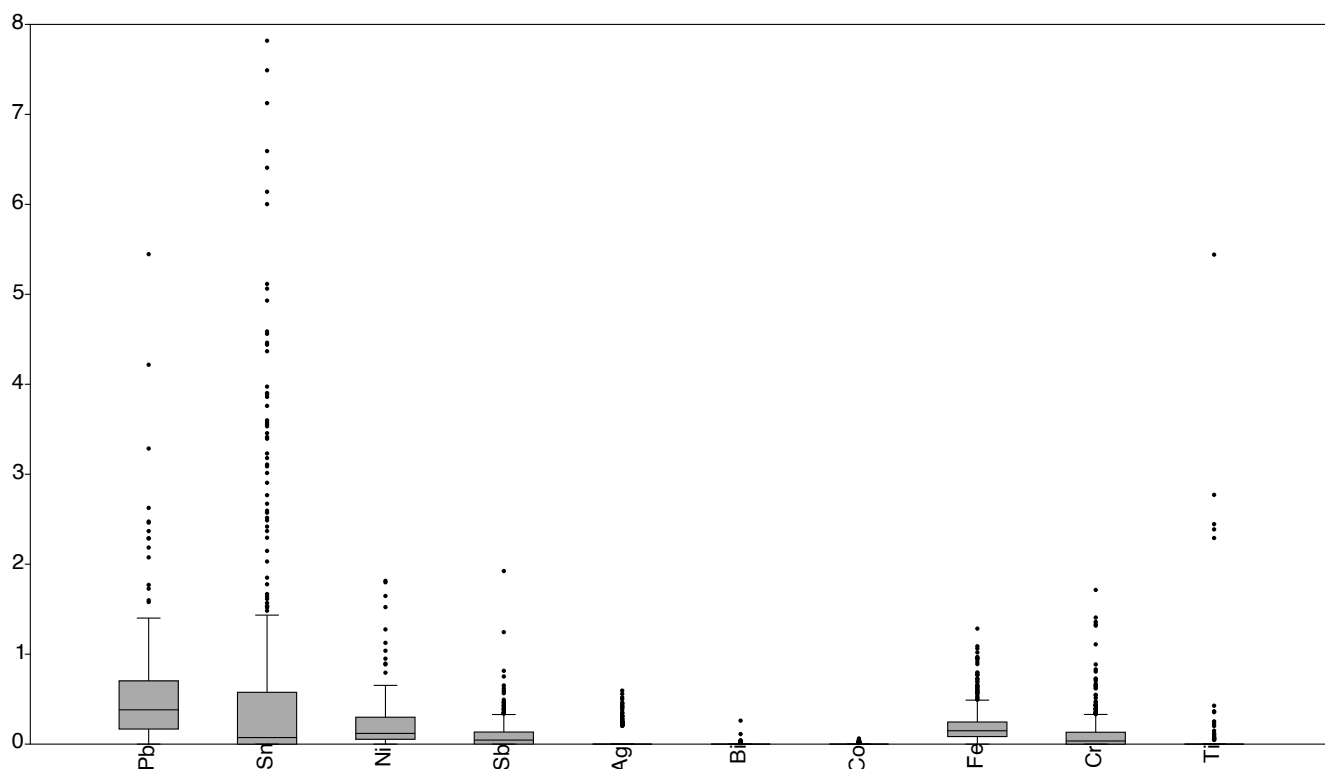
SLITINY MĚDI

Ve zkoumaném souboru se objevila pouze minimální část artefaktů (20 ks) zhotovených z nelegované mědi ($\text{Cu} > 96,5 \%$). Z většiny jde o indiferentní výrobní odpad v podobě zlomků a drátů. Převážná většina z analyzovaných předmětů ze slitin mědi (392 ks; 95 %) je zhotovena z mosazi ($\text{Zn} 4,5\text{--}36 \%$), přičemž více než polovina předmětů vykazuje poměrně úzké rozmezí od 13,5 do 19,5 % zinku (graf 1). Pro zjednodušení jsou předměty se zvýšeným obsahem zinku v tomto textu uváděny jako mosazné, přestože přesněji jde o předměty z materiálů od tombakových slitin ($\text{Zn} 5\text{--}20 \%$) až po mosazi v pravém slova smyslu ($\text{Zn} > 20 \%$). Pouze v případě kroužku s loukotěmi (inv. č. A452180; obr. 2; tab. 2) byla identifikována bronzová slitina v podobě olovnatého cínového bronzu. Mosaz v řadě případů zároveň vykazuje zvýšený obsah olova a/nebo cínu (graf 2). Na základě složení by bylo možné materiál detailněji rozlišit na specifické slitiny od olovnaté mosazi (Cu-Zn-Pb), přes olovnatou dělovinu (Cu-Zn-Pb-Sn) až po samotnou dělovinu (Cu-Zn-Sn). Aplikace tohoto detailnějšího dělení v případě výsledků povrchových měření však není relevantní, jak prokázaly srovnávací analýzy povrchu a kovového jádra, jež iden-

tifikovaly například zásadní podhodnocení obsahu olova na povrchu oproti jádru (viz výše). Různorodý obsah zinku v mosazích i přítomnost olova a cínu ve slitině může být kromě limitů použité metody také důsledkem pouhého napaření zinku do povrchové vrstvy finálního měděného či bronzového výrobku (zvláště v případě plechových a drátěných artefaktů) nebo vysoké míry recyklace materiálu (vypařování zinku z taveniny, míšení s cínovým/olověným bronzem). Tyto možnosti bude možné ověřit až provedením plánovaného detailnějšího průzkumu odlišnými metodami (zvláště metalografický výbrus v kombinaci se SEM/EDS). Kromě výše uvedených přísad zinku, cínu a olova byly analýzami identifikovány další přítomné prvky (graf 2). Patří mezi ně zvláště nikl (0–1,8 %) a antimon (0–0,8 %) a dvě odlehle hodnoty 1,2 a 1,9 %, v menší míře stříbro (0–0,6 %) a stopové množství bismutu (0–0,04 %) a dvě odlehle hodnoty 0,1 a 0,3 %) a kobaltu (0–0,06 %). Tyto prvky mohou pocházet z primárních rud mědi nebo jsou přímým či nepř-



Graf 1: Krabicový graf procentuálního zastoupení zinku v předmětech ze slitin mědi



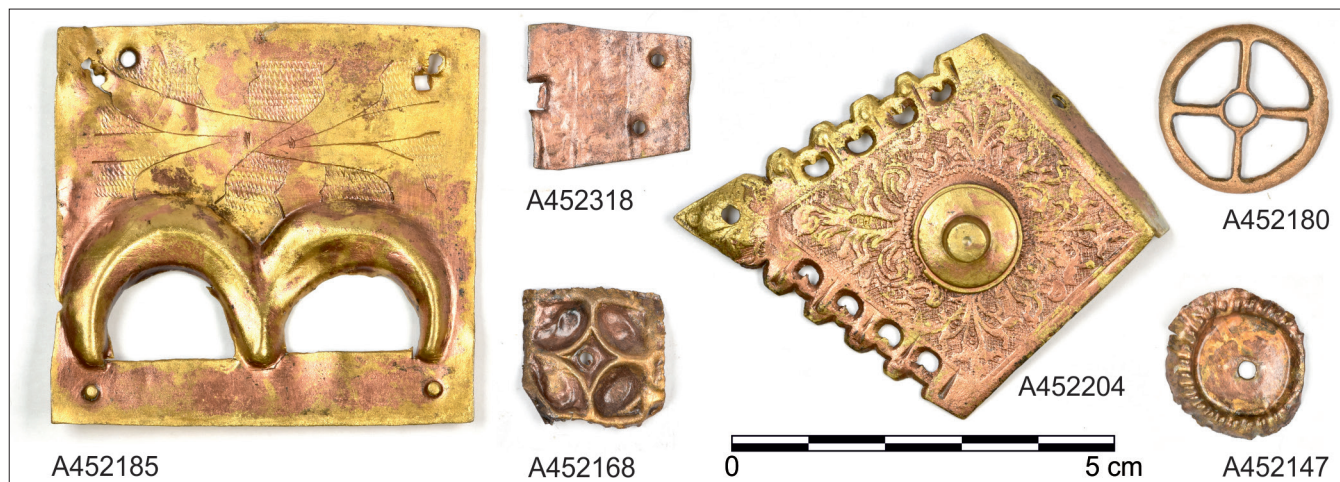
Graf 2: Krabicový graf zastoupení jednotlivých přísad v předmětech ze slitin mědi

mým důsledkem legování slitiny. Nejvyšší identifikované obsahy cínu se prokázaly jako důsledek úmyslného cínování povrchu (viz kap. Cínování). V materiálu bylo identifikováno také železo (0–1,3 %), chrom (0–1,7 %) a výjimečně také titan (22 předmětů; 0,04–5,4 %). Tyto prvky mohou být jak součástí slitiny (zvláště v případě železa, jak se prokázalo analýzami kovového jádra výše), tak povrchovou kontaminací nejčastěji v podobě půdních nečistot.

Při srovnání typologického zařazení předmětů a jejich a materiálového složení nebyly identifikovány žádné výraznější korelace. To může být způsobeno vysokou různorodostí souboru jak z hlediska typů zastoupených předmětů, tak i značné šíře chronologického rozptýlu celého souboru. V souboru hojně zastoupený výrobní odpad a polotovary poukazují na skutečnost, že určitá část před-

mětů byla zhotovována přímo v Brně. Původ používané mosazi však není možné pomocí aplikovaných metod rozlišit. Minimálně v případě zlomků a drátů z mědi by mohlo jít o lokální produkci.

Při srovnání výsledků s drobnějším analyzovaným souborem předmětů ze slitin mědi ze zaniklé středověké vsi Konůvky (*Selucká – Sulovský – Měchurová 2002*) je zjevné, že předměty z Brna – Pekařské ulice vykazují mnohem výraznější preferenci mosazného materiálu na úkor cínového bronzu. Zarážející je absence vyšších obsahů olova v materiálu z Konůvek, přitom u brněnského materiálu jde o poměrně běžný jev. Jistý vliv na tyto disproporce může mít rozdílná metodologie porovnávaných analýz, ale zřejmě půjde zároveň o projev odlišného zacházení s materiálem slitin mědi v předcházejícím období (soubor ze ZSV Konůvky byl datován do 14. až poloviny 15. století).



Obr. 2: Fotografie vybraných analyzovaných předmětů ze slitin mědi (složení viz tab. 2). Foto: M. Kmošek, F. Ševčík

Tab. 2: Výsledky povrchových pXRF analýz vybraných předmětů ze slitin mědi

ID	Popis	Cu	Zn	Pb	Sn	Ni	Sb	Ag	Fe	Cr	Ti
A452147	nášivka	84,1	14,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	0,1	0
A452168	nášivka	87,5	10,5	0,2	0	0,1	0,2	0	0,3	1,4	0
A452180	kolečko	88,5	0,1	3,3	7,5	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0,1
A452185	kování pásu	82,0	17,3	0,1	0	0	0,1	0	0,1	0,4	0
A452204	kování knihy	80,2	18,2	0,2	0	0,2	0	0	0,1	1,1	0
A452318	kování	79,9	18,8	0,7	0	0,3	0	0	0,1	0,2	0

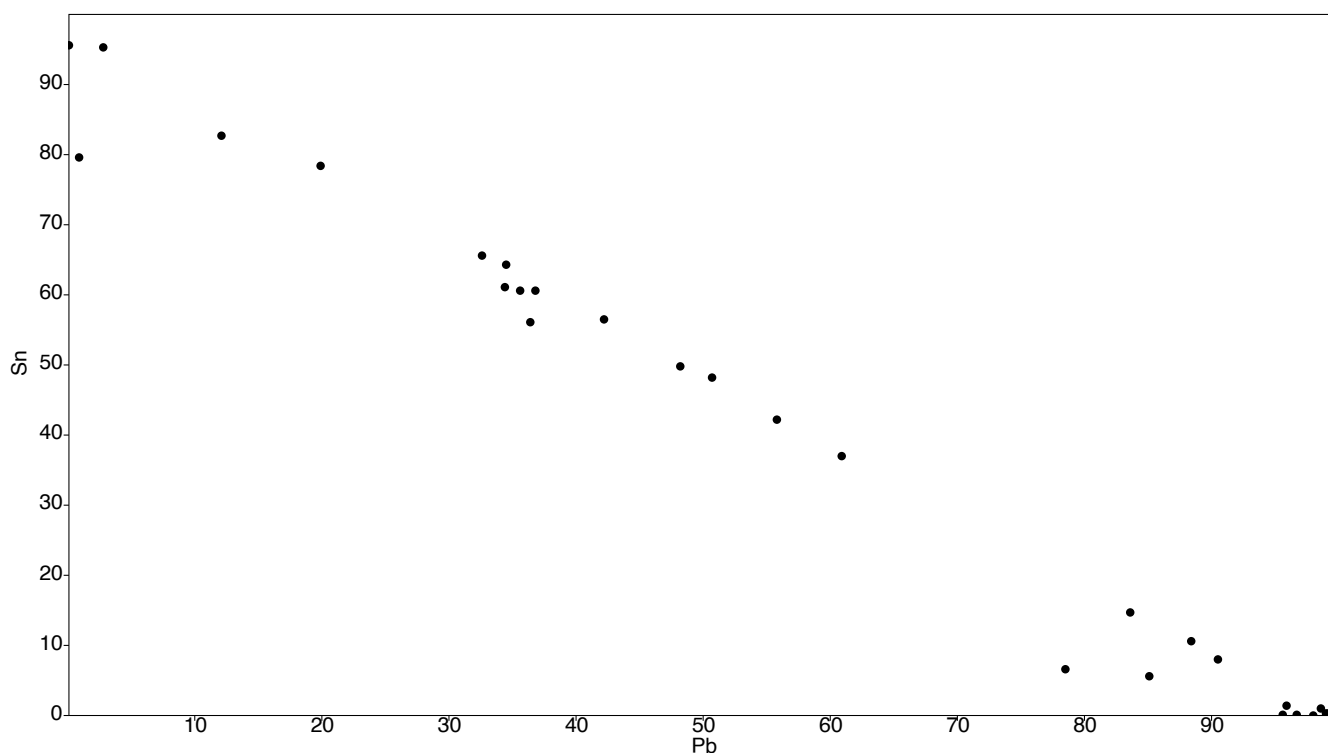
SLITINY OLOVA A CÍNU

Kromě předmětů ze slitin mědi bylo v souboru zastoupeno menší množství nálezů ze slitin cínu a/nebo olova. Celkem jde o 30 předmětů různého druhu od ozdob (obr. 3), přes nýty, až po plomby na zboží. Slitiny cínu a olova se zároveň vyskytly v kombinaci s dalšími mosaznými předměty ve formě pájky nebo výplně (viz kap. Pájení). Materiálově se složení předmětů pohybuje od olověných předmětů, přes slitiny olova a cínu až k cínovým předmětům (graf 3). Z hlediska přísad byla v materiálu detekována měď, železo, bismut a v ojedinělých ale výrazných případech také antimon (graf 4). U všech předmětů byla detekována přítomnost mědi v rozmezí 0,1 až 3,7 %, přičemž nejnižší množství mědi obsahují zpravidla olověné předměty ($Pb > 99\%$). Naopak nejvyšší obsah mědi (5,9 %) vykazuje neidentifikovaný tyčinkovitý předmět (inv. č. A452330; obr. 3; tab. 3).

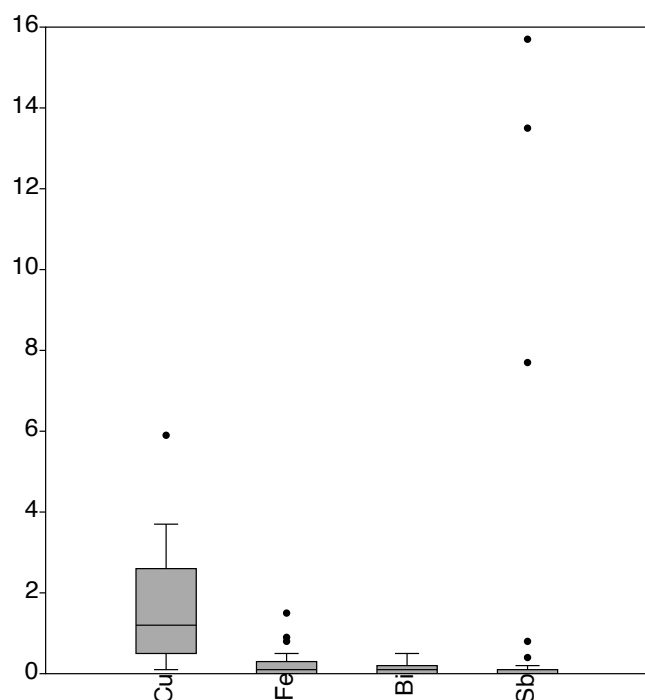
Přestože všechny analyzované artefakty ze slitin cínu a olova pocházejí z vrstvy 4a, do vypovídací hodnoty výsledků zasahuje zřejmě vysoká chronologická nesourodost souboru, která je v důsledku zřejmě markantnější než u předmětů ze slitin mědi. Analyzovaný soubor totiž obsahuje i nepochybně mladší arte-

fakty (infiltrace z nadložní novověké vrstvy), které zároveň materiálově vybočují ze složení souboru. Například jde o čistě olověné plomby na zboží, které jsou charakteristické nízkým obsahem mědi, nebo olověný knoflík a cínovou lžičku s vysokým obsahem antimonu (13,5 a 15,7 %).

Užití slitin cínu a olova bylo zjevně motivováno několika faktory, od technologické jednoduchosti zpracování slitiny (nízká teplota tání, nízká tvrdost při tepání apod.), přes získání výhodných vlastností výsledného výrobku (zvláště barevnost) až po – zvláště u olova – finanční dostupnost zvoleného kovu. Velmi zajímavou skutečností je právě využívání barevnosti slitiny cínu a olova k imitaci stříbra, případně i nelegovaného cínu. Za zmínku v tomto ohledu stojí například i četné záměny těchto slitin při popisu archeologických nálezů, které bývají vyvráceny až na základě materiálových analýz. Ze zkoumaného souboru se tento jev objevil hned u dvou nálezů. Jako stříbrný byl publikován prsten s iniciálou (Šlancarová 2006, 61) i zoomorfní přívěšek ve tvaru jelena (Procházka 1990, 105), avšak jejich analýzy prokázaly jejich materiál jako slitinu cínu a olova (Macháňová – Hložek – Procházka 2013, 138).



Graf 3: Poměr cínu a olova v předmětech z jejich slitin



Graf 4: Krabicový graf zastoupení jednotlivých přísad ve slitinách cínu a olova

KOMBINOVANÉ ARTEFACTY

Poměrně často se v materiální kultuře objevují artefakty zhotovené kombinací několika samostatných částí, často z odlišného materiálu, která se nemusí omezovat na spojení například kovů s kůží, dřevem atd., ale může mít podobu integrace různých typů kovů, případně jejich slitin k výrobě jednotlivých částí, na první pohled jednotně působícího, kombinovaného artefaktu. Ze zkoumaného souboru můžeme tento jev demonstrovat na příkladech článků opaskového kování, přezky a špendlíků, ale i na dalších níže představených příkladech, které vykazují kombinaci různých kovových (a příp. i nekovových) materiálů v rámci jednotlivých artefaktů. Jedním z kombinovaných artefaktů je přezka s obdélným rámečkem, trnem a destičkou se třemi otvory pro nýty (inv. č. A452461; obr. 4). Jednotlivé části jsou zhotoveny ze dvou druhů slitin (tab. 4). Materiálem rámečku je dělovina (Cu-Zn-Sn), kdežto destička s trnem jsou z totožné mosazi bez přídavku cínu s vyšším obsahem zinku, než je tomu u rámečku. Tato dualita materiálu zjevně sleduje rozdílné technologické zpracování komponent. V případě výroby destičky a trnu byly aplikovány primárně kovotepecké postupy, kdežto rámeček byl odlit.

Tab. 3: Výsledky povrchových pXRF analýz vybraných předmětů ze slitin cínu a olova

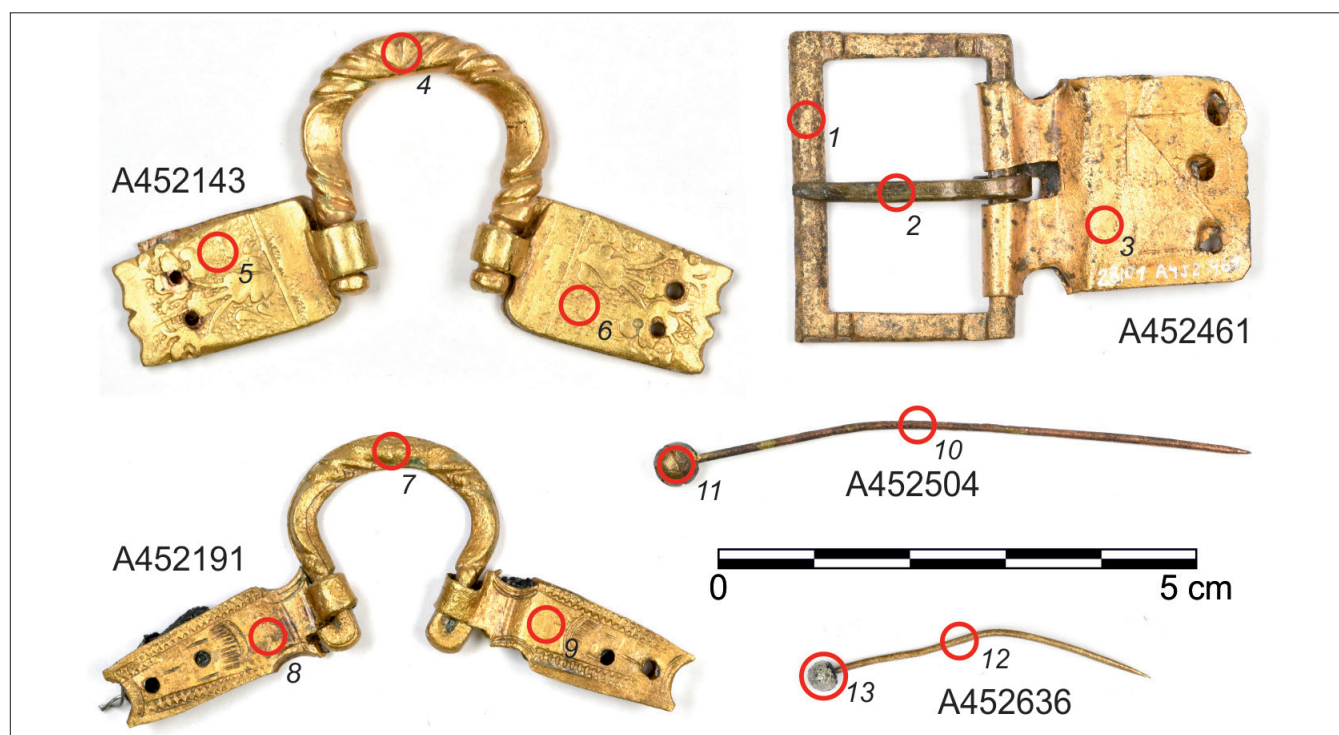
ID	Předmět	Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Sb	Bi	Ni
A452160	nášivka	1,7	0	61,0	37,0	0	0	0,2	0,1
A452167	kování	3,5	0	12,1	82,7	1,5	0	0,2	0
A452538	ozdoba - samostříl	3,4	0	34,4	61,1	1,0	0	0,2	0
A452330	neidentifikovaná tyčinka	5,9	0	36,4	56,1	0,5	0,8	0,3	0



Obr. 3: Fotografie vybraných analyzovaných předmětů ze slitin cínu a olova (složení viz tab. 3). Foto: F. Ševčík

Dva mosazné podkovovité články segmentového opasku s přichytými destičkami (inv. č. A452143 a A452191; obr. 4; ke článkovým opaskům např. *Musil 2012*) vykazují opět charakteristické duální použití materiálu. Postranní destičky sloužící k přichycení ke koženému pásu mají vždy totožné složení, kdežto středový podkovovitý článek je zhotoven z materiálu odlišného (tab. 4). Takováto duální složení použité mosazi může poukazovat na sériovou výrobu jednotlivých částí předmětu, v důsledku čehož mají stejné části shodné složení. Ke kompletaci jednotlivých komponent do finálního celku přitom nemuselo nutně docházet v místě jejich výroby, ale například v místě odbytu.

Další zkoumaný případ kombinovaných předmětů tvoří početné nálezy špendlíků. Drátěné dříky špendlíků v souboru jsou zhotoveny výhradně z mosazi. Jejich výroba se liší ve způsobu zhotovení hlavičky. Pozorovány byly dva základní způsoby výroby hlaviček. První zahrnuje přitloukané hlavičky vytvořené pomocí obtočení a roztepání mosazného drátu kolem tupého konce dříku (*Omelka – Řebounová – Šlancarová 2011, 532*). V tomto případě analýzy ukázaly na shodné složení obou částí špendlíku (inv. č. A452504; obr. 4; tab. 4). K výrobě byl tedy použit shodný výchozí drát, jež posloužil pro výrobu jak dříku, tak hlavičky. Druhým méně obvyklým typem je výroba cínových hlaviček, jež se při odlití připájí k tupému konci mosazného dříku (inv. č. A452636; obr. 4; tab. 4). Hlavička je zhotovena z čistého cínu, avšak ve výsledcích se projevuje také materiál mosazného dříku.



Obr. 4: Fotografie kombinovaných předmětů s vyznačením pozice analýz (viz tab. 4). Foto: M. Kmošek

Tab. 4: Výsledky povrchových pXRF analýz různých částí kombinovaných artefaktů

ID	Předmět	Pozice měření	Lokalizace	Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Ni	Sb
A452461	přezka	rámeček	1	86,5	8,6	0,2	2,6	1,0	0,5	0,2
		destička	2	87,0	12,4	0,1	0	0,2	0	0,2
		trn	3	86,0	12,7	0,1	0	0,1	0,9	0
A452143	opaskové kování	podkovitý článek	4	87,5	11,5	0,6	0	0,2	0,1	0,1
		levá destička	5	83,1	16,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0
		pravá destička	6	83,2	16,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0
A452191	opaskové kování	podkovitý článek	7	80,2	18,0	0,8	0,5	0,1	0,4	0
		levá destička	8	79,9	18,9	0,5	0,1	0,2	0,2	0
		pravá destička	9	80,1	18,9	0,4	0,1	0,2	0,2	0
A452504	špendlík	dřík	10	67,9	31,5	0,3	0	0	0,1	0
		hlavička	11	67,8	31,7	0,3	0	0	0,1	0
A452636	špendlík	dřík	12	81,9	17,2	0,4	0	0,1	0,1	0,2
		hlavička	13	26,6	4,7	0,1	67,1	1,4	0	0

CÍNOVÁNÍ

Zušlechťování povrchu artefaktů vrstvou cínu bylo zvláště ve středověku běžnou záležitostí (Ottenwelter – Leroux – Děd 2008, 69). Ve zkoumaném souboru byla technologie souvislého cínování identifikována u šesti exemplářů přezek a jejich částí se základním materiálem ze slitin mědi i železa. Účelem cínování je jak ochrana povrchu před korozní degradací (zvláště u železných předmětů), tak jeho vizuální zušlechtění. Cínovaný povrch měl zřejmě imitovat výrazně nákladnější stříbro nebo cín, stejně jako u výše zmíněných předmětů ze slitin cínu a olova.

Cínování bývá zvláště u železných předmětů nejčastěji identifikováno pomocí rentgenografie. Ve zkoumaném souboru bylo dosud zjištěno čistě vizuálním průzkumem a prvkovou analýzou. Cínované předměty ze slitin mědi se totiž výrazně odlišují vysokým obsahem cínu ve srovnání s ostatním zkoumaným materiálem. Zvláště v případě železných předmětů však není vyloučeno, že při pokračujících průzkumech souboru budou identifikovány další cínované exempláře.

Cínování bylo zjištěno celkem u čtyř mosazných přezek (inv. č. A452190, A452192, A452540 a A452651, obr. 5) s různým obsa-

hem zinku ve slitině (a to i u dvou typologicky podobných exemplářů). Mosazná přezka s železnou jehlou (inv. č. A452192; obr. 5) má stopy cínování jak na rámečku, tak jehle (tab. 5). Na třech přezkách ze slitin mědi je zjevné zdrsnění povrchu základního materiálu, které mělo sloužit ke zlepšení mechanické adheze cínu k základnímu materiálu (Ottenwelter – Leroux – Děd 2008, 69). Cínování je zachováno téměř výhradně v prohlubních reliéfu. U masivní železné přezky (inv. č. A452144; obr. 5) a destičky přezky (inv. č. A452678; obr. 5) je vrstva cínování zachována ve výrazně masivnější vrstvě než u mosazných přezek.

Poměr cínu a případných dalších prvků v cínovaném povlaku není možné přesněji určit vzhledem k příliš hrubé fokusaci použitého přístroje. K identifikaci by bylo nutné užít instrumentace schopné detailního zaměření místa s odhaleným základním materiálem, a naopak pocínovaným povrchem (např. SEM/EDS). Složení slitiny použité k cínování je tedy možné dle dosavadně aplikovaných metod zkoumat pouze u železných předmětů. V jejich případě se jeví, že materiálem je čistý cín s minimální příměsí dalších prvků (tab. 5), které mohou souviset s kontaminací povrchu.



Obr. 5: Fotografie cínovaných předmětů (složení viz tab. 5). Foto: M. Kmošek

Tab. 5: Výsledky povrchových pXRF analýz cínovaných předmětů

ID	Předmět	Pozice měření	Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Ni	Sb	Co	Bi	Ag
A452651	přezka	-	75,3	1,8	3,5	14,1	0,2	3,7	0,6	0	0,1	0,3
A452190	přezka	-	81,5	5,9	1,2	9,8	1,0	0	0,2	0	0	0
A452540	přezka	-	74,0	14,2	2,5	7,8	0,6	0,3	0,1	0	0	0
A452192	přezka	rámeček	82,2	9,5	0,3	6,6	1,0	0,1	0,4	0	0	0
		jehla	2,2	0,3	0	18,3	77,5	0	0	0	0	0
A452678	destička přezky	-	0,1	0	0	22,7	76,5	0,1	0	0,4	0	0
A452144	přezka	rámeček	0,3	0	0,1	50,0	48,9	0	0	0,3	0	0
		jehla	0,1	0	0,1	51,2	48,5	0	0	0	0	0

PÁJENÍ

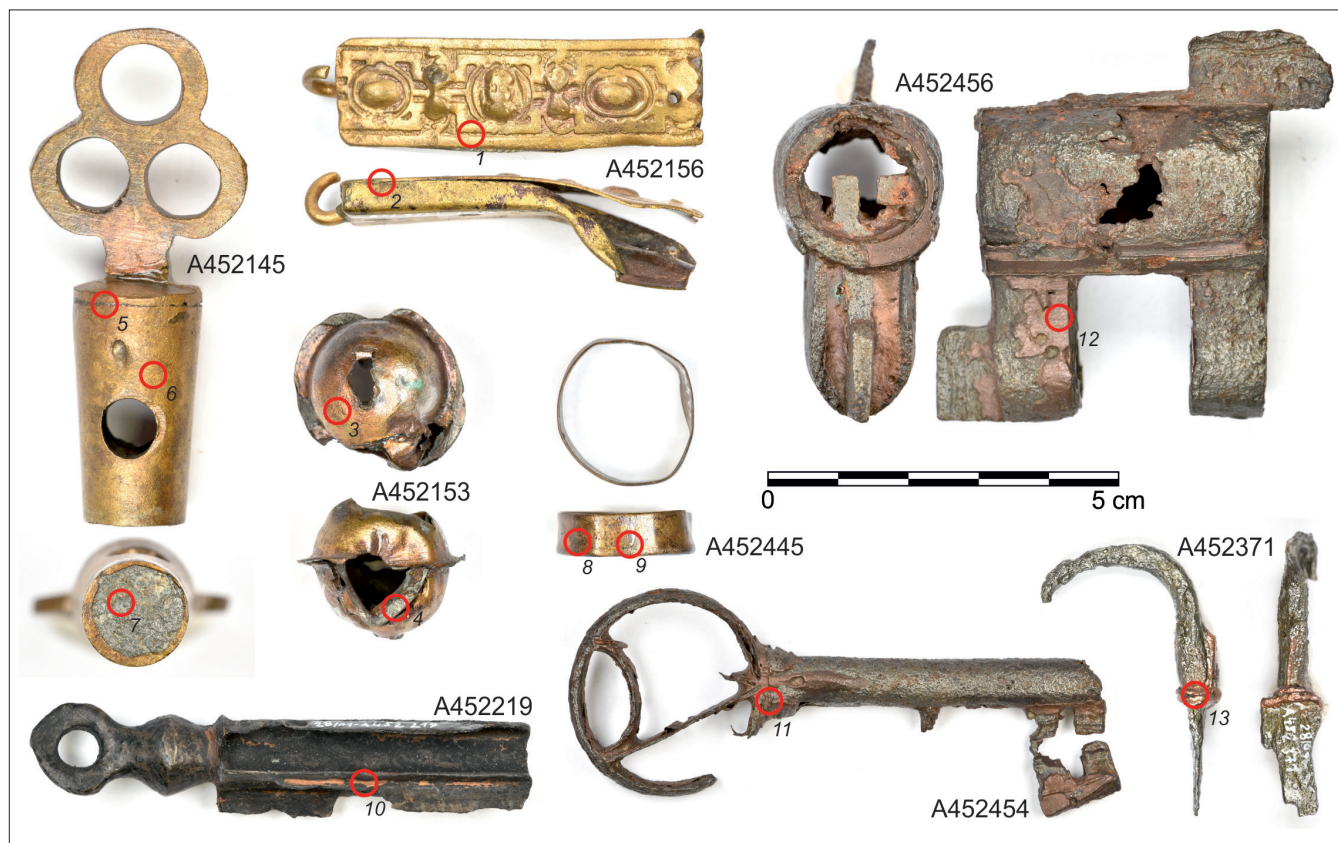
V souboru byla kromě častých mechanických spojů identifikována řada příkladů spojování kovů různými druhy pájení. Poměrně běžně se u mosazných předmětů vyskytuje měkké pájení slitinou cínu a olova. Naopak ojediněle bylo zjištěno tvrdé pájení dvojího druhu. Prvním je pájení mosazi stříbrem a druhé pájení železa pomocí mědi. Aplikace měkkého a tvrdého pájení se u zkoumaných předmětů zjevně odlišuje zvláště dle požadavků na mechanickou odolnost výsledného spoje.

Stejně jako v případě cínování je třeba při hodnocení výsledků povrchových analýz pájení zohlednit fakt, že se do naměřených hodnot vzhledem k velikosti měřené plochy a tloušťky vrstvy pájky běžně promítá také základní materiál předmětu. Pro exaktnější analýzu je třeba užít odlišných metod s možností menší fokusace a/nebo menší penetrace záření (např. SEM/EDS).

Měkké pájení je užito u ozdob bez vyššího mechanického namáhání spoje (obr. 6), například kování pásu (inv. č. A452156), rolničky (inv. č. A452153), ale i otočné zátky (inv. č. A452145). U prvních dvou jmenovaných předmětů je poměr olova a cínu v pájce rámcově 1 : 1 až 1 : 2 (tab. 6). Vzhledem k porovnání analýzy povrchu a kového jádra výše bude však reálný poměr vyšší ve prospěch olova. U otočné zátky je slitina pájky markantně odlišná vzhledem k tomu, že se jedná primárně o olověnou slitinu s rámcově 10 % cínu (tab. 6). Pájení slitinou cínu a olova, případné výplně vnitřních částí předmětů tímto materiálem byly zjištěny i u řady dalších předmětů, avšak nebyla zjištěna větší pravidelnost ve vzájemném poměru

cínu a olova, stejně jako u celých předmětů z této slitiny (viz výše). V jediném případě bylo v souboru identifikováno tvrdé pájení mosazi stříbrem. Týká se stykového pájení páskového prstenu (inv. č. A452 445, obr. 6; tab. 6) pomocí stříbrné pájky s nízkou příměsí olova (rámcově 1,5 %). Pájení stříbrem se neuplatňovalo častěji nejpravděpodobněji kvůli cenové náročnosti stříbrné pájky a bylo zjevně nahrazováno měkkým pájením.

Specifickou skupinou je tvrdé pájení železa pomocí mědi. Bylo identifikováno u několika železných klíčů (zde příklady inv. č. A452219 a A452454), zámku (inv. č. A452456) a zřejmě fragmentu nože s trnem (inv. č. A452371; obr. 6). V případě vyššího mechanického namáhání spojů, jež se jistě týkají zamykacího mechanismu, klíčů i nože je očekávatelné, že se bude používat tvrdé pájení. Vzhledem k množství a ploše pájených spojů byla místo stříbrné pájky zvolena výrazně finančně úspornější měděná. V případě klíče (inv. č. A452454) a zámku (inv. č. A452456) bylo pájení zjevně zkombinováno i s ozdobným pokovením povrchu mědi (natepáním měděného plechu či plošným natavením mědi). Měď se totiž vyskytuje v souvislých vrstvách i na plochách mimo pájené spoje. Původně snad byly tyto předměty pokoveny na celém povrchu, avšak v důsledku korozních procesů a chemického čištění při konzervátorském ošetření železných předmětů se pokovení zachovalo pouze lokálně. Ve všech případech pájení/pokovení železa barevným kovem se prokázal materiál jako čistě měděný bez výraznějších příměsí jiných prvků (tab. 6).



Obr. 6: Fotografie pájených předmětů s vyznačením pozice analýz (viz tab. 6). Foto: M. Kmošek, F. Ševčík

Tab. 6: Výsledky povrchových pXRF analýz pájených předmětů

ID	Popis	Pozice měření	Lokalizace	Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Ag	Ni	Sb
A452156	kování pásu	zákl. mat.	1	66,2	32,6	1,0	0	0	0	0,1	0
		pájka	2	64,6	31,3	2,4	1,3	0	0	0,1	0
A452153	rolnička	zákl. mat.	3	85,8	13,5	0,2	0,1	0,2	0	0,1	0,2
		pájka	4	47,2	6,0	14,2	32,0	0,2	0	0	0,1
A452145	otočná zátka	zákl. mat.	5	79,1	16,5	1,7	1,6	0,6	0	0,3	0,1
		pájka	6	71,9	12,8	11,2	2,8	0,6	0	0,3	0,3
		výplň	7	0,36	0	92,6	6,4	0	0	0	0,0
A452445	prsten	zákl. mat.	8	84,0	14,1	0,1	1,3	0,3	0	0,1	0,1
		pájka	9	68,7	11,5	0,4	1,1	0,3	17,9	0,1	0
A452219	klíč	-	10	66,8	0	0,2	0,3	32,5	0	0,1	0,1
A452454	klíč	-	11	79,6	0,1	0,1	0	20	0	0,1	0,1
A452456	zámek	-	12	88,8	0,1	0,1	0	10,8	0	0,1	0,1
A452371	nůž	-	13	79,8	0	0,1	0	19,9	0	0,0	0

ZÁVĚR

Výsledky nedestruktivních povrchových analýz prvkového složení předmětů z neželezných kovů z Brna – Pekařské ulice mají přínos k poznání materiálové skladby artefaktů z období pozdního středověku a raného novověku i některých technologických postupů užitých při jejich výrobě. S ohledem na předměty ze slitin mědi bylo zjištěno zcela převládající užívání mosazi, výjimečně také nelegované mědi a zcela ojediněle olovnatého cínového bronzu. Menší množství předmětů bylo vyráběno také ze slitin cínu a olova bez zjevné bližší kontroly složení. Z hlediska technologií užívaných k výrobě předmětů bylo identifikováno jak pokovení železných předmětů cínem nebo mědí, tak cínování mosazných přezek. Poměrně často se objevuje také pájení na předmětech ze slitin mědi i železa, specificky měkké pájení mosazi slitinou cínu a olova a tvrdé pájení mosazi stříbrem nebo železa mědí.

Analogických analýz neželezných kovů z prostředí moravského vrcholného středověku až raného novověku je dosud tristní minimum. Z toho důvodu je materiálové a technologické ukotvení souboru z Brna – Pekařské ulice poněkud problematické. Pár desítek analogických analýz pochází z materiálu ze zaniklé středověké vsi Konůvky (*Selucká – Sulovský – Měchurová 2002*). Se zkoumaným souborem jsou blízké jak v ohledu zjištěného materiálového složení (mosaz, slitiny cínu a olova), tak identifikovaných technologických postupů (kombinované artefakty ze specifických složení komponent, cínování železných přezek, pájení nádoby mědí). Ve starších obdobích středověku byl ve slitinách mědi užívaný cínový bronz (Cu-Sn) a dělovina (Cu-Zn-Sn). Mosaz se objevuje až v pozdějších obdobích (*Tylecote 2002*; 84). Tento vývoj je možné vhodně demonstrovat na příkladu analyzovaných předmětů ze středověkého Londýna (*Dungworth – Egan 2005*, Fig. 2). Přitom toto soudobé taktéž městské prostředí vykazuje v druhé polovině 15. a průběhu 16. století taktéž dominanci používání mosazi na úkor mědi, děloviny či cínového bronzu jako je tomu v případě souboru z Brna – Pekařské ulice (přestože je zde převládající užívání mosazi ještě výraznější).

Otázkou zůstává, zda běžně nevidané dominantní užití mosazi pro výrobu předmětů z Brna – Pekařské ulice je zapříčiněno chronologickým vývojem preferovaných slitin mědi (postupné upřednostňování mosazi), společenským prostředím (městské vs. vesnické prostředí), charakterem vzniku souboru (hypoteticky uvažované úmyslné vyhazování předmětů do náhonu z nedalekého mostu) nebo jinou dosud neuvažovanou proměnnou. Na tuto otázku bude možné odpovědět až s přispěním dalších analýz pozdně středověkých a raně novověkých souborů z neželezných kovů.

Vliv legur a jejich poměru na vlastnosti získané slitiny (barva, tvrdost, kovatelnost, slévateľnost atd.) byl zjevně dobře poznán a cíleně využíván. V případě kombinovaných artefaktů bylo zjištěno užití specifické slitiny pro jednotlivé části předmětů, což může odrážet technologickou specifikaci materiálu dle zapojených zpracovatelských postupů (kovotepectví vs. kovolitectví), a/nebo sériovou výrobu komponent.

Zásadní význam měla nepochybně i barevnost specifických slitin. Zvláště v případě slitin cínu s olovem je zjevná snaha imitovat drahé kovy, respektive stříbro (nebo i čistý cín) prostřednictvím této výrazně levnější slitiny. K záměně těchto materiálů došlo mnohdy i při hodnocení předmětů po jejich nalezení při archeologickém výzkumu. Stejný imitační záměr je možné pozorovat snad také v případě mosazi, která je svým zbarvením, zvláště v případě vysokého obsahu zinku, blízká zlatu. Výše uvedené informace naznačují, že analyzované předměty byly primárně určeny nikoliv elitám, ale především širším vrstvám městského obyvatelstva, což ve zkoumaném souboru nepřímě dokládá i absence předmětů z drahých kovů.

PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl s podporou na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Archeologického ústavu AV ČR, Brno, v. v. i., RVO: 68081758 a v rámci projektu AV ČR Strategie 21 – Město jako laboratoř změny; stavby, kulturní dědictví a prostředí pro bezpečný a hodnotný život, č. 510018.

PRAMENY

Plán K. Schmigmatora a S. Derniera z roku 1885. Archiv města Brna, fond U9 – Sběrka map a plánů K 42.

LITERATURA

Carrera, F. 2018: Copper alloy production in the ex laboratorii gentili workshops in Chinzica, Pisa. In: N. Thomas, P. Dandridge (eds.), *Cuivres, bronzes et laitons médiévaux – medieval Copper, Bronze and Brass. Histoire, archéologie et archéométrie des productions en laiton bronze et autres alliages à base de cuivre dans l'Europe médiévale (12th – 16th siècles)*. Jambes, 129–139.

Cassiti, P. 2016: Aspekte globaler Zirkulation von Kupfer und Messing in der frühen Neuzeit. Ein Beitrag zur Erforschung trans-europäischer Handelsrouten. In: *Mitteilungen der deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der frühen Neuzeit* 29. Paderborn, 285–294.

Čapek, L. 2016: Nález fragmentů renesančního člankového opasku z městské radnice v Českých Budějovicích. *Výzkumy v jižních Čechách* 29, 387–397.

Ecker, L. 1974: Kniha o průběžství. Praha. Původní dílo z r. 1574 Beschreibung aller firmemisten mineralischen Ertz and Beckwercksarten (Prag 1574).

Flodrová, M. – Loskotová, I. 1995: Výrobky brněnských řemeslníků 14. století. *Archaeologia historica* 20, 551–561.

Frahm, E. – Doonan, R. C.P. 2013: The technological versus methodological revolution of portable XRF in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 40, 1425–1434.

Foltýn, D. a kolektiv 2005: Encyklopedie moravských a slezských klášterů. Praha.

Harder, J. 2010: Segmentgürtel mit mehrteiliger Anhängerkombination. *Historische Archäologie* 3, 1–20.

Chakrabarti, D. J. – Laughlin, D. E., 1984: The Cu–Pb (Copper-Lead) system, *Bulletin of Alloy Phase Diagrams* 5, 503–510.

Kröner, M. 2018: Das buntmetallverarbeitende Handwerk in Nürnberg vom 15. bis 18. Jahrhundert. Überblick zum archäo-

logischen Fundmaterial: technische Keramik und Gussformen. *Nearchos* 23, Innsbruck, 361–377.

Kuča, K. 2000: Brno – vývoj města, předměstí a připojených vesnic. Praha.

Lithberg, N. 1932: Schloss Hallwill III: 1. Die Fundgegenstände. Text, III: 2. Bilder. Stockholm.

Macháňová, L. – Hložek, M. – Procházka, R. 2013: Zoomorfní středověká plastika z Brna – Pekařská ulice. *Přehled výzkumů* 54-2, 133–139.

Mitáček, J. – Plaček, M. 2010: Podoba komendy a špitálu řádu johanitů na Starém Brně. In: J. Čermáková, R. Červená, H. Jordánková, I. Loskotová, J. Šibíčková (eds.), *Utajený sborník Mileně Flodrové k 75. narozeninám*, Brno, 59–75.

Müller, H. A. 2002: „Tand“ und Nürnberger Waren; In: H. Maue u.a. (Hrsg.), *Quasi Centrum Europae. Europa kauft in Nürnberg. 1400–1800*. Nürnberg, 72–95.

Musil, J. 2011: Raně novověké kovové člankové ženské opasky (tzv. Brautgürtel). *Východočeský sborník historický* 20, 21–52.

Musil, J. 2012: Nález ženského kovového člankového opasku (tzv. Brautgürtel) z Podlažic. *Chrudimský vlastivědný sborník* 16, 87–138.

Morton, V. 2019: Brass from the past. Brass made, used and traded from prehistoric times to 1800. *Summertown*.

Novák, P. 2011: Koroze kovů. In: *Konzervování a restaurování kovů*. Brno, 136–198.

Omělka, M. – Řebounová, O. – Šlancarová, V. 2011: Špendlík – před hradbou a za hradbou. *Archaeologia historica* 36, 523–540.

Ottewilte, E. – Leroux, M. – Děd, J. 2008: Archeologické nálezy pocínovaných železných předmětů. Sborník z konference konzervátorů-restaurátorů Příbram 2008. Brno, 68–75.

Pollard, A. M. – Bray, P. 2014: Chemical and Isotopic Studies of Ancient Metals. In: B. W. Roberts, C. P. Thornton (eds.), *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses*. New York, 217–238.

Procházka, R. 1990: Kovové předměty z výbavy středověkého měšťana z výzkumu v Brně – Pekařské ulici. *Archaeologia historica* 15, 99–109.

Procházka, R. – Peška, M. – Zůbek, Z. v tisku: Non-ferrous metal production in medieval Brno. In: *Homme et travail du métal dans les villes médiévales: 35 ans après. En hommage au Professeur Paul Benoit*. Paris.

Selucká, A. – Sulovský, J. – Měchurová, Z. 2002: Analýza některých kovových nálezů ze zaniklé středověké vsi Konůvky (okr. Vyškov) aneb „Bronzové“ předměty z Konůvek trochu jinak. Acta Musei Moraviae, Scientiae sociales 87, 177–185.

Stahlschmidt, R. 1970: Das Messinggewerbe im spätmittelalterlichen Nürnberg. In: Mitteilungen des Vereins für Geschichte der Stadt Nürnberg 57, 24–149.

Šlancarová, V. 2006: Středověké prsteny z Brna. Brno v minulosti a dnes 19, 57–77.

Šlancarová, V. 2008: Nálezy středověkých prstenů z jižní Moravy. Archaeologia historica 33–1, 559–566.

Šlancarová, V. 2018: Středověký šperk. Archeologické nálezy z jižní Moravy. Katalog nálezů. Brno.

Šlancarová, V. 2019: Středověký šperk: Archeologické nálezy z jižní Moravy. Brno.

Tylecote, R. F. 2002: A History of Metallurgy. Second edition. London.

MATĚJ KMOŠEK, Archeologický ústav AV ČR, Brno, Čechyňská 363/19, 602 00 Brno; kmosek@arub.cz

RUDOLF PROCHÁZKA, Archeologický ústav AV ČR, Brno, Čechyňská 363/19, 602 00 Brno; prochazka@arub.cz

Seznam autorů

Mgr. Patrick Bárta
Archeologický ústav AV ČR, Brno
Čechyňská 363/19, 602 00 Brno
barta@arub.cz

Jindřich Figura
soukromý badatel
jf.jf@seznam.cz

Mgr. Michal Hlavica, Ph.D.
Archeologický ústav AV ČR, Brno
Čechyňská 363/19, 602 00 Brno
hlavica@arub.cz

Mgr. Petr Holub
Národní památkový ústav, Územní odborné pracoviště v Brně
náměstí Svobody 8, 601 54 Brno
holub.petr@npu.cz

Mgr. Matěj Kmošek, DiS.
Archeologický ústav AV ČR, Brno
Čechyňská 363/19, 602 00 Brno
kmošek@arub.cz

Mgr. Václav Kolařík
Archaia Brno z. ú.
Bezručova 15, 602 00 Brno
vkolarik@archaiabrno.cz

prof. PhDr. Václav Matoušek, CSc.
Fakulta humanitních studií Univerzity Karlovy
U kříže 8, 158 00 Praha 5
vaclav.matousek@fhs.cuni.cz

David Merta
davmerta@seznam.cz

Mgr. Ondřej Merta
Technické muzeum v Brně
Purkyňova 105, 61200 Brno
merta@tmbrno.cz

Ing. Pavel Peška
Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie
Lesnická a dřevařská fakulta MENDELU
Zemědělská 3, 613 00 Brno
pavel.peska1996@gmail.com

PhDr. Rudolf Procházka, CSc.
Archeologický ústav AV ČR, Brno
Čechyňská 363/19, 602 00 Brno
prochazka@arub.cz

Mgr. Lenka Sedláčková, Ph.D.
Archaia Brno z. ú.
Bezručova 15, 602 00 Brno
lsedlackova@archaiabrno.cz

Mgr. Dominik Talla, Ph.D.
Institut für Mineralogie und Kristallographie
Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie
Universität Wien
Althanstraße 14 (UZA 2), A-1090 Wien
sutrar@volny.cz

PhDr. Jiří Woitsch, Ph.D.
Etnologický ústav AV ČR, v. v. i.
Na Florenci 3, 110 00, Praha 1
woitsch@eu.cas.cz