

Obr. 1 Fotografie měděných a jiných kovových artefaktů ve staré expozici Egyptského muzea v Lipsku, z doby před druhou světovou válkou. Dole uprostřed je zrcadlo z Abúsíru (ÄMUL 2177, jedno z nejstarších známých staroegyptských zrcadel) (foto F. Koch, ÄMUL Fotothek 2130, Karton 13) / Fig. 1 A photograph of copper and other metal artefacts from an earlier exhibition of the Egyptian Museum in Leipzig from the period before the Second World War. A mirror from Abusir (ÄMUL 2177), in the middle of the lower section, is one of the earliest known ancient Egyptian mirrors (photo F. Koch, ÄMUL Fotothek 2130, Karton 13)

## Staroegyptské měděné a bronzové artefakty v Egyptském muzeu Lipské univerzity. Průběžná zpráva o projektu

*Martin Odler – Jiří Kmošek – Tereza Jamborová – Šárka Msallamová –  
Kateřina Šálková – Martina Kmoníčková*

Jedním ze zásadních problémů současné egyptské archeologie jsou ztížené možnosti exportu vzorků artefaktů z nových výzkumů a jejich analýzy v zahraničí, zejména metodami, které v současnosti nejsou v Egyptě dostupné. Proto má smysl detailně studovat předměty ve sbírkách světových muzeí mimo Egypt, pocházející ze starších archeologických výzkumů. Například nedávno ukončený velký oxfordský projekt se zabýval radiouhlíkovým datováním staroegyptských artefaktů a ekofaktů a zásadně přispěl k novému, přesnějšímu pohledu na chronologii starého Egypta (Shortland – Bronk Ramsey 2013). Přitom se na něm nepodílela žádná egyptská instituce.

### Vznik a cíle projektu<sup>1</sup>

Nastíněná situace zasahuje mnoho specializací a jednou z nich je výzkum staroegyptské těžby a zpracování kovů. V Egyptě však toto zkoumání nemůže plně využít moderních možností archeometalurgie. Ta je jedním z klíčových oborů na pomezí společenských a přírodních věd a má rozhodující úlohu pro poznání metalurgických technologických postupů v minulosti. Archeometalurgický výzkum

doplňuje možnosti tradičních archeologických přístupů (typologie, morfologie) o poznání materiálů a postupů při výrobě kovových artefaktů.

Egyptské muzeum Lipské univerzity (Ägyptisches Museum der Universität Leipzig) vlastní významnou sbírku staroegyptských artefaktů (obr. 1), která je téměř kompletně vystavena v muzeu a zároveň slouží jako studijní sbírka pro všechny tamní studenty egyptologie a externí badatele. V srpnu 2012 první autor článku zdokumentoval kresebně



a fotograficky kovové předměty z 3. tisíciletí př. Kr., nacházející se ve sbírce muzea.<sup>2</sup> V roce 2014, se souhlasem kurátora sbírky Dietricha Raueho, byla podána žádost o interdisciplinární projekt zaměřený na archeologické a archeometalurgické vyhodnocení souboru artefaktů, které buď pocházejí ze známých archeologických kontextů, nebo mají odpovídající analogie v datovaných kontextech. Dvouletý projekt byl podpořen Grantovou agenturou Univerzity Karlovy a v loňském roce i Interní grantovou agenturou Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (dále VŠCHT). Podpora obou institucí umožnila rozšířit program analýz.

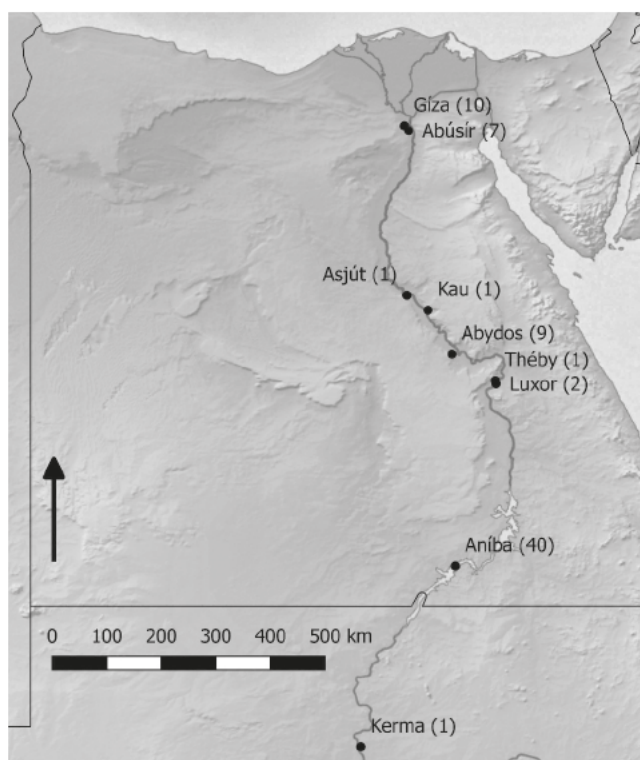
Projekt se zaměřuje na analýzu vybraného souboru předmětů z různých lokalit starověkého Egypta a Nubie, které se nacházejí ve sbírkách lipského muzea. Koordinující institucí je Český egyptologický ústav FF UK, zastoupený vedoucím projektu Martinem Odlerem. Hlavním spolupracujícím pracovištěm je VŠCHT v Praze a zastupuje ji student Jiří Kmošek. Za Egyptské muzeum Lipské univerzity se na výzkumu podílí kurátor sbírky Dietrich Raue a restaurátor Karl-Heinrich von Stülpnagel. Jedním z nejdůležitějších cílů je provedení ukázkového zpracování souboru měděných předmětů ze sbírek uvedeného muzea. Od podobných starších výzkumů se tento projekt odlišuje také důrazem na analýzu artefaktů, které pocházejí ze zdokumentovaných archeologických kontextů a jež se dají přesněji datovat.

### Egyptské muzeum Lipské univerzity

Lipská univerzita patří k nejvýznamnějším centrům egyptologického bádání v Německu a Evropě vůbec (k dějinám muzea Krauspe 1997). Nejstarší předmět ve sbírce, Hedbastiruova cedrová antropomorfní rakev, byl do sbírky univerzity zakoupen v roce 1840. Akademickou egyptologii v Lipsku založil Georg Ebers, na univerzitě působil od roku 1870. V roce 1893 jej nahradil Georg Steindorff (1861–1951), který kromě přednáškové činnosti obohatil sbírku muzea o nálezy ze svých výzkumů v Egyptě a Núbii. Muzeum bylo pro veřejnost otevřeno v roce 1916. Až do třicátých let Steindorff pravidelně pracoval v Egyptě a rozšiřoval sbírky muzea. Kvůli svému židovskému původu se však v nacistickém Německu obával o život, a proto v roce 1939 emigroval do Spojených států, kde zůstal až do své smrti. Jeden ze spojeneckých náletů na Lipsko během druhé světové války zasáhl i muzeum a velké množství předmětů bylo zničeno nebo poškozeno. Novou expozici se podařilo otevřít až v roce 1951. Od června 2010 sídlí egyptologický ústav i muzeum na Goethestraße na východním okraji historického centra města, naproti městské opeře. Sbírkou muzea patří dnes k nejrozsáhlejším v Německu a čítá více než 9 000 inventárních položek.

### Lokality se soubory kovových předmětů

Zkoumaný materiál pochází zejména z egyptských lokalit Abúsír, Abydos a Gíza a z nubijské Aníby (obr. 2). Chronologicky jsou zastoupeny Raně dynastická doba, Stará říše, 1. přechodná doba, Střední říše a Nová říše a pro Núbii také tzv. skupina C. Skupina C je archeologickou kulturou,



Obr. 2 Egyptské a nubijské lokality, z nichž pocházejí analyzované artefakty. V závorce je uveden počet předmětů (M. Odler, software QGIS, podklad Natural Earth) / Fig. 2 Egyptian and Nubian sites from which the sampled artefacts originate. The number in brackets refers to the number of objects sampled (M. Odler, software by QGIS, map by Natural Earth)

kteřá odráží vývoj dolnonubijské společnosti zhruba od Staré říše do 2. přechodné doby. Ze severu byla tato skupina ovlivněna a někdy i ovládána Egypťany, z jihu naopak souběžně se rozvíjející kermskou kulturou (Bietak 1968). Soubor představuje průřez více než jedním a půl tisícem let dějin staroegyptské metalurgie. Nejdůležitější studijní materiál pochází ze Steindorffových archeologických výzkumů.

V letech 1903, 1905 a 1906 pracoval Steindorff na pohřebišti úředníků 5. a 6. dynastie v Gíze, na tzv. Západním hřbitově u Chufuovy pyramidy (Steindorff – Hölscher 1991; Spiekermann – Kampp-Seyfried 2003; Lembke – Schmitz 2011; Spiekermann 2011). V některých hrobkách se nacházely nevykradené pohřební komory s kompletní pohřební výbavou včetně měděných modelů nástrojů, nádob a šperků. Část z nich se dostala do Lipska, druhá polovina do muzea v Hildesheimu, odkud pocházel sponzor vykopávek. Muzeum v Lipsku díky Steindorffovi vlastní jeden z nejpůsobivějších souborů umění Staré říše v Evropě. Z celkem deseti gízských artefaktů bylo odebráno patnáct vzorků.

Lokalitu Abúsír není potřeba zvlášť představovat. Je však nutné připomenout, že dnes je známá především díky práci české expedice, přestože před stoletím byla považována za lokalitu německou. V letech 1909 a 1910 Steindorff zkoumal zádušní chrám pyramidy panovníka Rachefa v Gíze. U překupníků v Abúsíru se objevily zajímavé soubory kamenných nádob z Raně dynastické doby, které musely pocházet z nelegálních vykopávek. Místo původu bylo identifikováno v jihozápadní části Abúsíru, kde poté,

v roce 1910, vedl Steindorff záchranný výzkum. Ten později publikoval Hans Bonnet (1928), a proto se pohřebiště v literatuře nazývá „Bonnetovo“. V hrobkách z 1. a 2. dynastie se našlo několik předmětů ze slitin mědi, např. jedno z nejstarších zrcadel známých ze starověkého Egypta (ĀMUL 2177). Zrcadlo a mnoho dalších nálezů však bylo zničeno při spojeneckém náletu a dnes jsou z něj zachovány jen fragmenty. Současnému zpracování materiálu z pohřebiště se věnoval německý egyptolog Dirk Blaschka (2006, 2011). Na Bonnetově pohřebišti se našlo i několik hrobů z Nové říše, jeden z nich obsahoval zrcadlo s rukojetí ve tvaru nahé dívky (ĀMUL 2178). Z abúsirského souboru v Lipsku bylo odebráno jedenáct vzorků ze sedmi artefaktů.

V roce 1911 udělal Steindorff překvapivý krok. Svou koncesi v Gíze vyměnil se zástupcem vídeňské egyptologie Hermannem Junkerem za koncesi Rakouské akademie věd v Núbii na lokalitě Aníba, zvané ve starověku Miam. Steindorff v Aníbě pracoval v sezónách 1912, 1914 a 1930/1931. Výsledky výzkumů publikoval v dvousvazkové monografii (Steindorff 1935–1937), která v mnoha ohledech dodnes splňuje nároky kladené na publikace archeologických výzkumů v Egyptě a Súdánu. Podle hypotézy Davida O’Connora (1993: 33–36) měla být Aníba střediskem kultury skupiny C pro celou Núbii. Pohřby na této lokalitě začínají v době současné s egyptskou Starou říší (Glück 2005: 149). Po dobytí Dolní Núbie v době Střední říše se Aníba stala součástí egyptského státu. Po pádu Střední říše v 2. přechodném období byla pravděpodobně samostatná a osídlená lidmi skupiny C. V Nové říši byl Miam sídelním městem zástupce núbijského místokrále pro Dolní Núbii (Müller 2013: 91) a centrem zpracování dolnonúbijského zlata, importovaného z Núbie do Egypta (Vercoutter 1959: 146–148). V 19.–20. dynastii byl navíc Miam sídlem núbijského oddělení pokladnice, úřadu, který měl za úlohu shromažďování a kontrolu surovin (Müller 2013: 55–57).

Kovové nálezy ve sbírce lipského muzea pocházejí ze dvou pohřebišť. Starším je tzv. pohřebiště N, které náleželo núbijské skupině C. Steindorff zde prozkoumal 961 mohyl a hrobů. Jedná se tedy o největší známé pohřebiště této kultury vůbec. Všechny kovové předměty z prostředí skupiny C jsou považovány za importy z Egypta (Hafsaas-Tsakos 2010), tato hypotéza však dosud nebyla ověřena přímo na materiálu. V Nové říši byli na tzv. pohřebišti S pohřbíváni příslušníci staroegyptské vládnoucí elity. Steindorff prozkoumal 118 hrobek a hrobů, mnoho z nich patřilo úředníkům, podílejícím se na zpracování zlata. Ze souboru z Aníby bylo odebráno padesát jedna vzorků ze čtyřiceti artefaktů.

Steindorff do muzea dokupoval i nálezy z jiných výzkumů, aby zaplnil mezery ve studijní sbírce. Co se týče kovových artefaktů, nejvýznamnějším příspěvkem je kolekce z hrobky posledního krále 2. dynastie Chasechemueje v Abydu (Kuhn 2011). William Matthew Flinders Petrie objevil v jedné z místností hrobky zřícenou zeď a pod ní depot nádob a modelů nástrojů ze slitin mědi se stovkami jednotlivých kusů (Petrie 1901: 28, Pl. XI:A). Když rozdělával nálezy ze svých výzkumů, předměty se dostaly do mnoha světových muzeí, od Toronta až po Káhiru. Soubor v Lipsku obsahuje několik modelů nástrojů – z devíti z nich

byly odebrány vzorky na analýzy. Sbíрка lipského muzea obsahuje i některé objekty zakoupené Steindorffem v Egyptě bez bližších údajů o původu, které jsou však nepochybně staroegyptské. Archeometalurgické analýzy celkem devatenácti vzorků mohou pomoci v jejich přesnějším datování.

### Metodika přírodovědného průzkumu artefaktů

Materiálový průzkum historických předmětů je zaměřen zejména na určení chemického a fázového složení použitých materiálů, technologických postupů výroby a mechanických vlastností artefaktů, korozních produktů a procesu korozního poškození, místa původu surovin použitých pro výrobu předmětů a v neposlední řadě i na studium doprovodných materiálů a jejich bližší identifikaci (např. pozůstatky organických materiálů). Postupy běžně využívané v archeometrii při studiu historických předmětů lze obecně rozlišovat podle charakteru dané analytické metody (metody organické a anorganické analýzy, metody s obrazovým výstupem atd.) nebo podle způsobu získání analytické informace ve vztahu k předmětu (metody destruktivní nebo nedestruktivní: Leng 2008; Roberts – Thornton 2015). Vybrané objekty byly v prvním kroku zrentgenovány za účelem získání informace o přítomnosti nebo nepřítomnosti původního kovového jádra. Po zhodnocení mechanického stavu jednotlivých artefaktů bylo odebráno nezbytné množství vzorků kovových i doprovodných materiálů pro další analytické zpracování. Z celého souboru zkoumaných předmětů bylo provedeno vzorkování metodou odvrtní kovových pilin nebo špon v množství 60–100 mg, a to ocelovým vrtáčkem o průměru 1,2 mm s povrchem opatřeným vrstvičkou nitridu titanu. Tyto vzorky jsou určeny pro rentgenovou fluorescenční, neutronovou aktivační a izotopovou analýzu. Ze souboru vybraných 30 předmětů byly odebrány i vzorky o velikosti přibližně 1 × 2 × 2 mm pro metalografickou a rentgenovou difrakční analýzu.

Mezi nedestruktivní metody použité při průzkumu souboru předmětů patří rentgenografie a počítačová tomografie, jimiž byly zkoumány skryté vady, technologické a konstrukční detaily a mechanický stav vybraných předmětů. Výstupem z tohoto průzkumu jsou plošné 2D a prostorové 3D digitální vizualizace předmětů nebo jejich detailů. Radiografický a tomografický průzkum byl zajišťován ve spolupráci s Ústavem pro mineralogii, krystalografii a materiálovou vědu Lipské univerzity (Institut für Mineralogie, Kristallographie und Materialwissenschaft). Při studiu mikrostruktur vybraných předmětů byla využita metalografická metoda v kombinaci s různými mikroskopickými technikami (optická a elektronová mikroskopie). Vyhodnocením metalografických nábrusů je možné získat informace o mikrostruktuře dané slitiny, o přítomných kovových i nekovových fázích a o nehomogenitách, sloužících pro interpretaci procesu výroby, korozního vlivu prostředí a způsobu tepelného a mechanického zpracování artefaktů. Metalografický průzkum byl doplněn o mikroindentační zkoušky, jimiž byly určovány mechanické vlastnosti – mikrotvrdost předmětů. Výše uvedené průzkumy metalografických vzorků byly doplněny i o analýzy chemického složení a detailní obrazovou dokumentací metodou



předmět	analýza	Cu	Sn	As	Pb	Ni	Fe	S	Se	Te
ĀMUL 2162	základní materiál	92,2	0,0	1,2	0,0	5,6	1,0	0,0	0,0	0,0
ĀMUL 2162	nekovová fáze	85,5	0,0	0,6	0,0	2,3	0,8	9,6	1,2	0,0
ĀMUL 2169	základní materiál	97,2	0,0	2,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
ĀMUL 2169	kovová fáze	77,6	0,0	1,8	14,1	0,0	0,3	1,0	3,9	1,3
ĀMUL 3952	základní materiál	98,4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0
ĀMUL 4647	základní materiál	94,7	1,0	3,3	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0
ĀMUL 2153	základní materiál	90,7	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Tab. 1** Chemické složení základního kovu a mikrostrukturních fází vybraných artefaktů analyzovaných metodou SEM/EDS. Průměrováno z celkem tří měření, hmotnostní procenta / **Tab. 1** The chemical composition of the base metal and microstructural phases of the sampled artefacts, analysed by SEM/EDS, the mean of three measurements, weight percentage

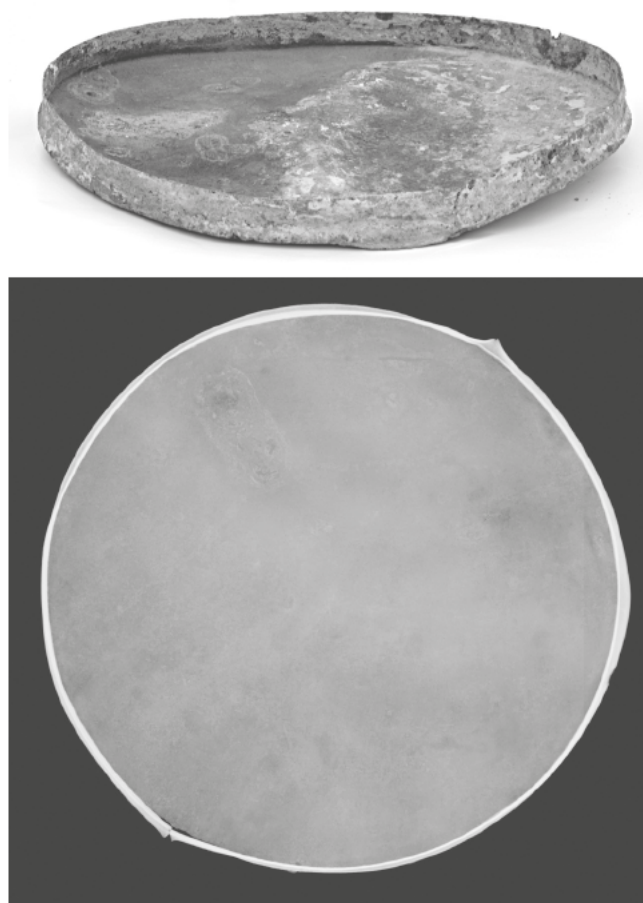
elektronové mikroskopie s energiově-disperzním analyzátozem. Tento typ analýzy se soustředil na identifikaci chemického složení přítomných strukturních fází a složek a na pořízení jejich obrazové dokumentace při násobném zvětšení. Identifikace vzorků korozních produktů odebraných z povrchu předmětů byla provedena rentgenovou difrakční analýzou. Tento typ semikvantitativní analýzy poskytuje informaci o fázovém složení krystalických materiálů. Z toho důvodu byla tato metoda využita při určení mechanismu korozního poškození vybraných nálezů v závislosti na různém prostředí jejich dlouhodobého uložení. Rentgenovou difrakční analýzou byl zároveň analyzován i keramický materiál odlévacích forem a konstrukčních doplňků některých předmětů.

### Předběžné výsledky průzkumu vybraných předmětů

V tuto chvíli jsou dostupné výsledky metalografického průzkumu, rentgenové difrakční analýzy, elektronové mikroskopie a vizualizace artefaktů radiografií a počítačovou tomografií. V této zprávě budou detailně prezentovány pouze výsledky materiálových průzkumů vybraných předmětů z jednotlivých období, zastoupených v souboru (tab. 1). Můžeme tak pozorovat postupný vývoj staroegyptské metalurgie od používání čisté mědi s příměsemi přes arsenovou měď a rozšíření cínového bronzu až k případům ojedinělých importů suroviny nebo hotových předmětů na území Egypta.

Jedním z nejstarších předmětů je raně dynastická nádoba (ĀMUL 2162), nalezená v šachtové hrobce 9B-2 na tzv. Bonnetově pohřebišti v jihovýchodní části Abúsíru (obr. 3). Měla ploché dno a přímý okraj (průměr 24,5 cm, výška 3,3 cm, hmotnost 430,7 g) a údajně byla objevena jako víko jiné nádoby (Bonnet 1928: 48, Taf. 32: 4; Radwan 1983: 7). Nádobu lze datovat do 1. dynastie. Je jedním z nejmladších zástupců svého typu, většina ostatních analogických nádob je datována už do nakádské kultury (lokality Abúsír el-Melek, Gerza: Radwan 1983: 3–4, Taf. 1: 4, 5, 6). Podobné nádoby z 1. dynastie mají spíše vypouklé dno a byly nalezeny v Sakkáře, na vápencové plošině, pod níž se Bonnetovo pohřebiště nachází (Radwan 1983: 8–9, Taf. 1: 15; Taf. 4: 25). Abúsírská nádoba vyniká velikostí a na své stáří skvělým stavem zachování kovového jádra. Její hodnota pro poznání staroegyptských dějin ještě vzrostla chemickou analýzou.

Výsledky analýz chemického složení ukázaly,<sup>3</sup> že nádoba je zhotovena ze slitiny mědi, obsahující 5,6 % niklu, 1,2 % arsenu a 1 % železa. Ve vnitřní struktuře materiálu jsou přítomné nekovové vměstky na bázi sulfidů mědi a obsahují měď, síru, nikl, arsen, železo a selen. Mikrostruktura předmětu je tvořena plně rekrystalizovanými zrny tuhého roztoku mědi a niklu a nacházejí se v ní i sulfidické vměstky deformované v důsledku mechanického tváření při výrobě předmětu. Překvapivé zjištění vysokého obsahu niklu, který je pro toto období a Egypt



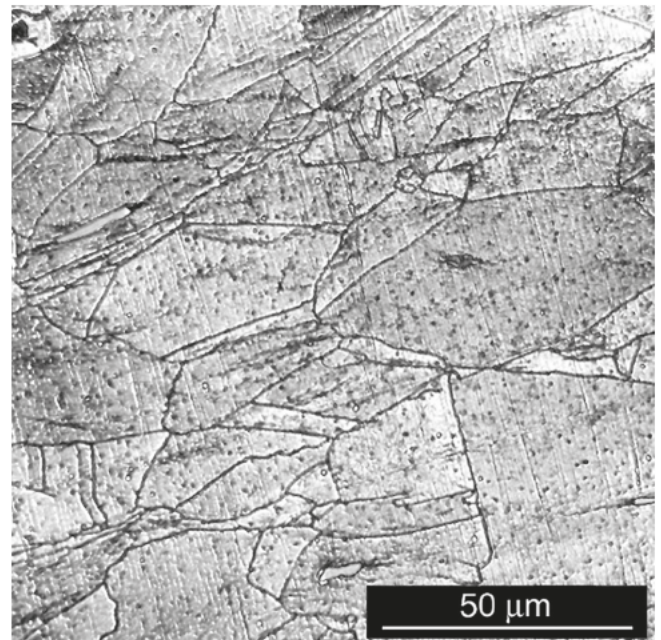
**Obr. 3** Nádoba z Abúsíru (ĀMUL 2162) na digitální fotografii a snímku z radiografie (foto J. Kmošek, rentgenový snímek J. Kmošek, A. König) / **Fig. 3** A vessel from Abusir (ĀMUL 2162), photograph and X-ray image (photo J. Kmošek, X-ray image J. Kmošek, A. König)



Obr. 4 Nádoba z Gízy (ĀMUL 2169) na digitální fotografii a snímku z radiografie (foto J. Kmošek, rentgenový snímek J. Kmošek, A. König) / Fig. 4 A vessel from Giza (ĀMUL 2169), photograph and X-ray image (photo J. Kmošek, X-ray image J. Kmošek, A. König)

unikátní, by mohl indikovat vzdálený zdroj kovové suroviny, pravděpodobně z oblasti Anatólie.<sup>4</sup> Měděné rudy s arsenem a niklem se však vyskytují v ofiolitovém komplexu i na Kypru, v Ománu a v pásu od východní Anatólie až po Írán (Hauptmann – Schmitt-Strecker – Begemann 2011: 73–74). Přesnější geografické zařazení původu předmětu bude možné až po provedení zbývajících analýz v tomto roce.

Zástupcem Staré říše a 1. přechodného období je nádoba z Gízy (ĀMUL 2169). Ploché dno a rozšiřující se stěny nádoby jsou pro tehdejší dobu typické, vzácný je zploštělý okraj a zcela unikátní je pro Starou říši tordovaná rukojeť (obr. 4). Podobný typ nádoby byl zobrazen v hrobce v Sakkáře, která patřila Kaemrehuovi a je datována do 2. poloviny 5. dynastie. Objevila se na reliéfu mezi výrobky kovotepecké dílny (Mogensen 1921: Fig. 41) a je zhotovena ze slitiny arsenové mědi a obsahuje 2,5 % arsenu a 0,2 % železa. V mikrostruktuře materiálu se nacházejí částice vyredukovaného olova, doprovázené menším množstvím arsenu, železa, síry a překvapivě i selenu a telluru.<sup>5</sup> Mikrostruktura nádoby je tvořena plně rekrystalizovanými zrny tuhého roztoku mědi a arsenu s žhacími



Obr. 5 Mikrostruktura nádoby z Gízy (ĀMUL 2169) – rekrystalizovaná a lehce tvářená struktura s protaženými nekovovými vměstky (foto K. Šálková) / Fig. 5 The microstructure of a vessel from Giza (ĀMUL 2169) – recrystallized and lightly shaped structure with elongated non-metal inclusions (photo K. Šálková)

dvojčaty, vyskytují se zde i částice olova a sulfidické vměstky na hranicích zrn (obr. 5). Arsen přítomný ve slitinách mědi v koncentracích vyšších než jedno hmotnostní (hm.) procento je všeobecně považován za důsledek záměrného použití měděných rud s vysokým obsahem arsenu nebo kombinace vyredukovaného arsenu a měděných rud (Lechtman – Klein 1999). Slitina mědi a arsenu – arsenová měď byla používána od nakádké kultury až do 2. přechodného období, od Střední říše byla poté arsenová měď postupně nahrazována slitinami cínového bronzu (McKerrell 1993; Philip 2006: 212). Průměrné koncentrace arsenu ve slitinách arsenových mědí egyptských artefaktů se pohybovaly v rozmezí 2–3 hm. % a od Střední říše postupně klesaly (Cowell 1986: 99).

Střední říši reprezentuje čepel sekerky se dvěma výčnělky na týlu a prolamovanou výzdobou ve tvaru kachny (ĀMUL 3952) (obr. 6). Čepel byla vyrobena ze slitiny mědi, obsahující 0,7 % arsenu, 0,6 % železa a 0,3 % síry.<sup>6</sup> Mikrostruktura kovu vykazuje plně rekrystalizovaná zrna tuhého roztoku mědi a mírně deformované sulfidické vměstky. Při výrobě čepelky byla zkombinována technologie odlévání a následného mechanického zpracování a rekrystalizačního žhání ze slitiny mědi, obsahující malé množství arsenu. Výsledná mikrotvrdość slitiny vykazuje s ohledem na nízké koncentrace arsenu a rekrystalizovaný stav materiálu hodnoty kolem 83 HV. Takto nízké hodnoty tvrdosti materiálu znemožňují reálné využití sekerky při pracovních mechanických operacích a řadí předmět spíše do skupiny modelů nástrojů.

Núbijskou C skupinu zastupuje pinzeta z mohyly N 83 (ĀMUL 4647) (obr. 7–8). Byla zhotovena ze slitiny arsenové mědi, která obsahuje 3,3 % arsenu, 1,0 % cínu, 0,9 % železa a 0,2 % síry. Z pohledu chemického složení je v této slitině překvapivý obsah cínu na hranici koncentrace



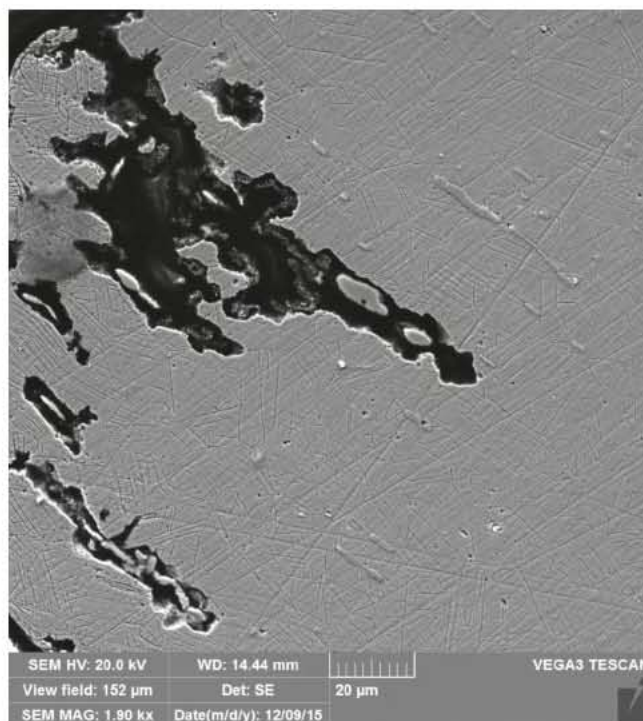


Obr. 6 Čepel sekerky se dvěma výčnělky na týlu a prolamovanou výzdobou ve tvaru kachny (ĀMUL 3952) na digitální fotografii a snímku z radiografie (foto J. Kmošek, rentgenový snímek J. Kmošek, A. König) / Fig. 6 An axe-blade with two lugs and openwork decoration in the shape of a duck (ĀMUL 3952), photograph and X-ray image (photo J. Kmošek, X-ray image J. Kmošek, A. König)

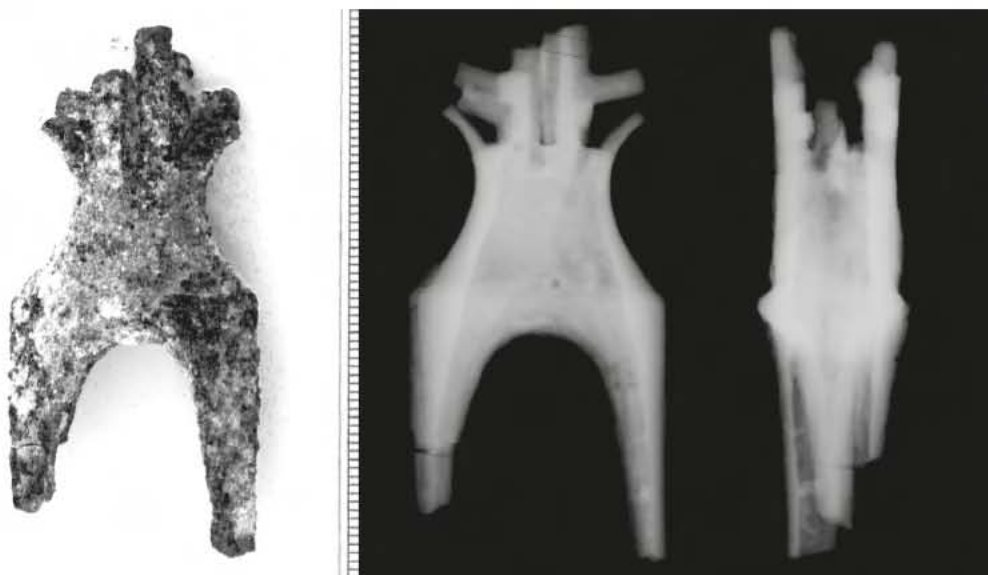
příměsí a záměrného přídavku. Bližší určení původu cínu ve slitině bude možné až po vyhodnocení celého analyzovaného souboru. Mikrostruktura pinzety vykazuje deformační strukturu zrn tuhého roztoku mědi s kluznými

liniemi. Ty poukazují na intenzivní tváření materiálu bez dalšího tepelného zpracování. Mikrotvrdość kovu výrazně kolísá v hodnotách kolem 151 HV a umožňuje reálné použití předmětu pro zamýšlený účel.

Obr. 7 Pinzeta z Aníby (ĀMUL 4647) (foto J. Kmošek) / Fig. 7 Tweezers from Aniba (ĀMUL 4647) (photo J. Kmošek)

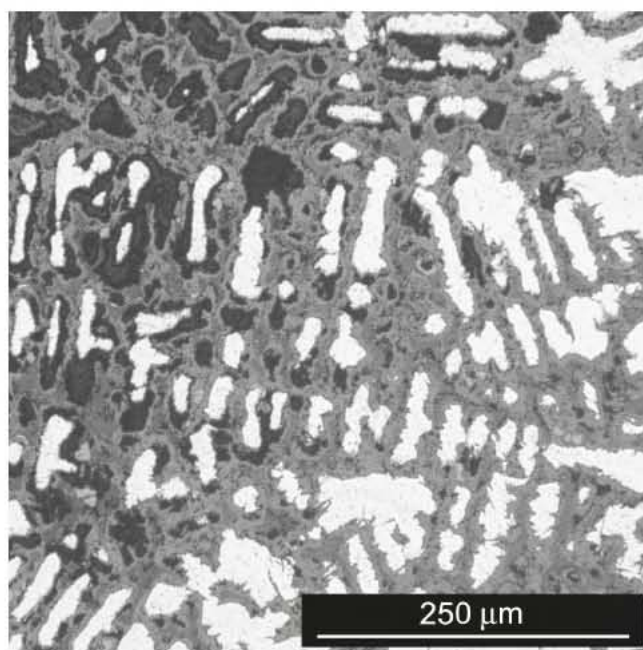


Obr. 8 Mikrostruktura pinzety z Aníby (ĀMUL 4647) – rekrytalizovaná struktura s výrazně protaženými nekovovými vměstky a korozním poškozením při povrchu vzorku (foto T. Jamborová) / Fig. 8 The microstructure of the tweezers from Aniba (ĀMUL 4647) – recrystallized structure with elongated non-metal inclusions and corrosion damage near the surface of the sample (photo T. Jamborová)



Obr. 9 Střední část dýky z Aníby (ĀMUL 2153) na digitální fotografii a snímku z radiografie (foto J. Kmošek, rentgenový snímek J. Kmošek, A. König) / Fig. 9 The middle part of a dagger from Aniba (ĀMUL 2153), photograph and X-ray image (photo J. Kmošek, X-ray image J. Kmošek, A. König)

Střední část dýky (ĀMUL 2153) byla nalezena v částečně vykradené šachtové hrobce S 53 na novoříšském pohřebišti v Anibě. Steindorff (1937: 179–180) hrobku na základě nalezených skarabů a keramiky datoval na počátek 18. dynastie (obr. 9). Dýce (délka 6,2 cm, šířka 2,8 cm, hmotnost 37,0 g) chybí ve vrchní části rukojeť a do spodní části byla původně vsazena čepel. Předmět patří do tzv. varianty III.5.c.a, definované Susanne Petschelovou (2011: 132–139). Tento podtyp se vyskytoval od pozdní Střední říše, jeho nejstarší příklad byl objeven v pyramidě Senusreta III. Je však typický zejména pro 2. přechodnou dobu. Fragment z Aníby je jeho nejmladším zdokumentovaným zástupcem. Střední část dýky byla vyrobena ze slitiny cínového bronzu, obsahující 9,3 % cínu. Vzorek kovu je tvořen výrazně zkorodovanou dendritickou strukturou, v mezidendritických prostorech se vyskytují chloridové ionty (obr. 10). Chloridové anionty mohly být příčinou korozního poškození kovové matrice zkoumaného vzorku. Předmět byl vyroben technologií odlévání na ztracenou formu a nebyl již výrazně tepelně ani mechanicky upravován.



Obr. 10 Mikrostruktura střední části dýky z Aníby (ĀMUL 2153) – dendritická litá struktura s mezidendritickými prostory vyplněnými korozními produkty (foto M. Kmoníčková) / Fig. 10 The microstructure of the middle part of a dagger from Aniba (ĀMUL 2153) – dendritic cast structure with inter-dendritic space filled with corrosion products (photo M. Kmoníčková)

## Pokračování projektu

V prosinci roku 2015 byla v Lipsku otevřena výstava „Gegossene Götter“ (Odlévání bohové). Zaměřila se především na nové poznatky o metalurgických postupech při odlévání bronzových sošek staroegyptských bohů v 1. tisíciletí př. Kr. Předběžné výsledky projektu byly zpřístupněny v katalogu (Fitzenreiter *et al.* 2014). Na výstavě jsou zároveň prezentovány první výsledky projektu GA UK ve formě posterů.

Práškové vzorky kovového materiálu ze všech předmětů zkoumaného souboru byly nedávno analyzovány rentgenovou fluorescenční analýzou za účelem určení základního chemického složení historického kovu nebo slitiny. Jejím výsledkem bude elementární složení těžších prvků přítomných ve slitině, s citlivostí v desetinách až setinách procenta. Výsledky chemického složení budou po detailním vyhodnocení u všech předmětů zpřesněny pomocí neutronové aktivační analýzy. Jejím cílem bude

určení přesného chemického složení vybraných předmětů; velký důraz bude kladen na identifikaci přítomných příměsových a stopových prvků, jež by mohla napomoci při posuzování rozdílné provenience některých předmětů. Neutronová aktivační a rentgenová fluorescenční analýza je zajišťována ve spolupráci s Ústavem jaderné fyziky Akademie věd České republiky, ostatní analýzy jsou prováděny v Ústavu kovových materiálů a korozního inženýrství a v Centrálních laboratořích VŠCHT v Praze. Dalším krokem, který bude následovat po detailním vyhodnocení získaných analytických dat pomocí nejrůznějších statistických metod, budou izotopové analýzy užšího souboru předmětů. Metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně



vázaným plazmatem budou určeny poměry různých izotopů olova a jejich následné porovnání se standardy napomůže určit původ ložisek měděných rud, z nichž byly předměty vyrobeny.

Průběžné výsledky projektu byly po zpracování a vyhodnocení v tomto roce představeny v dubnu na Mezinárodním kongresu archeologie Předního východu ve Vídni (ICAANE 2016) a v květnu na Mezinárodním archeometrickém sympoziu v Řecku (ISA 2016). V Řecku obdržel poster v rámci soutěže studentských posterů čestné uznání od americké Společnosti pro archeologické vědy (Kmošek – Odler *et al.* 2016).

Laboratorní zázemí pražských archeologických kateder se nemůže rovnat tomu, které mají k dispozici některé katedry jinde v České republice, a už vůbec ne v zahraničí, např. ve Vídni. Spoluprací několika institucí se tyto nevýhody dají odstranit. Díky ochotě zástupců Egyptského muzea v Lipsku nabyt projekt mezinárodní rozměr, a jeho výsledky tedy budou mít mezinárodní dosah. Jedním z cílů projektu je publikace výsledků v některém z impaktovaných archeologických časopisů, což pro české archeologické projekty srovnatelného charakteru stále ještě není pravidlem. V projektu jsou používány metody, které snad někdy bude možné komplexně uplatnit i na artefakty nově objevené v Egyptě.

#### Poznámky:

- Článek vznikl s podporou Grantové agentury Univerzity Karlovy v rámci projektu GA UK č. 38715 a s podporou specifického vysokoškolského výzkumu (MŠMT c. 20/2015) v rámci projektu Interní grantové agentury VŠCHT c. 10681501. Autoři Martin Odler a Jiří Kmošek přispěli k textu stejnou měrou a jsou hlavními autory studie.
- Publikace artefaktů je součástí monografie o nástrojích a modelech nástrojů (Odler *et al.*, v tisku).
- Určení chemického složení artefaktů bylo provedeno z metalografických výbrusů na skenovacím elektronovém mikroskopu Tescan Vega 3 s EDS analyzátozem Oxford Instruments INCA 350 (SEM/EDS). Vyhodnocení metalografických struktur bylo provedeno na optickém metalografickém mikroskopu Olympus PME 3.
- V současné literatuře je původ suroviny s vyšším obsahem niklu a arsenu předpokládán v Anatólii (Abdel-Montelib *et al.* 2012: 48–49).
- Společný výskyt selenu a telluru v sulfidických vměstcích, jež se nacházejí ve slitinách mědi, je dáván do souvislosti s ložisky měděných sulfidických rud. Poměr koncentrací selenu a telluru se zdá být charakteristický pro rozdílná ložiska rud a všeobecně se předpokládá, že vyšší koncentrace těchto prvků se objevují spíše ve vyvěřelých než v sedimentárních ložiscích měděných rud (Rehren – Northover 1990: 222).
- Vyšší koncentrace železa ve slitinách mědi poukazují na použití jednoduchých redukčních procesů, protože při využití základních rafinačních procesů nebo opakovaném přetavování mědi za určitých podmínek dochází ke snižování obsahu železa a dalších nestálých příměsových prvků (Craddock – Meeks 1987: 193).

#### Literatura:

Abdel-Montelib, Ali – Bode, Michael – Hartmann, Rita – Hartung, Ulrich – Hauptmann, Andreas – Pfeiffer, Kristina

- 2012 „Archaeometallurgical expeditions to the Sinai Peninsula and the Eastern Desert of Egypt (2006, 2008)“, *Metalla* 19, s. 3–59.
- Bietak, Manfred  
1968 *Studien zur Chronologie der nubischen C-Gruppe. Ein Beitrag zur Frühgeschichte Unternubiens zwischen 2200 und 1550 v. Chr.*, Wien: Hermann Böhlau Nachf. [Österreichische Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-historische Klasse. Denkschriften 97. Berichte des Österreichischen Nationalkomitees der UNESCO-Aktion für die Rettung der Nubischen Altertümer V.]
- Blaschta, Dirk  
2006 „The Early Dynastic necropolis at South Abusir“, in: Benešová, Hana – Vlčková, Petra (eds.). *Abúsír. Tajemství pouště a pyramid / Abusir. Secrets of the Desert and the Pyramids*, Praha: Národní muzeum, s. 60–79.
- 2011 „Aufgestöbert: eine Leipziger Ausgrabung auf dem frühdynastischen Gräberfeld von Abusir aus dem Jahre 1910“, in: Morenz, Ludwig D. – Kuhn, Robert (eds.). *Vorspann oder formative Phase? Ägypten und der Vordere Orient 3500–2700 v. Chr.*, Wiesbaden: Harrassowitz, s. 83–108.
- Bonnet, Hans  
1928 *Ein frühgeschichtliches Gräberfeld bei Abusir*, Leipzig: Hinrichs [Veröffentlichungen der Ernst von Sieglin Expedition in Ägypten 4].
- Cowell, Michael R.  
1986 „Report on the analyses of some Egyptian material“, in: Davies, William Vivian (ed.). *Catalogue of Egyptian Antiquities in the British Museum, Vol. 7 (Axes)*, London: the British Museum, s. 96–118.
- Craddock, Paul T. – Meeks, Nigel D.  
1987 „Iron in ancient copper“, *Archaeometry* 29, s. 187–204.
- Fitzenreiter, Martin – Loeben, Christian E. – Raue, Dietrich – Wallenstein, Uta (eds.)  
2014 *Gegossene Götter: Metallhandwerk und Massenproduktion im alten Ägypten*, Rahden/Westfalen: Verlag Marie Leidorf.
- Glück, Birgit  
2005 „Zur Frage der Datierung der frühen C-Gruppe in Unternubien“, *Ägypten und Levante* 15, s. 131–151.
- Hafsaas-Tsakos, Henriette  
2010 „Between Kush and Egypt: the C-Group people of Lower Nubia during the Middle Kingdom and Second Intermediate Period“, in: Godlewski, Włodzimierz – Łajtar, Adam (eds.). *Between the Cataracts: Proceedings of the 11<sup>th</sup> Conference for Nubian Studies, Warsaw University, 27 August – 2 September 2006. Part two: Session Papers 2*, Warsaw: Warsaw University Press, s. 389–396.
- Hauptmann, Andreas – Schmitt-Strecker, Sigrid – Begemann, Friedrich  
2011 „Bronze Age Kfar Monash. Palestine – A Chemical and Lead Isotope Study into the Provenance of its Copper“, *Paléorient* 37, s. 65–78.
- Kmošek, Jiří – Odler, Martin – Jamborová, Tereza – Šálková, Kateřina – Kmoníčková, Martina – Msallamová, Šárka  
2016 „Diachronic changes of ancient Egyptian and Nubian metallurgy. Case study of material from the Egyptian Museum of Leipzig University“ (posterová prezentace na 41<sup>st</sup> International Symposium on Archaeometry, Kalamata (Řecko), [https://www.academia.edu/25587015/Diachronic\\_changes\\_of\\_ancient\\_Egyptian\\_and\\_Nubian\\_metallurgy\\_-\\_Case\\_study\\_of\\_material\\_from\\_the\\_Egyptian\\_Museum\\_of\\_Leipzig\\_University](https://www.academia.edu/25587015/Diachronic_changes_of_ancient_Egyptian_and_Nubian_metallurgy_-_Case_study_of_material_from_the_Egyptian_Museum_of_Leipzig_University)).
- Krauspe, Renate (ed.)  
1997 *Das Ägyptische Museum der Universität Leipzig*, Mainz: Philipp von Zabern [Zaberns Bildbände zur Archäologie. Sonderhefte der Antiken Welt].



- Kuhn, Robert  
2011 „Überlegungen zu Modellwerkzeugen im Grabinventar frühzeitlicher Bestattungen anhand einiger Beispiele aus dem Ägyptischen Museum der Universität Leipzig – Georg Steindorff“, *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Abteilung Kairo* 67, s. 111–124.
- Lechtmann, Heather – Klein, Sabine  
1999 „The production of copper-arsenic alloys (arsenic bronze) by cosmelting: modern experiment, ancient practice“, *Journal of Archaeological Science* 26, s. 497–526.
- Lembke, Katja – Schmitz, Bettina (eds.)  
2011 *Giza. Am Fuß der großen Pyramiden. Katalog zur Sonderausstellung*, München: Hirmer.
- Leng, Yang  
2008 *Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods*, Singapore: John Wiley & Sons.
- McKerrell, Hugh  
1993 „Results of radio-isotope non-dispersive X-ray fluorescence analysis of predynastic Egyptian copper“, in: Crowfoot Payne, J. *Catalogue of the Predynastic Collection in the Ashmolean Museum*, Oxford: Clarendon Press, s. 256.
- Mogensen, Maria  
1921 *Le mastaba égyptien de la Glyptothèque Ny Carlsberg*, Copenhagen: Gyldendalske Boghandel – Nordisk Forlag.
- Müller, Ingeborg  
2013 *Die Verwaltung Nubiens im Neuen Reich*, Wiesbaden: Harrassowitz [Meroitica. Schriften zur altsudanesischen Geschichte und Archäologie 18].
- O'Connor, David  
1993 *Ancient Nubia: Egypt's Rival in Africa*, Philadelphia: The University Museum, University of Pennsylvania.
- Odler, Martin – Kmošek, Jiří – Dupej, Ján – Jirásková, Lucie – Arias Kytarová, Katarína – Dulíková, Veronika – Jamborová, Tereza – Msallamová, Šárka – Šálková, Kateřina – Kmoníčková, Martina  
*v tisku Old Kingdom copper tools and model tools*, Oxford: Archaeopress.
- Petrie, William Matthew Flinders  
1901 *The royal tombs of the First Dynasty II*, London: Egypt Exploration Fund – Kegan Paul, Trench, Trübner & Co. [Memoir of the Egypt Exploration Fund 21].
- Petschel, Susanne  
2011 *Den Dolch betreffend: Typologie der Stichwaffen in Ägypten von der prädynastischen Zeit bis zur 3. Zwischenzeit*, Wiesbaden: Harrassowitz [Philippika 36].
- Philip, Graham  
2006 *Tell el-Dab'a XV. Metalwork and Metalworking Evidence of the Late Middle Kingdom and the Second Intermediate Period*, Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften [Untersuchungen der Zweigstelle Kairo des Österreichischen Archäologischen Institutes 26. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Denkschriften der Gesamtakademie 36].
- Radwan, Ali  
1983 *Die Kupfer- und Bronzegefäße Ägyptens (von den Anfängen bis zum Beginn der Spätzeit)*, München: C. H. Beck [Prähistorische Bronzefunde Abteilung II/2].
- Rehren, Thilo – Northover, John P.  
1990 „Selenium and tellurium in ancient copper ingots“, in: Wagner, G. A. – Pernicka, Ernst (eds.). *Proceedings of the 27th International Symposium on Archaeometry, 2nd – 6th April 1990, Heidelberg*, Basel: Birkhauser, s. 221–228.
- Roberts, Benjamin W. – Thornton, Christopher (eds.)  
2015 *Archaeometallurgy in Global Perspective 2014: Methods and Syntheses*, New York: Springer-Verlag.
- Shortland, Andrew J. – Bronk Ramsey, Christopher (eds.)  
2013 *Radiocarbon and the Chronologies of Ancient Egypt*, Oxford: Oxbow Books.
- Spiekermann, Antje  
2011 „Forschungen auf dem Giza-Plateau: Georg Steindorff und die frühen Grabungsjahre“, in: Lembke, Katja – Schmitz, Bettina (eds.). *Giza. Am Fuß der großen Pyramiden. Katalog zur Sonderausstellung*, München: Hirmer, s. 36–55.
- Spiekermann, Antje – Kampp-Seyfried, Friederike  
2003 *Giza: Ausgrabungen im Friedhof der Cheopspyramide von Georg Steindorff*, Leipzig: Ägyptisches Museum [Kleine Schriften des Ägyptischen Museums der Universität Leipzig 6].
- Steindorff, Georg  
1935–1937 *Aniba I–II*, Glückstadt – Hamburg: Augustin.
- Steindorff, Georg – Hölscher, Uvo  
1991 *Die Mastabas westlich der Cheopspyramide nach den Ergebnissen der in den Jahren 1903–1907 im Auftrag der Universität Leipzig und des Hildesheimer Pelizaeus-Museums unternommenen Grabungen in Giza. Teil I: Text. Teil II: Tafeln* (Edited by Alfred Grimm), Frankfurt am Main – Bern – New York – Paris: Lang [Münchener Ägyptologische Untersuchungen 2].
- Vercoutter, Jean  
1959 „The gold of Kush: two gold-washing stations at Faras East“, *Kush* 7, s. 120–153.

#### Abstract:

#### Ancient Egyptian copper and bronze artefacts in the Egyptian Museum of Leipzig University. Preliminary report on the project

This article presents a preliminary report on the first results of the interdisciplinary project *Early copper metallurgy in Ancient Egypt – a case study of the material from Ägyptisches Museum – Georg Steindorff – der Universität Leipzig*, in cooperation of the Czech Institute of Egyptology, Faculty of Arts, Charles University in Prague, Institute of Chemistry and Technology in Prague and the Egyptian Museum in Leipzig. The project is focused on the analysis of a selected corpus of artefacts from ancient Egyptian and Nubian sites (fig. 1). The analysed material was found in greatest part at the Egyptian sites of Abusir, Abydos and Giza and at the Nubian site of Aniba (fig. 2). The artefacts represent an outline of the development of ancient Egyptian metallurgy over more than one and half millennia, from the First Dynasty (ca 3100 – 2900 BC) until almost the end of the New Kingdom (ca 1200 BC). The selected corpus of artefacts has been documented by X-ray radiography and computer tomography last year at the Institute of Mineralogy, Crystallography and Material Science of the Leipzig University. In all, 86 artefacts were then sampled and almost 100 samples obtained.

The results of a metallography and SEM/EDS analysis of five selected artefacts, representing five different chronological stages of the corpus, are discussed in this article (Table 1). The first one is a Dynasty 1 vessel from Abusir South (ÄMUL 2162; Fig. 3). This bowl was hammered out of copper sheet, with high contents of Ni, As

and Fe. Non-metallic admixtures of copper sulfides are present in the inner structure, which is highly deformed by the hammering. The second is an Old Kingdom vessel from Giza made of arsenical copper, hammered and annealed (ĀMUL 2169; Figs. 4–5). The third is a lugged and decorated Middle Kingdom axe blade, hammered and annealed and made of copper with admixtures of As, Fe and S (ĀMUL 3952; Fig. 6). The fourth is a pair of tweezers from a C-Group tumulus N83 at Aniba, which was made by the cold hammering of arsenical copper, but with rather surprising amount (1.0%) of tin (ĀMUL 4647; Figs. 7–8). The fifth is the middle part of an early Dynasty 18 dagger cast from a tin bronze alloy (ĀMUL 2153; Figs. 9 – 10).

A poster with the analysis of the XRF results was presented at the 41<sup>st</sup> International Symposium on Archaeometry at Kalamata (Greece) and received honorable mention from The Society for Archaeological Sciences in the Best Student Poster competition (Kmošek – Odler *et al.* 2016). All samples will be submitted to neutron activation analysis, and the selected corpus will be also analysed for lead isotope ratios.

ancient Egyptian metallurgy – Abusir – Aniba – Giza – metallography – SEM/EDS analysis

staroegyptská metalurgie – Abúsír – Aníba – Giza – metalografie – SEM/EDS analýza

**Martin Odler** (*martin.odler@ff.cuni.cz*)

Český egyptologický ústav, Filozofická fakulta, Univerzita Karlova v Praze

**Jiří Kmošek** (*kmosekj@gmail.com*)

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

**Tereza Jamborová** (*Tereza.Jamborova@vscht.cz*)

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

**Šárka Msallamová** (*Sarka.Msallamova@vscht.cz*)

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

**Martina Kmoníčková** (*Martina.Kmo@seznam.cz*)

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

**Kateřina Šálková** (*SalkovaKaterina@seznam.cz*)

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze